TEXTE
76/2017

Nutzung aktueller Erkenntnisse aus der Polarforschung für die Antarktis-Umweltschutzaufgaben

Abschlussbericht

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

TEXTE 76/2017

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3713 85 100
UBA-FB 002400

Nutzung aktueller Erkenntnisse aus der Polarforschung für die Antarktis-Umweltschutzaufgaben

von

Michaela Mayer, Beate Lange
INASEA - Institut für nachhaltige Aktivitäten auf See, Bremen

Klaus Lucke
Perth

Max Schuster
DW Shipconsult, Kiel

Karen von Juterzenka
Bremen

Hans-Peter Reinthaler
Linz

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de
/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:
INASEA – Institut für nachhaltige Aktivitäten auf See
Kirchlintelner Str. 3
28325 Bremen

Abschlussdatum:
Oktober 2016

Redaktion:
Fachgebiet II 2.8 Schutz der Arktis und Antarktis
Wiebke Schwarzbach

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, August 2017

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3713 85 100 finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Eine 1999 veröffentlichte Studie (Carstens *et al.*, 1999; FKZ 29625507) beinahe gleichen Wortlauts stellt bereits wesentliche Erkenntnisse aus der marinen Ökosystemforschung hinsichtlich ihrer Relevanz für die Durchführung von Genehmigungsverfahren von Forschungsvorhaben und touristischen Aktivitäten nach dem AUG dar.

Aufgrund fortgeschrittener technischer Entwicklungen der bei der Polarforschung zum Einsatz kommenden Methoden und Geräte sowie ausgeweiteter logistischer und touristischer Aktivitäten in der Antarktis, war eine erneute Evaluation auf Grundlage des aktuellen Forschungsstandes erforderlich. Die vorliegende Studie wurde um die terrestrische Komponente der Ökosystemforschung mit deren potentiellen Umweltauswirkungen ergänzt.

Ziel dieser Studie ist es, den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand über die AUG relevanten Schutzgüter der antarktischen Umwelt, die bei der modernen Polarforschung zum Einsatz kommenden Methoden und deren begleitende Logistik sowie der touristischen Aktivitäten mit der eingesetzten Logistik in der Antarktis darzustellen. Auf dieser Basis soll eine vorläufige Bewertung nach AUG für die bei diesen Aktivitäten entstehenden Umweltauswirkungen vorgenommen werden können, sofern dies ohne Kenntnis der spezifischen Einsatzbedingungen möglich ist.

Abstract

A study of almost equal wording published in 1999 (Carstens *et al.*, 1999; FKZ 29625507) already provides important insights from marine ecosystem research regarding its relevance for the implementation of procedures for the approval of research projects and tourism activities according to the AUG.

Due to advanced technical developments in the methods and devices used in polar research, as well as extended logistical and tourist activities in the Antarctic, a re-evaluation was necessary on the basis of the current state of research. The present study was supplemented by the terrestrial component of ecosystem research and its potential environmental impacts.

The aim of this study is to describe current scientific knowledge about Antarctic components related to the environmental protocol, to present the methods used in modern polar research and their accompanying logistics as well as the tourism activities with the implemented logistics in the Antarctic. On this basis a preliminary assessment according to AUG for environmental impacts resulting from these activities is to be carried out, if this is possible without knowledge of the specific conditions of use.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 17
Tabellenverzeichnis 18
Abkürzungsverzeichnis 19
Zusammenfassung 22
Summary 27
1 Einleitung 31
2 Material und Methoden 35
2.1 Grundlagen des Bewertungsverfahrens 35
2.1.1 Schutzgüter und Art der Einwirkung 35
2.1.2 Kategorisierung der Auswirkungen nach § 4 Abs. 3 AUG 36
2.1.3 Vorläufige Bewertung ohne Einsatzparameter 37
2.1.4 Einsatzspezifische Bewertungsfaktoren 37
2.1.5 Kategorisierung der Auswirkungen nach § 17 AUG 40
2.1.6 Bewertung der Auswirkungen nach § 21 ff. AUG 44
2.2 Kriterien und Anwendung des Bewertungsverfahrens 44
2.2.1 Stufe 1: Übersicht und Bündelung 44
2.2.2 Stufe 2: Geräte-, methoden- oder aktivitätsspezifisch 46
2.2.3 Stufe 3: Einsatzabhängig 48
2.2.4 Stufe 4: abschließende Bewertung 50
3 Ergebnis und Anwendung der Bewertungsmethode 52
3.1 Methoden und Geräte der Meeresforschung 52
3.1.1 Einleitung 52
3.1.2 Bündelung, Beschreibung und Bewertung von Forschungsmethoden 53
3.1.2.1 Forschungstauchen 54
3.1.2.2 Geräte zur Probenahme 54
3.1.2.2.1 Greifer und Kernbohrer (*Corer)* 54
3.1.2.2.2 Geschleppte Netze, am Boden fangend 56
3.1.2.2.3 Geschleppte Netze, im Wasser und unter dem Eis fangend 57
3.1.2.2.4 Stationäre Netze und Fanggeräte, am Boden aufsetzend 58
3.1.2.2.5 Geräte zur Probenahme: Wasserprobennehmer 58
3.1.2.3 Optische Beobachtungssysteme 59
3.1.2.4 Sensoren/Messeinheiten der nicht aktiven akustischen Nutzlast (*payload*) 60
3.1.2.5 Akustisch aktive Nutzlast 60
3.1.2.6 Unterwasserplattformen mit Nutzlast 61

3.1.2.6.1 Trennung von Unterwasserplattformen und Nutzlast 61
3.1.2.6.2 Unterwasserplattformen mit Nutzlast 62
3.1.2.6.2.1 Plattformen am Boden aufsetzend 62
3.1.2.6.2.2 Mobile Plattformen 63
3.1.2.6.2.2.1 Autonom profilierende Plattformen 65
3.1.2.6.2.2.2 Passive Plattformen 66
3.1.2.6.2.2.3 Automatische Messstationen 67
3.1.2.7 Bohrgeräte (Meereis) 68
3.1.3 Fallbeispiel: Einsatz eines Grundschleppnetzes (GSN) 69
3.1.3.1 Stufe 1 69
3.1.3.2 Stufe 2 69
3.1.3.3 Stufe 3 70
3.1.3.4 Stufe 4 72
3.2 Forschungsmethoden an antarktischen endothermen Tieren 74
3.2.1 Ornithologische Feldmethoden 74
3.2.1.1 Einleitung 74
3.2.1.2 Methodenbeschreibung und vorläufige Bewertung 79
3.2.1.2.1 Untersuchungsmethode mit notwendigem Fang 79
3.2.1.2.2 Morphologische Untersuchungen 82
3.2.1.2.3 Gewebeproben 83
3.2.1.2.3.1 Blutentnahme 83
3.2.1.2.3.2 Muskelbiopsie 84
3.2.1.2.3.3 Entnahme von Federn, Abschneiden von Federn 85
3.2.1.2.3.4 Abstriche 86
3.2.1.2.3.5 Töten 86
3.2.1.2.4 Magenspülung 87
3.2.1.2.5 Eier und Jungvogeltausch 88
3.2.1.2.6 Kennzeichnung 89
3.2.1.2.6.1 Beringung 89
3.2.1.2.6.2 Flügelclips 90
3.2.1.2.6.3 Farbmarkierung 91
3.2.1.2.7 Anbringung von Geräten (Sender, Bio-Logger, Kamera) 92
3.2.1.2.7.1 Magensonden / Halssonden 95
3.2.1.2.7.2 Mini-Transponder/ PIT personal identification tag 96
3.2.1.2.7.3 Implantierte Datenlogger 96

3.2.1.2.8 Untersuchungsmethode ohne vorherigen Fang 98
3.2.1.2.8.1 Gewebeproben toter Tiere 98
3.2.1.2.8.2 Manipulationen am Nest ohne Fang von Individuen 99
3.2.1.2.8.3 Störungsexperimente an Vögeln 100
3.2.1.2.9 Beobachtung und Zählung 101
3.2.1.2.9.1 Fernglas, Spektiv 101
3.2.1.2.9.2 Kartierung mit GPS 102
3.2.1.2.9.3 Akustische Erfassung, festinstallierte Kameras 102
3.2.1.2.9.4 Ferngesteuerte Fahrzeuge mit Kameras, PIT-Ausleser 103
3.2.1.2.9.5 Fliegende Trägerplattformen – „Drohne“ 103
3.2.1.2.9.6 Hubschrauber, Flugzeug 105
3.2.1.2.9.7 Satelliten 105
3.2.1.3 Fallbeispiel – Ornithologische Felduntersuchung „Kombination“ 105
3.2.2 Robbenbiologische Forschungsmethoden 107
3.2.2.1 Einleitung 107
3.2.2.2 Methodenbeschreibung und vorläufige Bewertung robbenbiologischer Forschungsmethoden 112
3.2.2.2.1 Beprobung mit notwendiger Immobilisation 113
3.2.2.2.1.1 Haarproben 115
3.2.2.2.1.2 Gewebe- und Blutentnahme vom lebenden Tier 115
3.2.2.2.1.3 Magenspülungen 116
3.2.2.2.1.4 Markierungen 117
3.2.2.2.1.5 Anbringung externer Geräte 121
3.2.2.2.1.6 Interne Geräte 124
3.2.2.2.1.7 Morphologische Untersuchungsmethoden 125
3.2.2.2.1.8 Töten 125
3.2.2.2.1.9 Audiometrie 126
3.2.2.2.2 Beprobung ohne Immobilisation 127
3.2.2.2.2.1 Einsammeln von totem Gewebe 127
3.2.2.2.2.2 Zählungen vom Land oder Schiff aus 127
3.2.2.2.2.3 Zählungen aus der Luft 128
3.2.2.2.2.4 Passive akustische Beobachtung unter Eis 129
3.2.2.3 Logistik zur Durchführung der Robbenforschung 130
3.2.3 Methoden der Walforschung 130
3.2.3.1 Einleitung 130

3.2.3.2 Methodenbeschreibung und vorläufige Bewertung von Forschungsmethoden an Walen 131
3.2.3.2.1 Sichtungsmethoden 131
3.2.3.2.1.1 Flugsurveys 132
3.2.3.2.1.2 Schiffsurveys inklusive Infrarot-Kamera 132
3.2.3.2.1.3 Drohnen 133
3.2.3.2.2 Passive akustische Beobachtung 133
3.2.3.2.3 Gewebeentnahme, Biopsie 133
3.2.3.2.4 Anbringung externer Geräte 134
3.2.3.2.5 Einsammeln von totem Gewebe: Kot und Gewebe 135
3.2.3.3 Logistik zur Durchführung von Walforschung 136
3.3 Methoden und Geräte der terrestrische Ökosystemforschung 137
3.3.1 Einleitung 137
3.3.1.1 Geographie 137
3.3.1.2 Klima 137
3.3.1.3 Geologische Entwicklungsgeschichte 137
3.3.1.4 Biodiversität 138
3.3.1.4.1 Biogeographie 138
3.3.1.4.2 Vegetation 138
3.3.1.4.3 Terrestrische Fauna 139
3.3.1.4.4 Nicht-heimische Arten 140
3.3.1.4.5 Logistik der terrestrischen Forschung 141
3.3.1.5 Gletscher und Eisschilde 141
3.3.1.5.1 Anthropogene Belastungen auf Gletscher und Eisschilde 144
3.3.1.6 Böden und freiliegende Gesteinsoberflächen 144
3.3.1.6.1 Anthropogene Belastungen auf Böden und freiliegende Gesteinsoberflächen 145
3.3.1.7 Süßgewässer und Subglaziale Seen 146
3.3.1.7.1 Anthropogene Belastungen auf Süßgewässer und subglaziale Seen 147
3.3.1.8 Hypo- und endolithische Lebensräume 148
3.3.1.8.1 Anthropogene Belastungen auf Bodenorganismen 148
3.3.2 Bündelung, Beschreibung und vorläufige Bewertung der terrestrischen Forschungsmethoden 149
3.3.2.1 Forschungsmethoden/-geräte in Süßwassersystemen 150
3.3.2.1.1 Wasserprobennehmer, Sedimentfallen, kleine Netze und Sensorik zur Beprobung des Limnion 150

3.3.2.1.2 Kernstechrohre und Greifer zur Beprobung des limnischen Benthal 152
3.3.2.2 Forschungsmethoden/-geräte auf Land oder in Gletschern 153
3.3.2.2.1 Manuelle Probenehmer 153
3.3.2.2.2 Sensoren und Messeinheiten 154
3.3.2.2.3 Großbohrgeräte 155
3.3.2.2.3.1 Trocken- und Heißwasserbohrung 156
3.3.2.2.3.2 Bohrung mit chemischen Bohrflüssigkeiten 157
3.3.2.2.3.3 Bohrung zur Untersuchung subglazialer Systeme 160
3.3.2.2.4 Exklusionsgeräte 162
3.3.2.2.5 Trägerplattformen 162
3.3.2.2.5.1 Fliegende Trägerplattformen: „Drohne“, UAV, Wetterballon 162
3.3.2.2.5.2 Am Boden installierte Trägerplattformen – „Messstationen“ 163
3.3.2.2.6 Seismikgeräte 164
3.3.2.2.6.1 Vibrationsseismik 164
3.3.2.2.6.2 Sprengseismik 165
3.3.2.2.7 Magnetotellurik 166
3.3.2.2.8 Ground/Ice Penetrating Radar (GPR/ICR) 167
3.4 Touristische Aktivitäten 168
3.4.1 Definition 168
3.4.2 Entwicklung der Tourismuszahlen und –formen seit Carstens *et al.* (1999) 168
3.4.3 Selbstorganisation der Antarktis-Reiseveranstalter: IAATO 172
3.4.4 Reisezeit 173
3.4.5 Touristische Aktivitäten im AV-System 173
3.4.6 Bündelung der Tourismusformen für die vorläufige Bewertung 174
3.4.7 Art der Auswirkungen 175
3.4.8 Mitigationsmaßnahmen 176
3.4.9 Beschreibung der touristischen Aktivität und deren vorläufige Bewertung 178
3.4.9.1 Schiffsgestützter Tourismus 178
3.4.9.1.1 Kreuzfahrt 178
3.4.9.1.2 Yachtreisen 179
3.4.9.1.3 Passagierwechsel im AV-Gebiet (*Fly & Cruise*) 181
3.4.9.2 Inlandexpeditionen 182
3.4.9.2.1 Beispiel zur Vorgehensweise zur vorläufigen Bewertung einer bestimmten Inlandsreise 185
3.4.9.3 Flugtourismus 185
3.4.9.3.1 Überflug 186

3.4.9.3.2 Transkontinentalflug mit Landung 186
3.4.9.3.3 Inlandsflüge 186
3.4.9.3.4 Helikopterausflüge von Bord von Kreuzfahrtschiffen 186
3.4.9.4 Sub-Aktivitäten 187
3.4.9.4.1 Anlandung 187
3.4.9.4.1.1 Küstennahe Tierbeobachtung, Wanderung, Besuch besonderer Orte 187
3.4.9.4.1.2 Besuch einer Kaiserpinguinkolonie 191
3.4.9.4.2 Fahrten mit kleinen Booten (*Zodiacs*) 192
3.4.9.4.3 Kurzfristige Camps, schiffsgestützt 194
3.4.9.4.4 Berg- und Extremsport 194
3.4.9.4.5 Unterwasserprobenahme für Demonstrationszwecke 195
3.4.9.4.6 Fotographie 196
3.4.9.4.7 Wassersport 197
3.4.9.4.8 Massen- und Sonderveranstaltungen 198
3.4.9.4.8.1 Beispiel Marathon auf King-George-Island 199
3.4.9.4.9 Motorsport und Einsatz von Landfahrzeugen 200
3.5 Logistische Tätigkeiten in der Antarktis 201
3.5.1 Einleitung 201
3.5.2 Formen logistischer Aktivitäten und Bündelung 202
3.5.3 Logistische Aktivitäten mit ihren Einzelwirkungen 202
3.5.3.1 Bau von permanenten Stationen 203
3.5.3.2 Betrieb von Stationen und Camps 203
3.5.3.2.1 Permanente Stationen 203
3.5.3.2.2 Temporäre Stationen (Eis- und Feldcamps) 204
3.5.3.2.3 Bohrprojektstationen 205
3.5.3.3 Umweltbeeinträchtigungen durch den Betrieb von Stationen und Camps 206
3.5.3.3.1 Emissionen in die Luft 206
3.5.3.3.2 Entstehung von Abwasser 206
3.5.3.3.3 Entstehung von Abfall 207
3.5.3.3.4 Eintrag von Schadstoffen durch Leckagen 208
3.5.3.3.5 Beunruhigung von Tieren durch Fahrzeug- und Personenbetrieb, Lichtemission 208
3.5.3.3.6 Zerstörung von Vegetation durch Fahrzeugbewegungen und Personen 209
3.5.3.3.7 Eintrag nicht-heimischer Arten 209
3.5.3.4 Vorläufige Bewertung des Betriebs permanenter Stationen 210

3.5.3.5 Vorläufige Bewertung des Betriebs temporärer Stationen (Eis- und Feldcamps) 212

3.5.3.6 Mitigationsmaßnahmen beim Betrieb von Stationen 212

3.5.3.7 Schiffe 213

3.5.3.7.1 Forschungs-, Versorgungs- und Kreuzfahrtschiffe 215

3.5.3.7.2 Yachten 216

3.5.3.7.3 Kleine Begleitboote 217

3.5.3.8 Umweltbeeinträchtigungen durch den Betrieb von Schiffen, Yachten und Booten 217

3.5.3.8.1 Emissionen in die Luft 217

3.5.3.8.2 Entstehung von Abwasser 218

3.5.3.8.3 Entstehung von Abfall 220

3.5.3.8.4 Schadstoffeinträge ins Wasser durch Schiffsbetrieb 220

3.5.3.8.4.1 Schmier- und Betriebsmittel 220

3.5.3.8.4.2 Antifouling 221

3.5.3.8.5 Eintrag nicht-heimischer Arten durch Schiffe 223

3.5.3.8.6 Zusätzliche Gefahren für die antarktischen Schutzgüter durch Schiffe 223

3.5.3.8.6.1 Havarie 223

3.5.3.8.6.2 Kollision mit Tieren 224

3.5.3.8.6.3 Ankern 224

3.5.3.8.7 Beunruhigung von Meerestieren durch Schiffe (Schallemissionen, Bewegung, Licht) 224

3.5.3.8.7.1 Schallemissionen: Motorenlärm und Vibrationen 224

3.5.3.8.7.1.1 Große Schiffe 224

3.5.3.8.7.1.2 Kleine Boote 228

3.5.3.8.7.1.3 Umweltbeeinträchtigung 229

3.5.3.8.7.2 Bewegung 229

3.5.3.8.7.3 Licht 229

3.5.3.9 Vorläufige Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen durch den Betrieb von Schiffen 230

3.5.3.10 Mitigationsmaßnahmen beim Betrieb großer und kleiner Schiffe 231

3.5.3.10.1 Reduktion von Luftschadstoffemissionen 231

3.5.3.10.2 Reduktion von Abwassereinleitungen 232

3.5.3.10.3 Reduktion von Abfall 232

3.5.3.10.4 Schadstoffeinträge durch Havarien 232

3.5.3.10.5 Schiff-Wal-Havarie 232

3.5.3.10.6 Vermeidung von Beunruhigung (Schallemissionen, Bewegung, Licht) 233
3.5.3.10.7 Schulung und Erfahrung der durchführenden Personen 233
3.5.3.11 Flugzeuge und Helikopter 233
3.5.3.11.1 Großflugzeuge 233
3.5.3.11.2 Kleinflugzeuge und Helikopter.....234
3.5.3.12 Umweltbeeinträchtigungen durch Flugzeuge und Helikopter 234
3.5.3.12.1 Luftschadstoffemissionen 234
3.5.3.12.2 Schadstoffeinträge durch Havarien und Leckagen 235
3.5.3.12.3 Schadstoffeinträge durch Enteisungsmittel 235
3.5.3.12.4 Eintrag nicht-heimischer Arten 235
3.5.3.12.5 Beunruhigung durch Flugbetrieb.....235
3.5.3.13 Infrastrukturen für Flugzeuge 236
3.5.3.13.1 Schnee und Eispisten.....236
3.5.3.13.2 Landepisten auf eisfreiem Grund 236
3.5.3.14 Vorläufige Bewertung des Betrieb von Luftfahrzeugen (Helikopter, Klein- und Großflugzeuge) 237
3.5.3.15 Vorläufige Bewertung von Infrastrukturen für den Flugbetrieb nach § 4 Abs. 3 AUG: 237
3.5.3.16 Mitigationsmaßnahmen für Helikopter und sonstige Luftfahrzeuge, Infrastrukturen 238
3.5.3.16.1 Reduktion von Luftschadstoffemissionen 238
3.5.3.16.2 Reduktion von Schadstoffeinträgen durch Havarien und Leckagen, Enteisungsmittel.....239
3.5.3.16.3 Vermeidung des Eintrags nicht-heimischer Arten 239
3.5.3.16.4 Vermeidung Beunruhigung durch Flugbetrieb 239
3.5.3.17 Land- und Schneefahrzeuge 239
3.5.3.18 Umweltbeeinträchtigungen durch Land- und Schneefahrzeuge 240
3.5.3.18.1 Luftschadstoffemissionen 240
3.5.3.18.2 Schadstoffeintrag beim Betanken 240
3.5.3.18.3 Eintrag nicht-heimischer Arten 240
3.5.3.18.4 Bodenverdichtung und Zerstörung von Vegetation auf eisfreiem Grund 240
3.5.3.18.5 Beunruhigung durch Land- und Schneefahrzeuge 240
3.5.3.19 Vorläufige Bewertung von Landfahrzeugen 241
3.5.3.20 Vorläufige Bewertung von Schneefahrzeugen 241
3.5.3.20.1 Mitigationsmaßnahmen 242
3.5.3.21 Sonstige logistische Hilfsmittel (Verbrennungsmotoren) 242

3.5.3.22 Umweltbeeinträchtigungen durch kleine Verbrennungsmotoren 242
3.5.3.22.1 Luftschadstoffemissionen 242
3.5.3.22.2 Schadstoffaustritt 243
3.5.3.22.3 Schallemissionen 243
3.5.3.23 Vorläufige Bewertung kleiner Verbrennungsmotoren 243
3.5.3.24 Tanklager 243
3.5.3.24.1 Umweltbeeinträchtigungen durch Tanklager 244
3.5.3.25 Vorläufige Bewertung von Tanklagern 244
3.5.3.25.1 Mitigationsmaßnahmen 245
4 Schlussbetrachtung 246
4.1 Grenzen des Bewertungsschemas 246
4.1.1 Empfehlung 246
4.2 Grenzen des AUG 246
4.2.1 Empfehlung 247
4.3 Forschungs- und Handlungsbedarf bezüglich anthropogener Einflüsse 247
4.3.1 Wissenschaft 247
4.3.1.1 Benthos 247
4.3.1.2 Wale, Robben, tauchende Vögel 247
4.3.1.3 Vögel 249
4.3.2 Technologien 249
4.3.3 Forschungsförderung 250
4.3.4 Tourismus 250
4.3.4.1 Überwachung der touristischen Aktivitäten 250
4.3.4.2 Einteilung der Umweltrelevanz von Schiffen in Abhängigkeit von der Passagierzahl 251
4.3.4.3 Verhältnis Expeditionsmitglied/*Guide*: Passagiere 251
4.3.4.4 Einstufung der Anlandegebiete gemäß „Sensibilität“ 252
4.3.4.5 Verhaltensrichtlinien für verschiedene Aktivitäten 253
4.3.4.6 Statistiken 253
4.3.4.7 Umweltauswirkungen durch touristische Aktivitäten 253
4.3.5 Logistik 254
5 Quellenverzeichnis 255

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Typen von Metapopulationen. Dunkle Kreise symbolisieren besetzte Habitate; leere Kreise freie Habitate; gestrichelte Linie: Grenzen der lokalen Population; Pfeile: Ausbreitungsrichtung. a) klassisches Model „Levins“ b) Festland – Insel c) Population mit fleckenhaften Verteilungsmuster („patchy“) d) lokale Populationen ohne Austausch e) Misch- und Übergangsform der Typen a-d) 39

Abbildung 2: Unterteilung der eingesetzten Forschungsgeräte in Trägerplattform und wissenschaftliche Nutzlast 61

Abbildung 3: Weddellrobbe auf Winterlandeis mit Zügelpinguinen im Hintergrund 111

Abbildung 4: Beispiele von Verankerungen für Sendern an Walen 134

Abbildung 5 Bündelung terrestrischer Forschungsmethoden/-geräte 149

Abbildung 6: Entwicklung der Besuchsanzahlen in der Antarktis für Passagiere, Expeditionspersonal und Schiffbesatzung von Kreuzfahrtschiffen, Yachten und landgestützte Expeditionen der letzten 10 Jahre.....169

Abbildung 7: Entwicklung der Anreiseform Fly & Cruise nach IAATO Angaben 2016 182

Abbildung 8: Lage touristischer Stützpunkte des Inlandtourismus 184

Abbildung 9: Bündelung der logistischen Mittel.....202

Abbildung 10: Emissionen von Schiffen sowie deren Regelungsquellen (Mayer, 2014 erweitert) 214

Abbildung 11: Ölfilm auf der Wasseroberfläche und Rauchabgase einer veralteten Diesel-Außenbordmotortechnik an einem Zodiac im Kaltstart in der Antarktis.....221

Abbildung 12 Richtwirkung einer Schallquelle mit 16 Hz (links), 10 m unter der Wasseroberfläche im Vergleich zur Schallquelle mit 500 Hz (rechts). Dargestellt ist der empfangene Schalldruckpegel einer Schallquelle mit 100 dB Quellschallpegel. Das Diagramm stellt den Schalldruckpegel am Empfänger mit 100 m Abstand zur Quelle dar.....225

Abbildung 13: Schallexposition bei einer Vorbeifahrt mit 10 kn 226

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 1 und Zusammenfassung der Stufe 2 liefert eine Übersicht der Forschungsgeräte, Forschungsmethoden, logistischen und touristischen Aktivitäten in der Antarktis (Stufe 1; grün) und Ergebnis der einsatzunabhängigen Bewertung (Stufe 2, dunkel); *kursiv* Fallbeispiele vgl. Kapitel 3.2.1.3 45

Tabelle 2: Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 2: einsatz**un**abhängige Geräte- und Methodenbewertung und der reiseunabhängigen touristische und logistische Aktivität; *kursiv* Fallbeispiel GSN Kapitel 3.1.3; E: einsatzabhängig.....47

Tabelle 3: Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 3: Einsatzspezifische Auswirkungen auf die betroffenen antarktischen Komponenten unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien für eine Methode bzw. Aktivität und ggf. Kombination mehrerer Tätigkeiten 49

Tabelle 4: Abschließende Bewertung auf Basis der Bewertungsstufen 1-3; *kursiv* Beispiel.....51

Tabelle 5: Stufe 2: Bewertung des GSN anhand relevanter antarktischer Komponenten 70

Tabelle 6: Populationsschätzungen antarktischer Brutvögel und deren Gefährdungsstatus.....76

Tabelle 7: Gefährdungsstatus antarktischer Robben 109

Tabelle 8 Auszug aus der Bestandsaufnahme eingeschleppter Samen durch Besuche der antarktischen Halbinsel in der Saison 2007- 2008, Frenot *et al.,* 2005 141

Tabelle 9 Beispiele verwendeter Bohrtechnik von Großbohrprojekten in der Antarktis 155

Tabelle 10 Niedrigtemperatur-Bohrflüssigkeiten und deren Eigenschaften aus Sheldon *et al.* (2014 a, b), Talalay *et al.* (2014), ergänzt.....158

Tabelle 11: Tourismuszahlen verschiedener Hauptaktivitäten der Jahre 2009-2015 ohne Crew.....170

Tabelle 12: Meist besuchte Anlandeplätze: Personen pro Gebiet in der Saison 2014/2015.....171

Tabelle 13: deutsche Forschungsstationen in der Antarktis 204

Tabelle 14: Beispiele für Bohrprojekte in der Antarktis.....205

Tabelle 15: Beispiele für nachgewiesene nicht-heimische Arten im AV-Gebiet.209

Tabelle 16: Struktur des Polar Code.....215

Tabelle 17: Beispiele für Yachten, die in der Antarktis verkehren 217

Tabelle 18: Quellpegel FS Polarstern und Umweltgeräusch bei Seegang 4 (Wellen lang, Schaumköpfe, brechend, Windstärke 5) 228

Abkürzungsverzeichnis

ASMA	Antarctic Specially Managed Area
ASPA	Antarctic Specially Protected Area
ASPS	Antarctic Specially Protected Species
AT	Antarctic Treaty
ATCM	Antarctic Treaty Consultative Meeting
ATD	Antarctic Treaty Database
ATS	Antarctic Treaty Secretariat
ATV	All Terrain Vehicle
AUG	Gesetz zur Ausführung des Umweltschutzprotokolls zum Antarktis-Vertrag (Umweltschutzprotokoll-Ausführungsgesetz vom 22. September 1994)
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
AV	Antarktisvertrag
AWI	Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung
BAS	British Antarctic Survey
BGBl	Bundesgesetzblatt
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BRD	Bundesrepublik Deutschland
BWC	*Ballast Water Convention;* Ballastwasserübereinkommen
CAML	Census of Antarctic Marine Life
CBA	*Cost-benefit analysis;* Kosten-Nutzen-Analyse
CCAMLR	*Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources*; Kommission zum Schutz der lebenden Meeresschätze der Antarktis
CCAS	*Convention for the Conservation of Antarctic Seals*; Gesetz zu dem Übereinkommen vom 1. Juni 1972 zur Erhaltung der antarktischen Robben
CEMP	*CCAMLR Ecosystem Monitoring Program (CEMP)*
CEP	Committee for Environmental Protection
CTD	Conductivity Temperature Depth
CoC	Code of Conduct
COMNAP	Council of Managers of National Antarctic Program
dB	Dezibel; logarithmische Masseinheit zur Kennzeichnung von akustischen Pegeln und Maßen
dB re 1 µPa²s	Einheit zur Quantifizierung des Schallereignispegels
DPF	Dieselpartikelfilter
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ECS	Eddy Correlaton System

EGS	Ecosystem Goods and Services
EL	Expeditionsleiter
ENC	Electronic Navigational Chart
EPICA	European Project for Ice Coring in Antarctica
FS	Forschungsschiff
GWP	Gobal warming potential
HELCOM	Convention on the Protection of the Marine Environment of the Baltic Sea Area
HSM	*Historic Sites and Monuments*
HWD	Hot Water Drill
IAA	Instituto Antartico Argentino
IAATO	International Association of Antarctic Tour Operators
IACS	International Association of Classification Societies Ltd.
IBA	Important Bird Area
IMO	International Maritime Organization
IP	Information paper
ISM Code	Guidelines on Management for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention
IUCN	International Union for the Conservation of Nature
IWC	International Whaling Commission
kn	Knoten (Geschwindigkeit, entspricht 1 sm/h)
MA	Million years
MAC	Mandibel Accelerator
MARUM	Zentrum für marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
MMPA	Marine Mammal Protection Act
Mpa	Mega-Pascal
MPA	Marine Protected Areas
NMFS	National Marine Fisheries Service (U.S.A.)
NNS	Non-native Species
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (U.S.A.)
OBIS	Ocean Biogeographic Information System
OBS	Ozeanboden Seismometer
PALAOA	PerenniaL Acoustic Observatory in the Antarctic Ocean
PIT	Passive Identification Transponder
PWOM	Polar Water Operational Manual
RAMS	Register of Antarctic Marine Species

REMOTS	Remote Ecological Monitoring of the Seafloor
ROV	Remotley Operated Underwater Vehicle
SCAR	Scientific Committee on Antarctic Research
SCR	Abgasbehandlung zur Stickoxidreduzierung mit Selektiver Katalytischer Reduktion
SECA	Sulphur Emission Control Area
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
SOPEP	Shipboard Marine Pollution Emergency Plans
SORP	Southern Ocean Research Partnership
SOWS	Southern Ocean Whale Sanctuary
SUIT	Surface Underice Trawl
sm	Seemeile (entspricht 1,852 km)
UBA	Umweltbundesamt
UES	Umwelterheblichkeitsstudie
UEP	Umwelterheblichkeitsprüfung
USP	Umweltschutzprotokoll zum Antarktisvertrag
VHF	Very High Frequency
WMO	World Meteorological Organization

Zusammenfassung

Eine 1999 veröffentlichte Studie (Carstens *et al.*, 1999; FKZ 29625507) beinahe gleichen Wortlauts stellt bereits wesentliche Erkenntnisse aus der marinen Ökosystemforschung hinsichtlich ihrer Relevanz für die Durchführung von Genehmigungsverfahren von Forschungsvorhaben und touristischen Aktivitäten nach dem AUG dar. Aufgrund fortgeschrittener technischer Entwicklungen der bei der Polarforschung zum Einsatz kommenden Methoden und Geräte sowie ausgeweiteter logistischer und touristischer Aktivitäten in der Antarktis, war eine erneute Evaluation auf Grundlage des aktuellen Forschungsstandes erforderlich. Die vorliegende Studie wurde um die terrestrische Komponente der Ökosystemforschung mit deren potentiellen Umweltauswirkungen ergänzt.

Ziel dieser Studie ist es, den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand über die AUG relevanten Schutzgüter der antarktischen Umwelt, die bei der modernen Polarforschung zum Einsatz kommenden Methoden und deren begleitende Logistik sowie der touristischen Aktivitäten mit der eingesetzten Logistik in der Antarktis schlüssig darzustellen und vorläufig zu bewerten, sofern dies ohne Kenntnis der Einsatzbedingungen möglich ist.

Ein neu entwickeltes mehrstufiges Bewertungsschema soll eine konsistente Bewertung der potentiellen Umweltauswirkungen durch Aktivitäten entsprechend der Regelungen im AUG ermöglichen. Das Bewertungsschema erlaubt, die Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter sowohl geräte- als auch tätigkeitsspezifisch in die Kategorien I-III (entsprechend § 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1-3 AUG) einzuordnen, sofern dies unabhängig von den (konkreten) Einsatzparametern möglich ist.

Dazu wurde ein mehrstufiges Bewertungsschema entwickelt, das die konsistente Abarbeitung zur Bewertung der potentiellen Umweltauswirkungen durch Aktivitäten gemäß AUG erleichtert.

In Stufe 1 werden alle zum Gerät, der Methode oder Aktivität zur Verfügung stehenden Informationen zusammengetragen. In den Stufen 2 und 3 werden die Auswirkungen auf die antarktischen Komponenten in gerätespezifische (Stufe 2) und einsatzspezifische (Stufe 3) Auswirkungen unterschieden. Bei der Bewertung der gerätespezifischen Auswirkungen auf die antarktischen Komponenten gehen sowohl der Grad der Besorgnis als auch die Intensität und Dauer der Auswirkung ein. Bei der Bewertung der einsatzspezifischen Auswirkungen müssen die Komponenten Häufigkeit, Dauer und Intensität der Aktivität sowie die Empfindlichkeit des Ortes, Art der Durchführung, Entstehung und Umgang mit Abfall, Mitigationsmaßnahmen und andere Besonderheiten berücksichtigt werden. Das Bewertungsschema bis Stufe 3 ermöglicht, die Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter sowohl geräte- als auch tätigkeitsspezifisch in die Kategorien I-III (§ 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1-3 AUG) einzuordnen, sofern dies unabhängig von den Einsatzparametern möglich ist. In Stufe 4 erfolgt schließlich die abschließende Empfehlung.

Diese fasst die Informationen der Stufe 1 und die Ergebnisse der Bewertungen der Stufen 2 und 3 zusammen und bietet durch Fragen Anhaltspunkte für die jeweilige Einzelfallenscheidung. Einschätzung der Auswirkungen auf die jeweiligen antarktischen Komponenten wird durch eine dreistufige Gradierung von Intensität, Besorgnis und Dauer der Auswirkung vorgenommen.

Alle Aktivitäten werden bei der Bewertung der Umweltauswirkungen im Rahmen des AUG einzeln und für sich betrachtet. Kumulative Effekte, die durch die Kombination verschiedener Tätigkeiten entstehen und sich als Langzeitschädigung der Umwelt manifestieren könnten, werden dabei derzeit nicht berücksichtigt.

Im Hauptteil dieser Studie werden die Geräte und Methoden der wissenschaftlichen Disziplinen marine und terrestrische Ökosystemforschung sowie touristische und logistische Aktivitäten zusammengetragen und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die antarktischen Komponenten evaluiert.

Meeresökologie

Die Meeresökosystemforschung hat viele neue Erkenntnisse der vergangenen Jahrzehnte neuen Technologien zu verdanken. Zentrale Forschungsthemen sind die globale Klimaforschung, Grundlagenforschung zum Verständnis des Antarktischen Ökosystems mit der Rolle des Krills und anderen Schlüsselarten des Ökosystems, die Erweiterung der Kenntnisse zum Arteninventar u. v. m. Die aktuellen technischen Möglichkeiten bergen sowohl neue Chancen als auch Risiken für den Umweltschutz in der Antarktis.

In der modernen Meeresforschung werden neben den klassischen und schiffsgestützten Geräten für Messungen und Probenahmen zunehmend Unterwasser-Plattformen mit veränderlicher Nutzlast eingesetzt. Die Modularität und breite Kombinierbarkeit wissenschaftlicher und logistischer Geräte ermöglichen maßgeschneiderte Lösungen für die jeweilige Fragestellung und das Einsatzgebiet. Zu den klassischen Methoden zählen Forschungstauchen, geschleppte Fanggeräte wie Grundschleppnetz und Agassiztrawl und kleinere Probenahmegeräte wie Kernbohrer und Greifer. Außerdem werden ferngesteuerte oder autonom operierende Unterwasserfahrzeuge sowie Treibbojen (*Floats*), Glider, Driftbojen, Lander und Verankerungen eingesetzt. Die Geräteträger und Unterwasserplattformen können je nach Einsatz mit unterschiedlichen Geräten und Probennehmern (Nutzlast, engl. *payload*) bestückt werden

Schallsignale spielen heutzutage sowohl zur Gerätekommunikation als auch zur Datengewinnung eine wesentliche Rolle. Die Logistik der Geräte erfordert den Einsatz hydroakustischer Geräte zur Vermessung, Positionierung, Navigation und Kommunikation. Zur Erkundung und Kartierung wenig bekannter Seegebiete werden profilierende Echolotsysteme zunehmend routinemäßig eingesetzt. Regionale Hydrografie und Dynamik der Eisbewegungen werden mit Hilfe von Beobachtungsnetzwerken aus automatisierten Treibbojen in Verbindung mit satellitengestützter Fernerkundung untersucht.

Für viele wissenschaftliche Fragestellungen, wie die Erforschung benthischer Lebensgemeinschaften, werden statt invasiver Methoden wie Grundschleppnetz und Agassiztrawl Video- und Unterwasserkameras ausgerüstete Geräte eingesetzt, wodurch die Auswirkungen auf die Bodenfauna verringert werden können. Die zum Manövrieren der Unterwassersysteme erforderlichen akustischen Verfahren emittieren Schallsignale, deren mögliche Auswirkungen auf marine Organismen, insbesondere Meeressäuger, in der Antarktis, noch wenig bekannt, aber zukünftig zu evaluieren sind.

Auswirkungen aktiver akustischer Verfahren auf Vögel und Säuger sind ebenfalls Gegenstand der Forschung. Nach wie vor besteht Forschungsbedarf zum Hörvermögen antarktischer Warmblüter und weiteren zahlreichen Aspekten bezüglich Schallemissionen, um Belastungen durch Schallemissionen bewerten zu können. Der Wissensstand bezüglich der Auswirkungen hydroakustischer Forschungsmethoden ist derzeit nicht ausreichend für eine fundierte einsatzunabhängige vorläufige Bewertung zur Anwendung in der Genehmigungspraxis.

Es besteht dringender Forschungsbedarf nicht nur in Bezug auf die biologischen Auswirkungen, sondern ebenso in Bezug auf die Quellen der Schallemissionen, denn bekannte Gerätedetails lassen nicht immer eine Abschätzung des akustischen Belastungspotentials zu, da die Angaben unzulänglich sind.

Terrestrische Ökosystemforschung

Das terrestrische Ökosystem wird in dieser Studie umfassend vorgestellt. Besonders sensible Komponenten im terrestrischen Ökosystem sind Böden und freiliegende Gesteinsoberflächen mit hypo- und endolithischen Lebensräumen, die Biodiversität, Gletscher und Eisschilde sowie limische Gewässer und subglaziale Systeme.

Gerichtete Probenahmegeräte, z. B. Hammer, Meißel, Pinzette, Pflanzenstecher oder andere Formen von Hand-Bodenprobenahmegeräten bzw. Exhaustoren werden in der terrestrischen Antarktisforschung für geologische, botanische und entomologische sowie physikalischen und chemischen Probenahmen eingesetzt. Zur Untersuchung der antarktischen terrestrischen wirbellosen Fauna werden ungerichtete Probennehmer wie Boden- bzw. Organismenfallen, Malaise-Fallen und Eklektoren verwendet. Seismische Geräte werden im eisfreien Gelände zur Untersuchung oberflächennaher Prozesse und Strukturen eingesetzt. Der Einsatz seismischer Geräte in der Glaziologie dient der Ermittlung von Eismassenbilanzen, von Eisstrukturen und Eiseigenschaften sowie dem Studium der subglazialen Geomorphologie. Die Beprobung der Freiwasserzone der antarktischen Süßwasserseen dient der biologischen oder biogeochemischen Untersuchung. Dazu werden Wasserprobennehmer, Sedimentfallen und kleine Netze im Wasser ggf. unter dem Eis eingesetzt. Außerdem können Sensoren und Messeinheiten physikalische und chemische Parameter erfassen. Eiskernbohrungen sind die wichtigste Untersuchungsmethode zur Erforschung des Paläoklimas. Änderungen in der historischen Zusammensetzung der Atmosphäre können durch die Messung der Komposition von im Eis eingeschlossenen Luftblasen nachgewiesen werden.

Die terrestrische Ökosystemforschung setzt zu Forschungszwecken eine Vielfalt von Geräten und Methoden ein. Dabei bestehen hinsichtlich der Umweltauswirkungen insbesondere für große Bohrvorhaben auf dem Inlandeis zur Entnahme von Eiskernen zur Erforschung des Paläoklimas durch den Einsatz von Bohrflüssigkeiten und die notwendige Logistik sowie für die Untersuchung subglazialer Wassersysteme hinsichtlich einer möglichen Kontamination mit autochthonen Organismen und Schadstoffen die größte Besorgnis. Geringer ist die Besorgnis für Aktivitäten, die auf Böden *trampling* und das Einschleppen nicht-heimischer Arten verursachen können.

Touristische Aktivitäten

Die Tourismuszahlen sind seit den 1990er Jahren deutlich angestiegen und das Spektrum touristischer Aktivitäten hat sich seitdem stark erweitert. Neben den Besuchen der küstennahen Bereiche mit Kreuzfahrtschiffen ist ein steigender Trend bei den Besuchen ins Innere des antarktischen Kontinents zu beobachten. Die Reisezeit hat sich seit den 1990er Jahren um mehrere Wochen verlängert.

Touristische Aktivitäten in der Antarktis sind fast immer eine Kombination mehrerer Aktivitäten: nämlich der Hauptreiseform (schiffsgestützt, Inlandexpedition, Flugtourismus, Kombination der Transportmittel) mit Sub-Aktivitäten (Anlandungen an Pinguinkolonien und landschaftlichen Höhepunkten, Zodiacrundfahrten, Wasser-, Bergsport, Marathon und viele weitere Modesportarten). Die häufigste Form einer Sub-Aktivität ist eine Anlandung mit kleinen Booten. Die attraktiven Anlandestellen konzentrieren sich auf weniger als 35 Plätze in der Region der Antarktischen Halbinsel. Einhergehend mit der Verteilung der Anlandungszahlen gibt es Gebiete entlang der westlichen Antarktischen Halbinsel, auf die sich der Schiffsverkehr besonders konzentriert.

Bei der Bewertung der Auswirkungen sind neben der Hauptreiseform (s. o.) auch die Sub-Aktivitäten (s. o.) zu berücksichtigen.

Es ist international Konsens, dass Tourismus in der Antarktis negative Auswirkungen auf die antarktische Umwelt mit ihrer Flora und Fauna und für die Ausübung wissenschaftlicher Forschung haben kann. Die negativen Einflüsse auf die antarktische Flora und Fauna durch menschliche Aktivitäten sind jedoch sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig und wirken sich auf Organismen unterschiedlich aus. Nachweise, dass touristische Unternehmungen ggf. für Veränderungen von Brutzahlen verantwortlich sind, sind nur langfristig zu erbringen. Bisher gibt keine einheitliche Vorgehensweise, um anthropogenen Stress auf Wildtiere zu evaluieren. Ortspezifische Richtlinien (*Site guidelines*) sollen helfen, die Überfrequentierung bestimmter Gebiete zu vermeiden bzw. deren Folgen zu verringern. Die Wirkung dieser und anderer Mitigationsmaßnahmen ist sehr stark bestimmt von der Erfahrung der Durchführenden und die Art der Durchführung vor Ort.

Mit einer weiteren Zunahme touristischer Aktivitäten und ihren Auswirkungen auf die Umwelt ist in den kommenden Jahren zu rechnen. Es ist zu erwarten, dass insbesondere der schiffsgestützte Antarktistourismus weiter ansteigt und in Folge der Druck und die potentiellen Risiken für die antarktische Umwelt vor allem an der Antarktischen Halbinsel zunehmen. Derzeit besteht im Rahmen des Antarktis-Vertragssystems kein abgestimmtes Monitoring-Programm bezüglich der Auswirkungen touristischer Aktivitäten. Hier besteht Handlungsbedarf für eine internationale strategische Vorgehensweise zur Reduzierung der kumulativen Auswirkungen touristischer Aktivitäten.

Logistische Aktivitäten

Aktivitäten in der Antarktis sind für den Menschen nur mit Hilfe des Einsatzes von Logistik möglich. Diese Logistik umfasst den Betrieb von Stationen und Camps, den Transport von Menschen und Versorgungsgüter, Energieversorgung, Entsorgung und die Unterstützung der eigentlichen Forschungs- und Tourismusaktivitäten. Als Basis für Forschungsaktivitäten in der Antarktis dienen Forschungsstationen und Forschungsschiffe. Die interkontinentale Versorgungslogistik für die Forschungsstationen in der Antarktis wird durch Schiffe und Flugzeuge gewährleistet. Die innerkontinentale Forschungslogistik und auch der Tourismus nutzen Groß- und Kleinflugzeuge, Hubschrauber, Schneefahrzeuge, große und kleine Schiffe.

Die Beeinträchtigungen durch logistische Tätigkeiten sind vielfältig und entstehen u. a. durch Schall- und Schadstoffemissionen, Abfälle, Abwässer, das Beunruhigen oder Stören von Seevögeln und Säugern sowie die Zerstörung der Bodenvegetation, Habitatverlust und Beeinträchtigung der Bodenfauna durch Fahrzeugbewegungen und Trittschäden, das mögliche Einschleppen nicht-heimischer Arten, das Verschleppen von Organismen innerhalb der Antarktis sowie die Bedrohungen durch Havarien von Schiffen, Leckagen an Tanklagern oder Treibstoffleitungen. Der Bau von Stationen, die Anlage von Flugpisten auf eisfreiem Grund und großer logistischer Stützpunkte, z. B. für Großbohrprojekte, lässt u. a. durch den Energiebedarf (Eintrag von Schadstoffen) , den Verbleib von Baukonstruktionen in der Umwelt und Zerstörung von Habitaten, Umweltbeeinträchtigungen erwarten, die mehr als geringfügig oder vorrübergehend sind. Andere logistische Hilfen wie temporäre Eiscamps und Fortbewegungsmittel auf Schnee und Eis erzeugen weniger Besorgnis.

Viele wissenschaftliche Geräte benötigen elektrochemische Energiespeicher (Batterien, Akkus) zur Energieversorgung. Insgesamt besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf für Technologien, u. a. Sonden/Wetterballons, diese so herzustellen, dass beim Verbleib in der Umwelt keine Umweltbeeinträchtigungen entstehen oder der Verbleib ganz vermieden werden kann.

Zahlreiche Mitigationsmaßnahmen (u. a. Einsatz von emissionsarmer Technik, Auswahl wenig sensibler Gebiete, Mindestabstände zu Tieren, Vorsorgemaßnahmen gegen das Einschleppen nicht-heimischer Arten und Verschleppen ortsfremder Arten, geschultes Personal für sachgerechten Umgang etwa bei Betankungsvorgängen, eine erfahrene und biologisch vorgebildete Expeditionsleitung bei touristischen Unternehmungen) können die negativen Auswirkungen logistischer Aktivitäten deutlich reduzieren.

Es besteht grundsätzlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich umweltverträglichen Schiffs- und Stationsbetriebs sowie alternativer Forschungsmethoden (z. B. Fernerkundung), um logistische Aktivitäten zu reduzieren. Es besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Beschränkung des Baus weiterer (fester) Stationen und touristischer Infrastruktur, Vorsorge gegen Havarien durch sicherheitsrelevante Kriterien wie Eisklasse und vor allem eine Lösung zur Erfassung kumulativer Effekte verschiedener Akteure.

Diese Studie zeigt, dass logistische Aktivitäten bisher die stärksten negativen Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter ausüben. Dies gilt sowohl für logistische Aktivitäten im Rahmen wissen-

schaftlicher sowie touristischer Aktivitäten. Die Umweltbeeinträchtigungen durch begleitende logistische Aktivitäten sind im Allgemeinen immer größer als die Auswirkungen der eigentlichen (touristischen bzw. wissenschaftlichen) Zielaktivitäten.

Vor allem durch kumulative Effekte ist eine kontinuierliche Umweltverschlechterung zu besorgen, die im Rahmen des USP und AUG nicht erfasst ist. Insbesondere der Bau und Betrieb von festen Stationen und großen Bohrstationen verursachen erhebliche und langfristige Schäden. Unvorhergesehene Ereignisse wie Havarien von Schiffen oder Tanklagern würden weitere gravierende Umweltschäden hervorrufen.

Mehrheitlich werden die Auswirkungen der logistischen Einzelaktivitäten gemäß AUG als „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ vorläufig bewertet. Diese Einstufung basiert darauf, dass die jeweilige Beurteilung der Auswirkungen von Aktivitäten auf Einzelfallentscheidungen beruht.

Kumulative Effekte durch Wiederholung von Tätigkeiten sowie die Kombination mit den Auswirkungen anderer Tätigkeiten können jedoch zu einer erheblichen Umweltwirkung führen. Insbesondere der Bau und Betrieb von festen Stationen und großen Bohrstationen auf dem Inlandeis können erhebliche und langfristige Schäden verursachen. Unvorhergesehene Ereignisse wie Havarien von Schiffen oder Tanklagern würden weitere gravierende Umweltschäden hervorrufen.

Summary

A study of almost equal wording published in 1999 (Carstens *et al.*, 1999; FKZ 29625507) already provides important insights from marine ecosystem research regarding its relevance for the implementation of procedures for the approval of research projects and tourism activities according to the AUG.

Due to advanced technical developments in the methods and devices used in polar research, as well as extended logistical and tourist activities in the Antarctic, a re-evaluation was necessary on the basis of the current state of research. The present study was supplemented by the terrestrial component of ecosystem research and its potential environmental impacts.

The aim of this study is to describe current scientific knowledge about Antarctic components related to the environmental protocoll, to present the methods used in modern polar research and their accompanying logistics as well as the tourism activities with the implemented logistics in the Antarctic. A newly developed multi-level evaluation scheme is intended to allow a consistent assessment of potential environmental impacts through activities in accordance with the regulations in the AUG. The assessment scheme allows the effects on the Antarctic protective goods to be classified into categories I-III (according to § 4 para. 3 sentence 1 no. 1-3 AUG) , as long as this is possible without knowledge of the (concrete) conditions of use.

For this purpose, a three-step assessment scheme was developed, which facilitates the consistent processing of the potential environmental impacts through activities according to AUG.

In level 1, all information available to the device, method, or activity is collected. In level 2 and 3 the effects on the Antarctic components are distinguished into device-specific (level 2) and application-specific (level 3) effects. When evaluating the device-specific effects on the Antarctic components, the degree of concern as well as the intensity and duration of the impact are taken into account. When evaluating the impact-specific effects, the frequency, duration and intensity of the activity as well as the sensitivity of the site, the way in which it is carried out, the origin and handling of waste, mitigation measures must be taken into account. The assessment scheme up to level 3 makes it possible to classify the effects on the Antarctic protective goods in categories I-III (§ 4 para. 3 sentence 1 no. 1-3 AUG) both device- and activity-specific, if this is possible irrespective of the operational parameters. In level 4, the final recommendation is made. It summarizes the information of levels 1 and the results of level 2 und 3 and provides space and guidance for each individual case by means of questions.

Assessment of the impact on the respective Antarctic components is done by a three-stage grading of intensity, concern and duration of the impact. All activities are considered individually in assessing the environmental impacts within the AUG. Cumulative effects resulting from the combination of different activities and which can manifest themselves as long-term damage to the environment are currently not taken into account.

In the main part of this study the equipment and methods of the scientific disciplines - marine and terrestrial ecosystem research - as well as tourism and logistical activities are described and evaluated with regard to their impact on the Antarctic components.

<u>Reseach on marine ecology</u>

The marine ecosystem research has owed many new discoveries of the past decades to new technologies. Central research topics are global climate research, basic research on the understanding of the Antarctic ecosystem with the role of the krill and other key species of the ecosystem, new knowledge of the species census etc. The current technical methods include new chances as well as risks to the environmental protection in the Antarctic.

Besides the classical and ship-based methods and sampling, the modern marine research uses underwater platforms with variable payloads. The modularity and broad variation of setting scientific and logistical devices allow tailor-made solutions for the respective questions and the field of application.

The classical methods include scientific diving, large towed gear such as ground trawl and Agassiz trawl, and smaller sampling devices such as corers and grabs. In addition, remote-controlled or autonomously operating underwater vehicles as well as floats, gliders, drift buoys, landers and anchorages are used. The carriers and underwater platforms can be equipped with different devices and payload depending on the application.

Sound signals play an essential role, both for device communication and for data sampling. The use of underwater systems require hydroacoustic methods for measuring, positioning, navigation, and communication. For the investigation and mapping of unknown sea bottom, profiling echolot systems are increasingly used routinely. A observation networks of automated drifting buoys and satellite-based remote sensing are used for the investigation of regional hydrography and dynamics of ice movements.

For many scientific questions, such as the research of benthic life communities, optical methods, video and underwater cameras, are used instead of invasive methods such as trawling, which can reduce the impact on benthic fauna. The acoustic methods required for maneuvering the underwater systems emit sound signals. The potential impact on marine organisms, in particular marine mammals, in the Antarctic, are still very unknown, but which are to be evaluated in the future.

Impact effects of active hydracoustic methods on birds and mammals are also the subject of research. There is still a need for research on the hearing ability of Antarctic warm-blooded animals and other numerous aspects of noise emissions in order to be able to assess the effects of noise emissions. The knowledge of the impact of hydroacoustic research methods is currently insufficient for a well-founded, independent, assessment for the use in permission practice. There is an urgent need for research not only with regard to the biological impacts, but also with regard to the sources of sound emissions: known device details do not always allow an estimation of the acoustic load potential since the data are inadequate.

Research on terrestic ecology

The terrestrial ecosystem is presented extensively in this study. Particularly sensitive components in the terrestrial ecosystem are soils and exposed rock surfaces with hypo- and endolithic habitats, biodiversity, glaciers and ice shields as well as fresh water and subglacial systems. Targeted sampling devices, eg hammer, chisels, tweezers, plant cutters or other forms of hand soil sampling devices or exhausters are used in terrestrial Antarctic research for geological, botanical and entomological as well as physical and chemical sampling.

To investigate the Antarctic terrestrial invertebrate fauna, undirected samplers such as soil and organism traps, Malaise traps and eclectics are used. Seismic devices are used in the ice-free terrain for the examination of near-surface processes and structures. The use of seismic devices in glaciology is used to determine ice mass balances, ice structures and ice characteristics as well as the study of subglacial geomorphology. Sampling in the pelagic zone of the Antarctic fresh water lakes is for biological or biogeochemical investigation. For this purpose, water samplers, sediment traps and small nets are used in the limnic water or fresh water ice. In addition, sensors and measuring units can detect physical and chemical parameters. Ice core drilling is the most important method of investigation for the study of paleoclimax. Changes in the historical composition of the atmosphere can be detected by measuring the composition of air bubbles enclosed in the ice.

Terrestrial ecosystem research uses a variety of devices and methods for research purposes. Large drilling projects and the investigation of sub-glacial water systems cause the greatest concern with

negative environmental impacts. Less concern is generated by human activities such as trampling and the introduction of non-native species.

Tourism activities

Since the 1990s the tourism numbers have increased significantly and the spectrum of tourism activities has expanded considerably since then. In addition to the visits of the coastal areas with cruise ships, an increasing trend can be observed of visits to the interior of the Antarctic continent. The travel period has been extended by several weeks since the 1990s.

Tourist activities in the Antarctic are almost always a combination of several activities, namely the main form of the journey (ship-based, interior expedition, flight tourism, combination of transports) with sub-activities (landings at pengin rockeries and scenic highlights, zodiac crusing, water sports, mountaineering, marathon, and other trendy activities). The most common form of sub-activity is a landing with small boats. The attractive landing sites focus on fewer than 35 sites in the Antarctic Peninsula region. Along with the distribution of the landings, there are areas with particularly strong shipping traffic as on the south-west coast of the Antarctic Peninsula. The most common form of sub-activity is a landing with small boats. The attractive landing sites concentrate on fewer than 35 sites in the Antarctic Peninsula region. Along with the distribution of the landings, there are areas along the western Antarctic Peninsula, on which ship traffic is particularly concentrated.

It is internationally consensus that tourism in the Antarctic can have a negative impact on the Antarctic environment with its flora and fauna and for the practice of scientific research. However, the negative effects on the Antarctic flora and fauna caused by human activities are strongly dependent on local conditions and have different effects on different species. Evidence that tourist enterprises may be responsible for changes in the number of breeding birds are only to be provided in the long term. So far there is no uniform approach to evaluate anthropogenic stress on wild animals. Site guidelines should help to avoid the over-frequency of certain areas or to reduce their consequences. The effect of these and other mitigation measures is very much determined by the experience of the performers and the implementation of the operation itself.

It is to be expected that, in particular, ship-based Antarctic tourism will continue to rise and the pressure and potential risks for the Antarctic environment, especially on the Antarctic Peninsula, will increase. Currently there is no coordinated monitoring program on the impact of tourism activities under the Antarctic Treaty system. There is a need for an international strategic approach to reduce the cumulative impact of tourism activities.

Logistic activities

Activities in the Antarctic are only possible for humans with the support of logistics. This logistics includes the operation of stations and camps, transport of people and supplies, energy supply, disposal and the support of the actual research and tourism activities. Research stations and research vessels serve as a basis for research activities in the Antarctic. The intercontinental supply logistics for the research stations in the Antarctic is ensured by ships and airplanes. Inner-continental research logistics as well as tourism use large and small aircraft, helicopters, snow vehicles, large and small ships.

Impacts made by logistical activities are caused by noise and pollutant emissions, waste, sewage, the disturbance or disturbance of seabirds and mammals as well as the destruction of soil vegetation, habitat loss and impairment of soil fauna due to vehicle movements and trampling, the transport of allochton organisms to and within the Antarctic, as well as threats from ship accidents, leakages at tank camps or fuel lines. The protective goods in accordance with section 3 para. 4 no. 1-7 AUG and § 17 para. 1 AUG can be affected by logistical activities for research and tourism. In particular, the construction of stations, the installation of airfields on an ice-free ground and large logistical bases, eg for large-scale drilling projects, can be expected to result in environmental problems,

including the supply of energy (pollutant inputs), the retention of building structures in the environment and destruction of habitats, which are more than minor or temporary. Other logistics such as temporary ice-cream and means of transport on snow and ice produce less concern.

Many scientific devices need electrochemical energy storage (batteries and accumulators) for energy supply. All in all, there is a need for research and development for technologies, such as probes / weather balloons, to produce them in such a way that they do not lead to environmental degradation when they remain in the environment or in such a way that they can be completely avoided.

Logistical support is the basic prerequisite for any activity in Antarctica. Thus, the above-mentioned environmental impacts are an epiphenomenon for tourism as well as scientific activities. Numerous mitigation measures can reduce significant potential impact of logistical activities. Examples for mitigation are the use of low-emission technology, selection of low-sensitive areas, minimum distances to wildlife, preventive measures against the introduction of non-native species and the displace of non-local species, trained personnel for proper handling when handling fuel, experienced and biologically trained expeditionstaff for tourist enterprises.

There is a fundamental research and development need for environmentally friendly ship and station operations as well as alternative research methods (eg remote sensing) to reduce logistical activities. There is a need for action with regard to the restriction of the construction of other (fixed) stations and tourist infrastructure, prevention against accidents through safety-relevant criteria such as ice class and, above all, a solution for the cumulative effects of different actors.

This study shows that logistical activities have hitherto had the greatest negative impact on Antarctic subjects of protection. This applies to logistic activities of scientific and tourist activities. The environmental impact of accompanying logistical activities is generally greater than the impact of the actual (tourist or scientific) target activities. Cumulative effects may cause a continuous environmental degradation, but that is not covered by the USP and the AUG.

In particular, the construction and operation of fixed stations and large drilling stations cause considerable and long-term damage. Unforeseen events, such as ship or tank storage, would cause further serious environmental damage. On the whole, the impact of individual logistical activities according to AUG is provisionally assessed as "less than minor or temporary". This classification is based on the fact that the respective assessment of the effects of activities is based on individual case decisions. However, cumulative effects by repetition of activities and the combination with the effects of other activities can lead to a considerable environmental impact. In particular, the construction and operation of fixed stations and large drilling stations on the inland ice can cause considerable and long-term damage. Unforeseen events, such as ship or tank storage, would cause further serious environmental damage.

1 Einleitung

Hintergrund der Studie

Das Umweltbundesamt (UBA) ist nach dem Gesetz zur Ausführung des Umweltschutzprotokolls vom 4. Oktober 1991 zum Antarktis-Vertrag (Umweltschutzprotokoll-Ausführungsgesetz; AUG) die Genehmigungsbehörde für alle Tätigkeiten in der Antarktis, die in Deutschland organisiert werden oder von Deutschland ausgehen. Für den Vollzug des AUG hat das UBA die Umweltauswirkungen der wissenschaftlichen Tätigkeiten und touristischen Aktivitäten sowie deren begleitender Logistik auf die antarktische Umwelt zu bewerten. Um über beantragte Aktivitäten fachgerecht entscheiden zu können, benötigt das UBA belastbare Angaben zu den Rahmenbedingungen.

Eine 1999 veröffentlichte Studie (Carstens *et al.*, 1999; FKZ 29625507) beinahe gleichen Wortlauts stellt bereits wesentliche Erkenntnisse aus der marinen Ökosystemforschung hinsichtlich ihrer Relevanz für die Durchführung von Genehmigungsverfahren von Forschungs- und touristischen Aktivitäten nach dem AUG dar. Die Beschreibung und Klassifizierung der Auswirkungen von Forschung, Tourismus und Logistik auf die antarktische Meeresumwelt von 1999 erwies sich bei der Bewertung von Tätigkeiten im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach dem AUG als äußerst hilfreich. Aufgrund fortgeschrittener technischer Entwicklungen der bei der Polarforschung zum Einsatz kommenden Methoden und Geräte sowie ausgeweiteter logistischer und touristischer Aktivitäten in der Antarktis, war eine erneute Evaluation auf Grundlage des aktuellen Forschungsstandes erforderlich. Neben der marinen Ökosystemforschung ist die vorliegende Studie um die terrestrische Komponente der Ökosystemforschung und deren potentiellen Umweltauswirkungen ergänzt worden.

Die vorliegende Studie bietet dem UBA eine Entscheidungshilfe für das Genehmigungsverfahren. Zusätzliche Informationen zu Geräten und Methoden wurden in Form nicht veröffentlichter „Datenblätter“ sowie eines Anhangs (Anhang II[1]) zur Bewertung hydroakustischer Methoden zur Verfügung gestellt[2]. Der Wissensstand bezüglich der Auswirkungen hydroakustischer Forschungsmethoden ist derzeit allerdings nicht ausreichend für eine einsatzunabhängige vorläufige Bewertung zur Anwendung in der Genehmigungspraxis, weshalb die Bewertungsmethode mit Arbeitshypothesen modelliert werden musste.

Grundlage der Entscheidungshilfe durch diesen Bericht ist die Beschreibung moderner Polarforschungsmethoden in den Disziplinen marine und terrestrische Ökosystemforschung. Des Weiteren werden logistische und touristische Aktivitäten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter beschrieben und evaluiert.

Eine tabellarische Übersicht und eine Bewertungsmatrix[3] unterstützen die Einordnung der jeweiligen Methode oder Aktivität gemäß ihrer Auswirkungen in „weniger als geringfügig oder vorübergehend“, „geringfügig oder vorübergehend“, und „mehr als nur geringfügig oder vorübergehend“ (§ 4 Abs. 3 S. 1 Nr. 1-3 AUG). Dennoch, die gesamte Bewertung wird immer abhängig von den Einsatzbedingungen eine Einzelfallentscheidung bleiben.

Hintergrund des Schutzes der Antarktis

Die Einzigartigkeit und die Bedeutung der Antarktis für die gesamte Menschheit wurde Anfang des 20. Jahrhunderts erkannt. Der Antarktisvertrag (AV) von 1959 lässt die Nutzung der Antarktis nur für friedliche Zwecke zu und gewährleistet die Freiheit der wissenschaftlichen Forschung. Der AV gilt südlich von 60 Grad südlicher Breite. Die Bundesrepublik Deutschland (BRD) gehört seit 1979 der

[1] Anwendung des Bewertungsschemas für hydroakustische Verfahren; Anhang II unveröffentlicht

[2] unveröffentlichte Anlage zu diesem Bericht: 37 Datenblätter zu Geräten und Methoden; Die Recherchearbeiten wurden von Dr. Katrin Knickmeier unterstützt. Vielen Dank dafür.

[3] unveröffentliches Excel-Tool; vgl. Kapitel 2.2 Material & Methoden

Staatengemeinschaft im AV-System an, 53 Staaten sind es zum Zeitpunkt der Entstehung dieser Studie insgesamt.

Die antarktische Umwelt ist durch das Umweltschutzprotokoll (USP) zum Antarktisvertrag mit seinen derzeit in Kraft stehenden fünf Anlagen geschützt. In der BRD trat das USP 1998 mit dem AUG in Kraft.

Weitere Abkommen innerhalb des Antarktis-Vertragssystems sind das Übereinkommen zur Erhaltung der antarktischen Robben von 1972 (*Convention for the Conservation of Antarctic Seals*, CCAS) und das Übereinkommen über die Erhaltung der lebenden Meeresschätze der Antarktis von 1980 (CAMLR-Convention).

Das USP ermöglicht in Anlage V Schutzgebiete einzurichten, um besondere Werte innerhalb eines Gebietes zu erhalten und die Aktivitäten von Menschen stärker zu regulieren: *Antarctic Specially Managed Area* (ASMA)*, Antarctic Specially Protected Area* (ASPA) *und Historic Sites and Monuments* (HSM).

Im Rahmen von CCAMLR können in der Antarktis Meeresschutzgebiete (*Marine Protected Areas,* MPA) ausgewiesen werden. Bisher kam es nur für ein Gebiet bei den Süd-Orkney Inseln (2009) zu einer internationalen Einigung und Ausweisung als MPA. Weitere Gebiete sind bei CCAMLR vorgeschlagen[4]. Die Ausweisung mehrerer Schutzgebiete schafft ein Netz geschützter Areale, um z. B. den Erhalt der biologischen Vielfalt zu sichern. Unter CCAMLR werden MPAs von einigen Mitgliedstaaten auch als eine Möglichkeit für ein nachhaltiges Fischereimanagement gesehen (Hain, 2014).

2003 wurde von den AV-Staaten ein ständiges Antarktisvertrags-Sekretariat (ATS) mit Sitz in Buenos Aires eingerichtet. Das ATS pflegt eine öffentliche Datenbank (ATD), in der alle Dokumente und Berichte der bisherigen jährlichen Vertragsstaatenkonferenz (*Antarctic Treaty consultative Meeting,* ATCM) mit ihren Aktualisierungen sowie Informationen zu den Aktivitäten der Vertragsstaaten zugänglich sind (http://www.ats.aq).

Der Weltklimarat (IPCC) berichtet 2014, dass der Klimawandel extrem schnell voranschreitet und die globale Erwärmung der vergangenen Dekaden klar durch anthropogene Emissionen beeinflusst ist. Ob das auch für die Antarktis gilt, ist mangels Datengrundlage im IPCC Bericht offen gelassen. Ebenso ist die Datengrundlage nicht ausreichend, um interannuelle Meereisvariationen von Folgen des Klimawandels zu trennen. Berichtet wird, dass jährliche durchschnittliche Meereisausdehnung seit 1979 bis 2012 um 1,2 bis 1, 8 % zugenommen hat, wobei es dabei regionale Abweichungen gibt.

Die Bedeutung des Schutzes der Antarktis und ihrer empfindlichen Ökosysteme vor Umweltschäden erhält vor dem Hintergrund ihrer Bedeutung für das Weltklima immer größere Aufmerksamkeit (Schwarzbach *et al.,* 2014). Hauptthemen bei den jährlich stattfindenden Tagungen der Konsultativstaaten sind u. a. der Klimawandel und die antarktische Umwelt, die internationale Forschungszusammenarbeit sowie die Regulierung des Tourismus und kumulativer Effekte in der Antarktis.

Ziel dieser Studie ist es, den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand über die AUG relevanten Schutzgüter der antarktischen Umwelt, die bei der modernen Polarforschung zum Einsatz kommenden Methoden und deren begleitende Logistik sowie der touristischen Aktivitäten mit der eingesetzten Logistik in der Antarktis schlüssig darzustellen. Auf dieser Basis soll eine vorläufige Bewertung nach AUG für die bei diesen Aktivitäten entstehenden Umweltauswirkungen vorgenommen werden, sofern dies ohne Kenntnis der spezifischen Einsatzbedingungen möglich ist.

[4] Kurz vor Drucklegung dieses Berichtes wurde das Ross Meer als MPA ausgewiesen (CCAMLR meeting Oktober 2016, Hobart).

Als unterstützendes Werkzeug zur o. g. Bewertung auf wissenschaftlicher Grundlage wurde ein Bewertungsschema erstellt, das eine festgelegte Vorgehensweise der Bewertung anbietet, ohne den Einzelfallcharakter der Kategorisierung in Frage zu stellen.

Inhalt

In den folgenden Kapiteln wird zunächst das entwickelte Bewertungsverfahren übergreifend vorgestellt und die darauf Einfluss nehmenden Parameter definiert (Kapitel 2.1).

Im Hauptteil Kapitel 3 dieses Berichtes werden die Forschungsmethoden der marinen Ökosystemforschung (Kapitel 3), der Forschung an antarktischen Warmblütern (Kapitel 3.2) und der terrestrischen Ökosystemforschung (Kapitel 3.3) beschrieben und auf ihre Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter einsatzunabhängig kategorisiert. Die Sonderstellung der wissenschaftlichen Forschung im Antarktis-Vertragssystem (AVS) wird dabei berücksichtigt.

Touristische Aktivitäten werden in Kapitel 3.4 zusammengefasst, beschrieben und vorläufig bewertet.

Logistische Aktivitäten, die für wissenschaftliche oder touristische Unternehmungen in der Antarktis unabdingbar sind, werden in Kapitel 3.5 beschrieben und bewertet.

2 Material und Methoden

In der vorliegenden Studie wurde ein mehrstufiges Bewertungsschema entwickelt und für die betrachteten Methoden und Aktivitäten angewendet. Es erlaubt, die Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter sowohl geräte- als auch tätigkeitsspezifisch in die Kategorien I-III (§ 4 Abs. 3 S. 1 Nr. 1-3 AUG) einzuordnen, sofern dies unabhängig von den Einsatzparametern möglich ist.

2.1 Grundlagen des Bewertungsverfahrens

Voraussetzung zur Anwendung des Bewertungsschemas ist, dass Begrifflichkeiten und deren Anwendung in dieser Studie geklärt sind.

2.1.1 Schutzgüter und Art der Einwirkung

Grundlage des Genehmigungsverfahrens und des hier angewendeten Bewertungsschemas ist das AUG. Der § 3 Abs. 4 AUG spezifiziert die Schutzgüter und gibt die Grenze der Genehmigungsfähigkeit vor. Genehmigungsfähig sind Tätigkeiten nur, wenn die in § 3 Abs. 4 AUG beschriebenen Auswirkungen der Tätigkeit auf die genannten Schutzgüter nicht zu besorgen sind.

Entsprechend § 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG sind folgende Schutzgüter in der Antarktis zu beachten:

1. Klima oder Wetter,
2. die Luft- und Wasserqualität,
3. Atmosphäre, Land-, Wasser-, Gletscher- und Meeresumwelt,
4. die Verbreitung, Häufigkeit und Produktion von Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen,
5. gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen,
6. Gebiete von biologischer oder wissenschaftlicher Bedeutung oder mit ursprünglichen Charakter,
7. die antarktische Umwelt und die abhängigen und verbundenen Ökosysteme.

In der Antarktis heimische marine Warmblüter (Wale, Robben, Vögel) und terrestrische und limnische Pflanzen genießen einen besonderen Schutz (§ 17 Abs. 1 AUG). So sind einerseits heimische Säugetiere und Vögel bereits auf Individuenebene (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG) und andererseits Ansammlungen von Robben, Vögeln und Landpflanzen vor bestimmten Einwirkungen geschützt (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a-d AUG).

Die zu besorgenden Auswirkungen auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG fassen Carstens *et al.* (1999) als „erhebliche Auswirkungen“ zusammen. Im AUG gibt es eine Reihe von unbestimmten Rechtsbegriffen wie den der „Besorgnis“. Die Genehmigungsbehörde hat einen Beurteilungsspielraum bei der Auslegung und Anwendung dieser unbestimmten Rechtsbegriffe des AUG (Wegener, 2013; Epiney *et al.*, 2013). Die unbestimmten Rechtsbegriffe werden unter Berücksichtigung von Forschungsfreiheit und Umweltschutz nach allgemeinen Auslegungsgrundsätzen interpretiert. Um dem Vorsorgeprinzip ausreichend Rechnung zu tragen, ist daher unabhängig von der jeweiligen Formulierung immer von der Frage auszugehen, ob Auswirkungen auf die antarktische Umwelt **möglich** („Besorgnis“) sind. Wissenschaft hat im Antarktisvertragssystem eine Sonderstellung im Vergleich zu touristischen Aktivitäten. Dies ist im Bewertungsverfahren berücksichtigt und ermöglicht wissenschaftlichen Aktivitäten und ihrer begleitenden Logistik die Genehmigung sonst verbotener Tätigkeiten wie beispielsweise das Fangen oder Beunruhigen von Tieren.

Sowohl die beabsichtigten Wirkungen als auch methodentypische Details können zur Interaktion mit den Schutzgütern nach § 3 Abs. 4 AUG führen. Unbeabsichtigte Wirkungen umfassen z. B. Resuspension (Aufwirbeln von Sediment etwa bei benthologischen Einsätzen), Vergrämung z. B. aufgrund akustischer Messverfahren, allgemein Störung oder Schädigung von anderen als den Zielorganismen des Forschungsansatzes, Habitatstörung bis –zerstörung (z. B. bei terrestrischen Methoden) oder der Verbleib oder Verlust von Materialien in der Umwelt (z. B. Batterien von Messstationen).

Ergibt eine Umweltverträglichkeitsprüfung, dass „erhebliche Auswirkungen“ auf die Schutzgüter im Sinne von § 3 Abs. 4 Nr. 1 – 7 AUG zu besorgen sind, kann eine Tätigkeit nicht genehmigt werden. Als „erhebliche Auswirkungen“ in Bezug auf die Meeresumwelt und die terrestrischen Ökosysteme sind solche Veränderungen der Integrität und Entwicklung antarktischer Ökosysteme zu betrachten, die nicht innerhalb eines Zeitraums von Jahren bis Jahrzehnten reversibel sind oder auf ein zu vernachlässigendes Ausmaß reduziert sein werden oder die gänzlich irreversibel sind.

Grundsätzlich ist eine differenzierte Analyse der Auswirkungen auf die Organismenwelt der Antarktis sinnvoll, da die unterschiedlichen Methoden verschiedene Auswirkungen auf einzelne Komponenten und auch die Komponenten selbst unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber den menschlichen Eingriffen haben. Diese Differenzierung wird mit Hilfe der Einzelbetrachtung dieser antarktischen Komponenten vorgenommen (vgl. Kapitel 2.2.2). Die Festsetzung der potentiell relevanten Komponenten erfolgte in Anlehnung an Carstens *et al.* (1999).

Weiterhin sind sowohl Wechselwirkungen einzelner Ebenen eines Ökosystems miteinander und mit ihrer abiotischen Umwelt als auch kumulative Effekte zu berücksichtigen (vgl. Carstens *et al.*, 1999).

2.1.2 Kategorisierung der Auswirkungen nach § 4 Abs. 3 AUG

Im AUG werden in § 4 Abs. 3 und § 3 Abs. 4 weitere unbestimmte Rechtsbegriffe verwendet, nach denen die Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten auf die antarktischen Komponenten (Kapitel 2.2.2) beurteilt werden. Nachfolgend werden die Definitionen der Beurteilungskategorien "weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen“, "geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen" und "mehr als nur geringfügige Auswirkungen" auf die antarktische Umwelt nach § 4 Abs. 3 Satz 1 AUG (Kategorie I – III) sowie „erhebliche Auswirkungen“ nach § 3 Abs. 4 AUG benannt und ausgeführt wie sie in der vorliegenden Studie angewendet werden (nach Carstens *et al.*, 1999; erweitert).

Kategorie I (entspricht § 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 AUG):

„Weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen“ dürfen die Integrität und Entwicklung eines Ökosystems nur in sehr begrenztem Umfang beeinflussen. Veränderungen müssen innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert sein. Dies gilt für marine, limnische und terrestrische Ökosysteme gleichermaßen.

Kategorie II (entspricht § 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 AUG):

„Geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen“ dürfen die Integrität und Entwicklung eines Ökosystems nur in begrenztem Umfang beeinflussen. Veränderungen müssen innerhalb von Wochen bis Monaten, spätestens innerhalb eines Jahres reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert sein. Dies gilt für marine, limnische und terrestrische Ökosysteme gleichermaßen.

Kategorie III (entspricht § 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 3 AUG):

„Mehr als nur geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen“ beeinflussen die Integrität und Entwicklung eines Ökosystems in einem größeren Ausmaß als in Kategorie II. Dies gilt für marine, limnische und terrestrische Ökosysteme gleichermaßen.

Die Begriffe „geringfügig“ und „vorübergehend“ stehen für das Ausmaß einer möglichen Umweltbeeinträchtigung und sind gesamthaft zu betrachten (vgl. Epiney *et al.*, 2013). Je nach dem über wel-

chen Zeitraum (Zeitparameter „vorübergehend“) und wie intensiv (Intensitätsparameter „geringfügig“) die Schützgüter im Sinne von § 3 Abs. 4 AUG betroffen sind, erfolgt die Einstufung in die Kategorien I-III.

2.1.3 Vorläufige Bewertung ohne Einsatzparameter

Bei einigen wissenschaftlichen Methoden, touristischen und logistischen Aktivitäten kann eine vorläufige Bewertung der Auswirkung auf antarktische Komponenten bereits ohne Kenntnis der Einsatzparameter vorgenommen werden, da die spezifischen Eigenschaften bekannt sind. Zum Beispiel kann der Einfluss traditioneller Planktonnetze oder kleinerer optischer Beobachtungssysteme (Carstens *et al.*, 1999) oder im terrestrischen Bereich bei traditionellen Bodenbeprobungen, meteorologischen Messsystemen, Exklusionsgeräten und bestimmten Messeinheiten zunächst auch bei wechselnden Einsatzbedingungen als „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ (Kategorie I) eingestuft werden.

Ebenfalls können Geräte und Aktionen mit größerem Einfluss, die nach gegenwärtigem Kenntnisstand mindestens „geringfügige oder vorübergehende“ Auswirkungen (Kategorie II) besorgen lassen, entsprechend voreingestuft werden. Dies gilt im marinen Bereich z. B. für den Einsatz von Luftpulsern (Airguns) und im limnischen Bereich z. B. für Greifer und Corer in Süßwasserökosystemen. Touristische Kreuzfahrten werden in der Regel in Kategorie II eingeordnet, da die Emissionen und Sub-Aktivitäten (wie Anlandungen von Passagieren) die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG nach allgemeinem Erfahrungsstand nachweisbar, aber nur in begrenztem Umfang beeinflussen. Die Veränderungen durch die Einzelaktivität sind innerhalb von Wochen bis Monaten, spätestens innerhalb eines Jahres reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Größere Vorhaben haben häufig Auswirkungen, die größer als Kategorie II einzustufen sind. Dies sind z. B. Geräteeinsätze zur Erforschung subglazialer Seenökosysteme, große Bohrstationen (Eiskerntiefenbohrungen), Stationsbau und Landepisten auf eisfreiem Grund.

Bei vielen Fang- und Probenahmegeräten, Unterwasserplattformen und akustischen Verfahren ist eine abschließende Bewertung ohne Kenntnis der Zielgebiete und Einsatzparameter nicht möglich. So können sich bei bestimmten Probenahmegeräten, die im praxisüblichen Einsatz „weniger als geringfügige Auswirkungen“ zeigen, unter bestimmten Umständen (Zielgebiet, Zielorganismus, Einsatzdauer) „geringfügige oder vorübergehende“ oder sogar „mehr als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen“ ergeben (vgl. Fallbeispiel Grundschleppnetz Kapitel 3.1.3).

2.1.4 Einsatzspezifische Bewertungsfaktoren

Bei Genehmigungsverfahren ist zu berücksichtigen, dass grundsätzlich nur solche Tätigkeiten genehmigt werden dürfen, die keine dauerhafte negative Beeinflussung der Populationsebene, Gemeinschaftsebene oder abiotischen Ebene eines antarktischen Ökosystems hervorrufen oder besorgen lassen. Eine Genehmigung kann somit nur erteilt werden, wenn keine erheblichen Auswirkungen auf die Schutzgüter im Sinne von § 3 Abs. 4 AUG zu besorgen sind.

„Für die Beurteilung nach § 4 Abs. 3 AUG stehen die Populations- und Gemeinschaftsebene im Vordergrund, nicht jedoch das Individuum. Dies ist z. B. für die Beurteilung wissenschaftlicher Forschungsvorhaben relevant, bei denen häufig Individuen gezielt (z. B. für benthologische Fragestellungen) oder ungewollt (z. B. die Lebewesen in geologischen Kastengreiferproben) entnommen werden. Die Entnahme von Individuen ist für die Individuen eine dauerhafte Beeinflussung, deren Auswirkungen auf Populations- und Gemeinschaftsebene jedoch vom Ausmaß der Entnahme abhängt“ (aus Carstens *et al.*, 1999, UBA-Text 83/99, S. 42f).

Im Folgenden sind einzelne Begriffe auf Basis von Carstens *et al.* (1999) definiert und nach heutigem Kenntnisstand erweitert (vgl. Carstens *et al.*, 1999, UBA-Text 83/99, S.35).

Population

Eine Population ist eine Gruppe von Individuen einer Art, die zur gleichen Zeit ein bestimmtes Areal besiedeln, sich dort über mehrere Generationen fortpflanzen und damit eine genetische Kontinuität zeigen (Campbell & Reece, 2009).

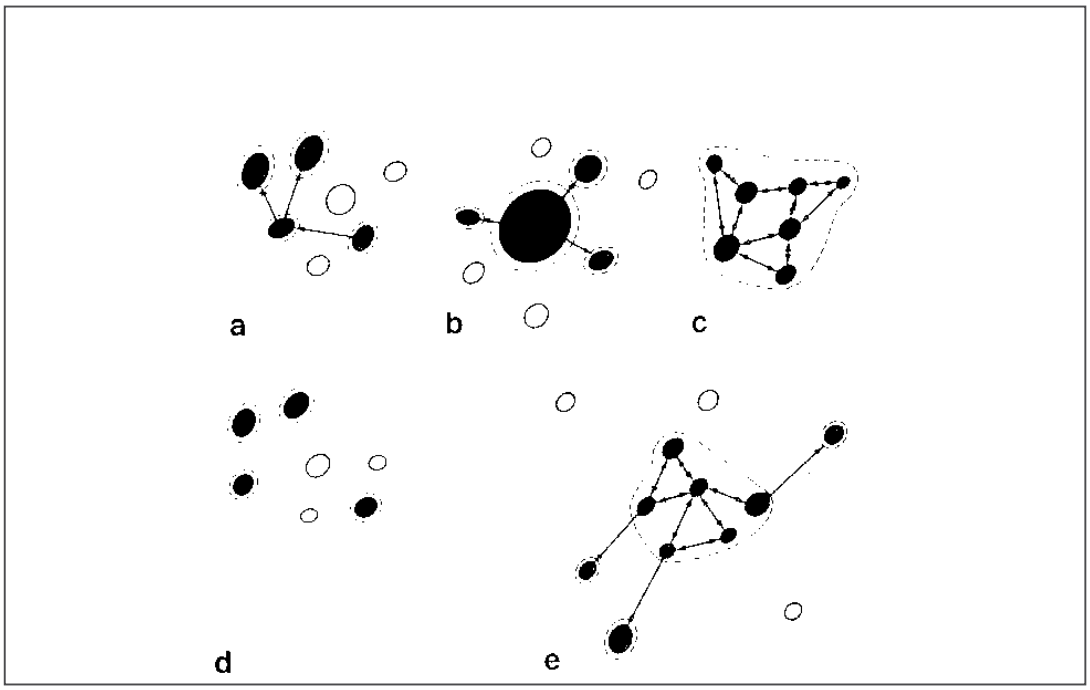
Die räumliche Begrenzung ist dabei jedoch ein besonderes Problem. Die zu betrachtende Skala hängt von der Art und der Betrachtungsweise ab. So ist es einfach z. B. die Eselspinguine auf *Cuverville Island* als eine Population zu betrachteten, in diesem Fall spricht man von „lokaler Population". Die Skala kann jedoch weiter gewählt werden und die Pinguine von *Cuverville Island* als Subpopulation der Population des *Errea Kanals* oder der *Gerlachstraße* auffassen. Die Kolonien teilen die gleiche Meeresumwelt und können eingeschränkt miteinander im genetischen Austausch stehen.

In diesem Falle spricht man von einer Metapopulation, einer aus Subpopulationen zusammengesetzten Population (Hanski & Gilpin, 1997). Es gibt keine einheitliche Struktur einer Metapopulation, sondern ein Netzwerk aus besiedelten Arealen und dazwischen stattfindenden Austausch (Abbildung 1). Wenn im o. g. Beispiel die Eselspinguine der Subpopulation *Cuverville Island* durch eine Aktivität oder ein Ereignis ausgelöscht würden, kann das frei gewordene Habitat durch Subpopulationen des Netzwerkes wiederbesiedelt werden. Ist dagegen die Population „Antarktische Halbinsel" z. B. durch ein verändertes Eisregime oder Überfischung von Krill erheblich nachteilig verändert („ausgelöscht"), so ist eine Wiederansiedlung durch die gleiche Population nicht möglich.

Die Entscheidung, ob und wo die geografische Grenze zwischen unterschiedlichen Subpopulationen gezogen wird, muss anhand von Kenntnissen zur Individuenverteilung, Habitatqualität, Verbreitungsfähigkeit der Art und weiteren ökologischen und artspezifischen Parametern gefällt werden. Für einige Arten mag eine Abgrenzung von Subpopulationen auch unmöglich sein, z. B. für einige Albatrossarten, da hier von einer Weltpopulation ausgegangen werden kann. Ebenso schwierig ist die Abgrenzung von Populationen für das marine (Tiefsee-) Benthos, dessen genetischer Austausch nicht ausreichend bekannt ist.

Bei der Bewertung der Auswirkungen von Aktivitäten in der Antarktis auf Populationen (§ 3 Abs. 4 AUG) sollte diese orts- und artspezifische Komplexität von Populationen bedacht werden.

Abbildung 1: Verschiedene Typen von Metapopulationen. Dunkle Kreise symbolisieren besetzte Habitate; leere Kreise freie Habitate; gestrichelte Linie: Grenzen der lokalen Population; Pfeile: Ausbreitungsrichtung. a) klassisches Model „Levins“ b) Festland – Insel c) Population mit fleckenhaften Verteilungsmuster („patchy“) d) lokale Populationen ohne Austausch e) Misch- und Übergangsform der Typen a-d)



aus Harrison & Taylor (1997); zu a) Netzwerk aus ähnlich großen Fleckenpopulationen mit lokaler Dynamik: alle Fleckenpopulationen im System haben das gleiche Risiko der Auslöschung b) Netzwerk aus kleineren Populationen („Inseln“) innerhalb einer bestimmten Distanz zu einer sehr großen „unauslöschbaren“ Population („Festland“): Metapopulation kann nicht ausgelöscht werden c) Patchy model: mehrere lokale Populationen jeglicher Größe werden als eine Population betrachtet d) mehrere lokale Populationen sind unabhängig von einander

Gemeinschaft

Eine ökologische Gemeinschaft ist jede Ansammlung von miteinander in Wechselbeziehung stehenden Populationen verschiedener Arten, die auf einem fest umrissenen Gebiet oder in einem bestimmten Habitat leben (aus Carstens *et al.*, 1999: Spellerberg, 1995). Vom Schelf des südöstlichen Weddellmeeres und Teilen der Lazarevsee sind z. B. Gemeinschaften von Schwämmen, Bryozoen, Ascidien, Nesseltieren und weiteren Bodentieren bekannt, die in diesem Gebiet häufig auftreten (Gutt, 2007).

Ökosystem

Ein Ökosystem besteht aus der ökologischen Gemeinschaft und der abiotischen Umwelt, die eine Einheit bilden und durch dynamische und komplexe Vorgänge und Wechselbeziehungen gekennzeichnet sind (aus Carstens *et al.*, 1999: Spellerberg, 1995).

Solche Wechselbeziehungen sind z. B. trophische Wechselwirkungen, die sich auf Ökosystemfunktionen wie z. B. Nettoprimärproduktion, Energiefluss und andere Faktoren auswirken. Die räumliche Dimension eines Ökosystems ist deshalb nur sekundär durch die Besiedlungsgebiete seiner Populationen zu definieren (Campbell & Reece, 2009).

Dauer und Intensität der Auswirkungen auf Ökosystem-Komponenten

Für die Beurteilung von Umweltauswirkungen von Einzelaktivitäten sind daher zu berücksichtigen:

- Artenzusammensetzung,
- Generationszeiten von Organismen,
- Regenerationsfähigkeit von Populationen und Gemeinschaften,
- Ökosystemfunktionen

(Carstens *et al.*, 1999, erweitert).

Die Geschwindigkeit der Regeneration auf Populationsebene und Wachstumsraten bestimmen die Wiederbesiedlung eines Habitats auf der Gemeinschaftsebene. Die Betrachtung von Ökosystemfunktionen gilt inzwischen als unerlässlich für die Charakterisierung des Systems und der Interaktion mit benachbarten Ökosystemen. Diese sind nur schwer zu erfassen. Insbesondere in der Antarktis besteht hier Forschungsbedarf, sowohl zum Erkenntnisgewinn als auch zur Einstufung der Sensitivität gegenüber Umweltveränderungen und anthropogenen Einflüssen. Die Reproduktionsmuster insbesondere benthischer Arten sind weitgehend unbekannt. Für die Bewertung werden verfügbare Informationen über betroffene Ökosysteme herangezogen. Parallel dazu sind die beeinflusste Fläche bzw. das beeinflusste Volumen und die speziellen Gegebenheiten einschließlich der spezifischen Empfindlichkeit der betroffenen Standorte mit in Betracht zu ziehen.

Die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten beziehen sich auf verschiedene Ebenen eines Ökosystems, was bei der Bewertung berücksichtig werden muss: der unmittelbare Einfluss der Einzelwirkungen erfolgt mehr auf die abiotische Umwelt und Individuen. Dadurch können sich jedoch Auswirkungen auf Populationen und Gemeinschaften ergeben (Carstens *et al.*, 1999).

Kumulative Effekte (nach Carstens *et al.*, 1999)

Ein kumulativer Effekt im Sinne des AUG ist eine über eine Zeitspanne auftretende, fortschreitende Umweltverschlechterung, die aus einer Reihe von zeitgleichen Aktivitäten in einem Gebiet oder einer Region entstehen, wobei jede Aktivität für sich betrachtet möglicherweise nicht als wesentlicher Verursacher anzusehen ist.

Die Beurteilung der Auswirkung einer Aktivität sollte jeweils unter Berücksichtigung kumulativer Effekte erfolgen.

Kumulative Effekte, die durch die Wiederholung einer Tätigkeit in verschiedenen Jahren oder durch andere Aktivisten in einer Region entstehen können, sind im Sinne des AUG nicht als kumulative Auswirkungen erfasst.

2.1.5 Kategorisierung der Auswirkungen nach § 17 AUG

In der Antarktis heimische marine Säugetiere sowie Vögel und terrestrische und limnische Pflanzen genießen einen besonderen Schutz gemäß § 17 Abs. 1 AUG, der sich aus Anlage II des USP („Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenwelt“) ableitet. Somit muss die Beurteilung von Auswirkungen durch menschliche (Einzel-)Aktivitäten einschließlich wissenschaftlicher Methoden, bei denen diese Schutzgüter beeinflusst werden können, neben § 3 Abs. 4 in Verbindung mit § 4 Abs. 3 AUG auch nach § 17 AUG bewertet werden und gegebenenfalls eine Ausnahmegenehmigung erteilt werden (§ 17 Abs. 2 Satz 1 AUG).

Antarktische Warmblüter – Wale, Robben und Vögel - sind durch § 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d AUG auf Individuenebene, Ansammlungen von Vögeln und Robben durch § 17 Abs. 1 Nr. 2 a-e AUG und der Lebensraum von Säugetieren, Vögeln, Pflanzen und Wirbellosen durch § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG besonders geschützt. Antarktische Robben und Wale unterliegen bezüglich Fang und Tötung einem besonderen Schutz aufgrund § 17 Abs. 7 AUG.

Heimische Arten

Der Begriff „heimisch“ bezeichnet die Arten, die aus dem Gebiet des Antarktisvertrags stammen und dort natürlich vorkommen, bzw. aufgrund natürlicher Wanderungen saisonal oder in irgendeinem Abschnitt ihres Lebens als Samen oder sonstiger Ableger natürlich im Antarktisgebiet vorkommen (USP Anlage II Art. 1 a- d). Dies schließt alle anthropogen eingeführten Organismen explizit aus (Epiney *et al.*, 2013).

Der besondere Schutz dieser heimischen Arten erstreckt sich auf das Verbot des Tötens, Verletzens, Fangen, Berühren oder Störens (USP Anlage II Art. 1 g).

Störung

Eine Störung von Individuen ist jede Aktivität, die das normale Verhaltensmuster oder Lebensvorgänge von Organismen unterbricht oder beeinträchtigt oder eine Veränderung der unbelebten Umwelt bewirkt (Carstens *et al.*, 1999). Das ist bei antarktischen Warmblütern teilweise erkennbar, z. B. bei einem Vogel das Kopf drehen, einer Robbe das Heben des Kopfes verbunden mit Drohgebären und einem Wal ein plötzlicher Richtungswechsel (vgl. Kapitel 3.2). Bei weiterer Steigerung der Störung kann mit Angriff oder Flucht reagiert werden. In Tieransammlungen kann die Menge der Tiere, die Verhaltensreaktionen zeigen, ein Hinweis auf die Größe der Störung sein.

Allerdings können Störungen auch physiologische Veränderungen wie Hormonausstoß, Herzratenveränderungen oder Anstieg der Körpertemperatur bewirken, die nicht visuell erkennbar sind. Zudem sind unter Umständen Gewöhnungseffekte bei der Beurteilung eines Störungsgrades zu berücksichtigen.

Eine Störung kann natürlichen oder anthropogenen Ursprungs sein. Innerhalb dieser Studie werden ausschließlich anthropogene Störungen bewertet. Stören setzt nicht zwingend einen physischen Kontakt voraus, so kann eine Störung beispielsweise durch akustische oder visuelle Reize erfolgen (Epiney *et al.*, 2013).

Auf Populationsebene – das gilt für heimische Fauna und Land- und Süßwasservegetation – kann von einer erheblichen Störung ausgegangen werden, wenn sich durch die Störung der Erhaltungszustand der lokalen Population einer Art verschlechtert.

In der vorliegenden Studie wird in Anlehnung an Carstens *et al.* (1999) nicht zwischen „absichtlicher“ und „unabsichtlicher“ Störung unterschieden, beides ist verboten und nur auf Antrag auf Ausnahmegenehmigung aus den in § 17 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 – 3 AUG genannten Gründen möglich. Die Grundlage der Bewertung der wissenschaftlichen Methoden zur Untersuchung antarktischer Warmblüter auf Individuenebene beruht außer auf den Anforderungen aus § 17 Abs. 1 und Abs. 2 AUG auf dem Grundsatz, dass „Schmerzen und Leiden der Tiere so weit wie möglich vermieden werden“ (§ 17 Abs. 6 AUG) und nicht mehr Organismen einbezogen werden als unbedingt erforderlich (§ 17 Abs. 3 Nr. 1-3 AUG).

Bewertungsstufen zur Beurteilung der Auswirkungen nach § 17 AUG (nach Carstens *et al.,* 1999)

Carstens *et al.*, (1999; S. 57ff) entwickelten in Zusammenarbeit mit internationalen Experten und Expertinnen Bewertungsstufen, die wissenschaftliche Methoden in Methodengruppen einstuft:

- unbedenkliche Methode (Gruppe A)
- eingeschränkt unbedenkliche Methode (Gruppe B mit Untergruppe B-1 und B-2)
- bedingt vertretbare Methode (Gruppe C)
- sehr kritische Methode (Gruppe D)

Dieses Schema wird modifiziert und, um terrestrische heimische Pflanzen, ergänzt in dieser Studie angewendet. Die Modifizierung trennt und definiert die Gruppen schärfer voneinander. So wurde in

Gruppe B-1 „nicht oder nur unwesentlich verletzt“ zu „nicht verletzt“. Gruppe B-2 erfasst nun „unwesentliche“ Verletzungen, Gruppe C beinhaltet Verletzungs**risiko**, der Begriff „Störung“ wurde durch „schädliches Einwirken“ ersetzt, um Landpflanzen zu inkludieren und in Gruppe D wurde „starke Beeinträchtigung mariner Warmblüter durch Anwendung wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden, die nicht der Untersuchung von Warmblütern gelten (z. B. Hörschäden durch Seismik unter Wasser)“ zu „erhebliche Beeinträchtigung mariner Warmblüter durch Anwendung wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden, die nicht der Untersuchung von Warmblütern gelten (z. B. Verletzungen durch hydroakustische Methoden). Zudem wurde das von Carstens *et al.* (1999) eher generell verwendete Wort „Lärm“ durch das Wort „Schallemissionen“ ersetzt.

unbedenkliche Methode (Gruppe A)

Methoden dieser Gruppe können unbedenklich angewendet werden, da keine Tiere berührt, gefangen, gestört, verletzt oder getötet werden. Außerdem werden keine einzelnen Tiere und Ansammlungen von Tieren durch Lärm von Fahrzeugen (Luft-, Wasser,- Land-, Schneefahrzeuge), anderen Lärm (Sprengungen, Schusswaffen, Lärm im Zusammenhang mit wissenschaftlichen Methoden) oder sonstige Aktivitäten beunruhigt, gestört oder beeinträchtigt.

Es werden keine Pflanzen entfernt oder geschädigt.

eingeschränkt unbedenkliche Methode (Gruppe B mit Untergruppe B-1 und B-2)

Erfahrung des Durchführenden ist unbedingt notwendig und nachzuweisen. Ist keine Erfahrung vorhanden, sollte die Methode als „sehr kritisch“ betrachtet werden.

Untergruppe B-1:

- einzelne Warmblüter werden berührt, gegebenenfalls kurzzeitig gefangen, jedoch nicht verletzt (z. B. morphologische Untersuchungen),
- angebrachte Geräte beeinträchtigen nur unwesentlich (z. B. Vogelberingung am Bein),
- keine Beunruhigung oder Störung durch Fahrzeuge oder Schallemissionen im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode,
- die Annäherung von Menschen erfolgt in einer Art und Weise, dass möglicherweise einzelne Tiere, aber nicht Tieransammlungen beunruhigt werden,
- einzelne Pflanzen werden entfernt oder beschädigt ohne die Verbreitung oder Dichte der Landpflanzen erheblich zu beeinträchtigen (z. B. bei Installation von Messinstrumenten).

Untergruppe B-2:

- einzelne oder mehrere Warmblüter werden berührt, kurzzeitig gefangen, kurzfristig gestört (kurzfristiger starker Stress), eventuell unwesentlich verletzt (kleine Wunde, z. B. zur Blutentnahme oder beim Setzen von Flossenmarken bei Robben)
- angebrachte Geräte beeinträchtigen vorübergehend (z. B. Kameras auf Kopf oder Rücken bedingt Erhöhung des Energieaufwandes),
- Beunruhigung oder Störung von Tieransammlungen durch Fahrzeuge oder Schallemissionen ist zu besorgen,
- Pflanzen werden niedergetreten, entfernt oder z. B. durch Installation von Messinstrumenten längerfristig beschädigt ohne die Verbreitung oder Dichte der Landpflanzenpopulation erheblich zu beeinträchtigen.

bedingt vertretbare Methode (Gruppe C)

Erfahrung des Durchführenden ist unbedingt notwendig und nachzuweisen. Ist keine Erfahrung vorhanden, sollte die Methode als „sehr kritisch“ betrachtet werden.

- Es besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres (Verletzungsrisiko; z. B. durch Anwendung wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden, die nicht der Untersuchung von Warmblütern gelten (z. B. Verletzungsrisiko aufgrund hydroakustischer Methoden),
- Robben oder Vögel werden länger als 30 Minuten gefangen gehalten,
- angebrachte Geräte beeinträchtigen langfristig (z. B. bis zum nächsten Fellwechsel mit Erhöhung des Energieaufwandes),
- es entsteht sehr starker Stress aufgrund der wissenschaftlichen Beprobung/Eingriffe,
- schädliches Einwirken auf Ansammlungen (antarktische Warmblüter, Landpflanzen) im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode ist unvermeidbar, führt aber nach heutigem Kenntnisstand nicht zu einer erheblichen oder dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes.

sehr kritische Methode (Gruppe D)

- Entnahme von antarktischen Warmblütern, gezielte Tötung,
- **erhebliche** Beeinträchtigung mariner Warmblüter durch Anwendung wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden, die nicht der Untersuchung von Warmblütern gelten (z. B. Verletzungen durch hydroakustische Methoden),
- erhebliche Schädigung von Landpflanzen durch Aktivitäten, die notwendig sind eine wissenschaftliche Methode durchzuführen (z. B. Fahrspuren zum Erreichen eines limnischen Sees, der beprobt wird),
- Methoden der Gruppe B sofern nicht ausreichend Erfahrung beim Durchführenden vorhanden ist.

Für wissenschaftliche Untersuchungsmethoden, die Auswirkungen auf antarktische Warmblüter und Landpflanzen haben und nach dem Bewertungsschema nach Carstens *et al.* (1999) in die

- Gruppe A eingestuft werden, kann eine Ausnahmegenehmigung von den Verboten nach § 17 Abs. 1 AUG erteilt werden.
- Gruppen B-C eingestuft werden, kann eine Ausnahmegenehmigung nach § 17 Abs. 2 AUG erteilt werden (vgl. Carstens et al., 1999), wenn:
    - der Umfang der Untersuchung nach Art und Dauer den dazu notwendigen wissenschaftlichen Rahmen nicht übersteigt und damit die Voraussetzungen nach § 17 Abs. 3 Nr. 1-3 AUG erfüllt sind,
    - der besondere Schutz der Rossrobbe gewährleistet ist,
    - durch Erteilen der Ausnahmegenehmigung keine Auswirkungen auf die Population zu befürchten sind, die nach § 4 Abs. 3 AUG eine höhere Einordnung als in Kategorie I erfordern würden.

Werden wissenschaftliche Untersuchungsmethoden bei der Bewertung nach § 17 AUG als „sehr kritisch“, Gruppe D, eingestuft, so ist besonders sorgfältig zu prüfen, ob der Ausnahmeantrag genehmigungsfähig ist.

Die Bewertung der wissenschaftlichen Methoden wird auf Basis des heutigen Wissenstandes vorgenommen. Dadurch kann in dieser Studie die Einstufung in die Gruppen A-D von Forschungsmethoden von Carstens *et al.* (1999) abweichen. Dies ist zum Beispiel bei der Eingruppierung einiger ornithologischer Forschungsmethoden der Fall, da in der früheren Studie der Vorgang des Fanges unberücksichtigt geblieben ist.

Neben der Bewertung der Einzelmethode ist zu berücksichtigen, inwieweit durch die Untersuchung des einzelnen Tieres, einsatzbedingt Ansammlungen von Tieren (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 AUG) oder Tierpopulationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4 AUG) im Umfeld betroffen sind.

Antarktische Warmblüter können nicht nur durch die Anwendung der eigentlichen Forschungsmethode an ihnen selbst, sondern auch durch Methoden anderer Forschungsdisziplinen, z. B. Helikoptereinsätze für die Eiserkundung oder durch touristische Aktivitäten negativ beeinflusst werden, indem z. B. erforderliche Mindestabständen nicht eingehalten werden (Kapitel 3.4).

2.1.6 Bewertung der Auswirkungen nach § 21 ff. AUG

Eine besondere Problematik bei der Bewertung der Auswirkungen auf die antarktische Umwelt stellen Materialien dar, die nach ihrem Gebrauch zu Abfall werden und in der antarktischen Umwelt verbleiben, z. B. Radiosonden und deren Zubehör (z. B. TOTEX Ballone). Gemäß § 20 AUG ist das Verbringen von bestimmten Stoffen und Erzeugnissen ins AV-Gebiet verboten. Die Entstehung und Entsorgung von Abfällen ist soweit wie möglich zu vermeiden, in der Antarktis erzeugte Abfälle sind grundsätzlich zu entfernen (§ 21 ff. AUG).

Dieser Grundsatz gilt nicht, wenn die Entfernung der Abfälle im Sinne des § 22 Abs. 1 Nr. 7 und 8 AUG größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge hätte, als wenn sie an Ort und Stelle verbleiben. Für Abfälle im Sinne des § 22 Abs. 1 Nr. 1-6 AUG ist nach dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit eine Abwägung zwischen den Umweltauswirkungen bei Verbleib der Abfälle in der Antarktis und denen einer vollständigen Entfernung vorzunehmen.

Es besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf für Technologien, um z. B. Sonden und deren Energiequellen so herzustellen, dass bei Verbleib in der Umwelt keine Umweltbeeinträchtigungen entstehen oder der Verbleib ganz vermieden werden kann.

2.2 Kriterien und Anwendung des Bewertungsverfahrens

In diesem Kapitel wird ein vierstufiges Verfahren vorgestellt, das ein Werkzeug (Excel-Arbeitstabellen) für die Genehmigungsbehörde zur wiederhol- und nachvollziehbaren Bewertung nach AUG darstellt.

In Stufe 1 werden alle zum Gerät, der Methode oder Aktivität zur Verfügung stehenden Informationen zusammengetragen. In den Stufen 2 und 3 werden die Auswirkungen auf die antarktischen Komponenten **in gerätespezifische (Stufe 2)** und **einsatzspezifische (Stufe 3) Auswirkungen** unterschieden. Bei der Bewertung der **gerätespezifischen Auswirkungen** auf die antarktischen Komponenten gehen sowohl der Grad der Besorgnis als auch die Intensität und Dauer der Auswirkung mit ein. Bei der Bewertung der **einsatzspezifischen Auswirkungen** müssen die Komponenten Häufigkeit, Dauer und Intensität der Aktivität sowie die Empfindlichkeit des Ortes, Art der Durchführung, Entstehung und Umgang mit Abfall, Mitigationsmaßnahmen und andere Besonderheiten berücksichtigt werden. In Stufe 4 erfolgt schließlich die abschließende Empfehlung. Diese fasst die Informationen der Stufen 1 bis 3 zusammen und gibt durch Fragen Raum und Leitfaden für die jeweilige Einzelfallenscheidung.

Im Folgenden werden die einzelnen Stufen des Bewertungsschemas mit den einzelnen Elementen der Bewertungskriterien erläutert, die ab Kapitel 3 die Grundlage und das Ergebnis der vorläufigen Bewertung liefern.

2.2.1 Stufe 1: Übersicht und Bündelung

Eine detaillierte Zusammenstellung der derzeit eingesetzten wissenschaftlichen Geräte und Methoden sowie logistischen und touristischen Aktivitäten ist Ausgangsbasis für das Bewertungsverfahren (Tabelle 1). Für jede/s Gerät/Methode/Aktivität wurden Eigenschaften, Einsatzparameter, notwendige Logistik und weitere Informationen zusammengetragen. Entsprechend ihrer Charakteristik wie des Einsatzbereiches sowie ihrer potentiell gleichen Umweltauswirkungen werden die wissenschaftlichen Methoden und Geräte sowie touristische und logistische Aktivitäten gebündelt und im Text beschrieben.

Die Arbeitstabellen zur Stufe 1 ermöglichen die Übersicht über die Eigenschaften der Methode oder Aktivität, grundlegende Logistik, die potentiell betroffenen Schutzgüter und Rechtsgrundlagen (§ 3 Abs. 4 AUG, § 17 Abs. 1 AUG).

Die Arbeitsblätter der Stufe 1 enthalten eine Empfehlung für eine mögliche Einstufung in die Kategorien nach dem AUG (Kategorie 1, 2, 3 gemäß § 4 Absatz 3 AUG) aufgrund der vorhandenen Vorinformationen oder auf Basis des Bewertungsschemas aus Stufe 2.

Eine regelmäßige Aktualisierung der Arbeitstabellen mit fortschreitender Forschungs-und Technologieentwicklung ist unbedingt notwendig.

Tabelle 1: Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 1 und Zusammenfassung der Stufe 2 liefert eine Übersicht der Forschungsgeräte, Forschungsmethoden, logistischen und touristischen Aktivitäten in der Antarktis (Stufe 1; grün) und Ergebnis der einsatzunabhängigen Bewertung (Stufe 2, dunkel); *kursiv* Fallbeispiele vgl. Kapitel 3.2.1.3

Gerät/ Methode/ Aktivität	Geräte/ Methode/ Aktivität	Eigenschaften	typische Einsatzweise	Art der Einwirkung / betroffene Schutzgüter	eingesetzte Logistik	vorläufige Bewertung (soweit ohne Einsatzparameter möglich)	Begründung zur vorläufigen Bewertung	mögliche Mitigationsmaßnahmen/ Alternativen
Bündel / Cluster 1: geschleppte Netze								
am Meeresboden fangend	*Grundschleppnetz*	*Breite zwischen Scherbrettern 15 m, max. Gesamtlänge 40 m, Maschenweite 4 cm im Steert*	*einsatzabhängig, z.B. Schleppdauer 10-15 min, 1000m Schleppstrecke*	*Entnahme (Fang demersaler Fische, Benthos), Habitat(zer)störung, Resuspension, Vergrämung / § 3 Abs. 4 Nr. 2- 5, § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG*	*schiffsgestützt*	*Kategorie I-III je nach Einsatzbedingung*	*stark von Einsatzbedingungen abhängig*	*ggf. Benthosforschung: Agassiztrawl, optische Aufnahme ROV, OFOS; verkürzte Schleppzeiten*

2.2.2 Stufe 2: Geräte-, methoden- oder aktivitätsspezifisch

In der Stufe 2 wird die Zuordnung der möglichen Auswirkungen auf die betroffenen Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG und § 17 Abs. 1 AUG sowie gegebenenfalls weiterer Kriterien (§ 21 ff. AUG) vorgenommen (Tabelle 2).

Die (methodenbedingte) Einwirkung wissenschaftlicher Forschungsmethoden auf die marine und terrestrische Umwelt und potentielle Auswirkungen auf betroffene Schutzgüter wird durch die Eigenschaften der Geräte mitbestimmt. Dazu zählen beispielsweise das Design für typische Zielorganismen, Maschenweiten von Fangnetzen, charakteristische Entnahmeflächen und –volumina. Diese Eigenschaften verändern sich in der Regel nicht oder wenig durch die Einsatzbedingungen, sind aber unter Umständen von Gerätetyp oder Hersteller abhängig.

Die Beurteilung, ob die Schutzgüter im Sinne des AUG durch die Einwirkung touristischer und logistischer Aktivitäten potentiell negativ betroffen sind, erfolgt unabhängig von einer spezifischen Reise (Bsp. Kreuzfahrtschiff und Forschungsschiff emittieren immer Emissionen).

Unterschiedliche Methoden und Aktivitäten haben verschiedene Auswirkungen auf die einzelnen Komponenten. Eine Aktivität beeinflusst nicht gleichermaßen alle Komponenten des antarktischen Ökosystems. So ist es sinnvoll eine getrenne Analyse der Einzelwirkungen auf verschiedene antarktische Komponenten vorzunehmen. Die vorliegende Studie hat folgende Komponenten zur vorläufigen Bewertung der Auswirkungen der verschiedenen Methoden und Aktivitäten herangezogen (Tabelle 2):

- Meereskundliche Forschungsmethoden (nach Carstens *et al.*, 1999): Meereis, Plankton, Benthos, Litoral, Tintenfische/Fische, Robben, Vögel, Wale
- Terrestrische Forschungsmethoden: Luft, Wasser (limnisch), Boden, Landeis, subglaziale Seen, limnisches Plankton und Benthos, Pflanzen, Bodenorganismen, Vögel
- Touristische Aktivitäten: Luft, Wasser, Boden (Geologie, Fossilien, Organismen), Landpflanzen, Litoral, Meereis, Robben, Wale, Vögel
- Logistische Aktivitäten: Luft, Wasser, Boden, Landeis, Plankton, Benthos, Robben, Wale, Vögel, terrestrische Bodenorganismen, Landpflanzen

Potentielle Auswirkungen auf die jeweiligen Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG (vornehmlich Populations- und Gemeinschaftsebene) und § 17 Abs. 1 AUG (vernehmlich Individuenebene) können so betroffenen antarktischen Komponenten zugeordnet und entsprechend eingestuft werden. Sind Robben, Wale, Vögel und Pflanzenansammlungen nach § 17 AUG betroffen, ist zu prüfen, ob eine Ausnahme von Verboten genehmigt werden kann.

Die Komponenten selbst haben unterschiedliche Empfindlichkeiten gegenüber den menschlichen Eingriffen. Durch die getrennte Analyse der Einzelwirkungen auf die einzelnen Komponenten wird dies gespiegelt.

Stufe 2 berücksichtigt weiterhin den Grad der Besorgnis (sehr niedrig, niedrig, mittel, hoch), die Intensität (nicht messbar, niedrig, mittel, hoch) und die Dauer (Stunden bis Tage, Wochen bis Monate, mehrere Monate bis ein Jahr, Jahre und Jahrzehnte) der Auswirkung unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien (Tabelle 2; Anhang I).

Oft sind jedoch – insbesondere für die Dauer der Auswirkung – keine gesicherten Informationen verfügbar, dennoch erfolgt eine Analyse anhand der wissenschaftlichen Expertise und Einschätzung der Bearbeiter. Das hier verwendete Verfahren konstruiert so unter Umständen eine Genauigkeit bei der Einschätzung der Auswirkungen auf einzelne antarktische Komponenten, die es nicht gibt. Deshalb ist weiterhin sachkundige und fallspezifische Handarbeit und das Prinzip der Verhältnismäßigkeit bei der Endbewertung unerlässlich.

Tabelle 2: Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 2: einsatz**una**bhängige Geräte- und Methodenbewertung und der reiseunabhängigen touristische und logistische Aktivität; *kursiv* Fallbeispiel GSN Kapitel 3.1.3; E: einsatzabhängig

	§ 3 Abs. 4 AUG								Antarktische Komponente § 3 Abs. 4 AUG				§ 17 Abs. 1 AUG								§ 20 ff. AUG
	Klima- oder Wetterverhältnisse	Luft- oder Wasserqualität	atmosphärische, land-, Wasser, Gletscher- oder Meeresumwelt	Tier-, Pflanzenarten, Populationen (Verbreitung, Häufigkeit, Produktivität)	bedrohte Arten, Populationen	Gebiete mit besonderer Bedeutung	Umwelt, abhängige und verbundene Ökosysteme		**Meeresökologie** Luft, Wasser, Boden, Meereis, Plankton, Benthos, Litoral, Tintenfische, Fische, Robben, Vögel und Wale		**Terrestik** Luft, Wasser (limnisch), Boden, Landeis, subglaziale Seen, limnisches Plankton und Benthos, Pflanze, Bodenorganismen und Vögel		Robben		Wale		Vögel			
									Tourismus Luft, Wasser, Boden (Geologie, Fossilien, Organismen), Landpflanzen, Litoral, Meereis, Robben, Wale und Vögel		**Logistik** Klima, Wetter, Luft, Wasser, Boden, Landeis, Plankton, Benthos, Robben, Wale, Vögel, terrestrische Bodenorganismen und Landpflanzen									
Gerät/Methode/ Aktivität									**Besorgnis**		**Intensität**	**Dauer**	**Besorgnis**	**a)-f)**	**Besorgnis**	**a)-f)**	**Besorgnis**	**a)-f)**	**Abfall**	
Einzelwirkungen betroffen / nicht betroffen / nur Einsatzabhängig zu bewerten									sehr niedrig/niedrig/mittel/hoch		nicht messbar/niedrig/mittel/hoch	Stunden bis Tage/Wochen bis Monate/mehrere Monate bis 1 Jahr/ Jahre bis Jahrzehnte	sehr niedrig/ niedrig/ mittel/ hoch		sehr niedrig/ niedrig/ mittel/ hoch		sehr niedrig/ niedrig/ mittel/ hoch			ja/nein
Bsp. GSN									***Beispiel Benthos***											
Entnahme v. Organsimen			*Benthos, Fische*	*Benthos, Fische*	*E*	*E*			*hoch*		*E*	*Jahre bis Jahrzehnte*								*nein*
Habitat(zer)-störung			*Bentos, Boden*	*Benthos, Fische*		*E*			*hoch*		*E*	*mehrere Monate bis 1 Jahr*								*nein*
Resuspension		*Wasser*	*Meeres-umwelt*						*niedrig*		*niedrig*	*Stunden bis Tage*								*nein*
Verscheuchung/ Vergrämung				*Benthos, Fische*					*niedrig*		*E*	*Stunden bis Tage*	*sehr niedrig*	*f)*						*nein*

2.2.3 Stufe 3: Einsatzabhängig

Stufe 3 beinhaltet die antragsspezifischen Einsatzparameter im Hinblick auf die Bewertungskriterien. Einsatz-, orts- und ökosystemspezifische Besonderheiten finden hier Berücksichtigung (Tabelle 3). Kumulative Effekte und Mitigationsmaßnahmen können hier aufgenommen werden. Im Einzelnen werden berücksichtigt:

- Häufigkeit und Dauer der Aktivität
- Empfindlichkeit des Ortes unter Berücksichtigung
    - der geographischen Ausdehnung
    - der Jahreszeit
    - Vorkommen bestimmter Arten/gefährdeter Populationen
    - Ort mit besonderem Wert
    - Ursprünglichkeit
- Art der Durchführung
    - verwendete Technik/Ausrüstung
    - Erfahrung der durchführenden Personen
- Entstehung von und Umgang mit Abfall
- mögliche Alternativen/Mitigations-Maßnahmen
- Besonderheiten
- kumulative Effekte

Tabelle 3: Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 3: Einsatzspezifische Auswirkungen auf die betroffenen antarktischen Komponenten unter Berücksichtigung der Bewertungskriterien für eine Methode bzw. Aktivität und ggf. Kombination mehrerer Tätigkeiten

Tätigkeit	**Häufigkeit**	**Dauer/Intensität**	**Empfindlichkeit des Ortes unter Berücksichtigung**					**Art der Durchführung**		**Entstehung von und Umgang mit Abfall**	**mögliche Alternativen/ Mitigations-Maßnahmen**	**Besonderheiten**	**kumulative Effeke**
Beispiele		pro Einsatz	der geographischen Ausdehnung	der Jahreszeit	Vorkommen bestimmter Arten, gefährdete Populationen	Historischer Orte	Ursprünglichkeit	Verwendete Technik und Ausrüstung	Erfahrung der durchführenden Personen				
GSN	*15*	*< 0,5 h*	*15.000m²*	*Sommer*	*unbekannt; ev. sensible Schwammgemeinschaften*	*nein*	*Filchner Graben*	*Rolleng-rundtau*	*ja*	*nein*	*optische Vorerkundung*	*wenig erforschtes Gebiet*	*Einsatz weiterer Geräte*

Arbeitsblatt des Bewertungsverfahrens Stufe 3: antragsspezifisch auszufüllen; *kursiv* Fallbeispiel Kapitel 3.1.3

2.2.4 Stufe 4: abschließende Bewertung

In Stufe 4 wird auf Basis der Stufen 1 bis 3 und verfügbaren Zusatzinformationen eine Empfehlung zur Beurteilung der Auswirkungen auf die Schutzgüter gemäß § 4 Abs. 3 S. 1 Nr. 1-3 AUG für den spezifischen Genehmigungsantrag vorgenommen. Sie beruht auf der Zusammenfassung aller potentiellen Wirkungen auf die Schutzgüter, der Intensität und Dauer der Auswirkungen (soweit bekannt) und weiteren spezifischen Einsatzparametern aus den Stufen 2 und 3. Kumulative Wirkungen gehen ebenfalls ein. Die resultierenden Bewertungen werden hier begründet. Über die Bewertungsstufen 2 und 3 hinaus sollten in Stufe 4 die für die abschließende Bewertung offenen Fragen identifiziert werden:

- Bestehen Wissenslücken und Unsicherheiten?
- Gibt es weitere mögliche kumulative Wirkungen, die bisher noch nicht berücksichtigt wurden?
- Wie wird die eingesetzte Logistik bewertet?
- Werden Schutzgebiete (ASPA) betreten?
- Können Mitigationsmaßnahmen eingesetzt werden?
  Dazu zählen die Kombination von Probenahmemethoden, optische Vorerkundungen bei größeren geschleppten Fanggeräten, Gerätemodifizierung und Shutdown akustischer Verfahren. Mögliche Mitigationsmaßnahmen beinhalten ggf. auch alternative Untersuchungsmethoden und -gebiete oder die Unterlassungsvariante, die für das Bewertungsverfahren herangezogen werden können.
- Verbleiben Gegenstände (z. B. Batterien) als Abfall in der Umwelt?
- Wie viele Personen sind an der Aktivität beteiligt?
- ...

Erst nach Betrachtung aller Faktoren und Beantwortung der einzelfallspezifischen Fragen (Stufe 4; Tabelle 4) kann eine abschließende Einstufung und Entscheidung für den Einzelfall zur Genehmigung erfolgen.

Tabelle 4: Abschließende Bewertung auf Basis der Bewertungsstufen 1-3; *kursiv* Beispiel

Aktenzeichen	**Fallbeispiel**
Gerät	*GSN*
Übertrag aus Stufe 1 und Stufe 2 – gerätespezifisch	
Welche Schutzgüter sind betroffen (§ 3 Abs. 4 AUG)?	*2, 3, 4,5*
Liegt eine Besorgnis für die Schutzgüter gemäß § 3 Abs. 4 AUG vor / höchster Besorgnisgrad	*Hoch*
Antarkt. Komponente mit höchstem Besorgnisgrad:	*Benthos, Fische/Tintenfische*
Maximale Wirkung auf betroffene Schutzgüter (§ 3 Abs. 4 AUG): höchste Intensität	*Hoch*
längste Dauer	*Jahre-Jahrzehnte*
Ist § 17 AUG betroffen?	*ja*
höchster Besorgnisgrad:	*sehr niedrig*
Methodeneinstufung (Carstens *et al.*, 1999)	*unbedenklich (A)*
vorläufige Bewertung aus gerätespezischen Angaben:	***Kat. II***
Begründung/ betroffene Schutzgüter::	*Wasserqualität (Resuspension), Meeresumwelt (Entnahme von Organismen, Habitatstörung, Resuspension), Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen (Entnahme, Habitat(zer)störung, Resuspension, Vergrämung), antarktische Warmblüter (Vergrämung)*
Übertrag aus Stufe 3 – einsatzspezifisch	
Häufigkeit der Aktivität	*15*
Dauer der Aktivität/ Intensität (pro Einsatz)	*0,5h*
Empfindlichkeit des Ortes unter Berücksichtigung § 3 Abs. 4 AUG	
der geographischen Ausdehnung	*15000 m²*
der Jahreszeit	*Sommer*
Vorkommen bestimmter Arten / gefährdete Populationen	*unbekannt; ev. sensible Schwammgemeinschaften*
historischer Orte	*entf.*
Ursprünglichkeit	*Filchner-Graben*
Art der Durchführung	
verwendete Technik / Ausrüstung	*Rollengrundtau*
Erfahrung der durchführenden Personen	*Ja*
Entstehung von und Umgang mit Abfall	*entf.*
mögliche Alternativen/ Mitigations-Maßnahmen	*optische Vorerkundung, Gerätemodifikation*
Besonderheiten	*wenig erforschtes Gebiet*
kumulative Effekte	*durch Schiffseinsatz, Einsatz weiterer Geräte*
Fragenkatalog:	
Weitere Informationen, die für die Einstufung von Bedeutung sein können?	*Die Dauer der Auswirkungen ist unsicher (Zeitraum bis zur Wiederbesiedlung gestörter Flächen)*
Bestehen Wissenslücken und Unsicherheiten?	*Ja- kaum Information über die zu untersuchenden und betroffenen Lebensgemeinschaften*
Weitere mögliche kumulative Wirkungen:	*Einsatz weiterer Geräte nahe der Schleppstrecken*
Wie wird die eingesetzte Logistik bewertet?	*Forschungsschiff Kat. 2*
Werden Schutzgebiete ASPAs betreten?	*n/a*
Sonstiges:	
Bewertung der Gesamtaktivität	*Kat. 2; Das Ergebnis bleibt jeweils eine Einzelfallentscheidung.*
Begründung:	*§ 3 Abs. 4 Nr. 2-5 AUG; § 17 Abs. 1 Nr. 2 f)*
ggf. Auflagen und Bedingungen	*nicht in hoch diversen Schwammgesellschaften einsetzen, optische Vorerkundung; Minimierung der Hols*

Arbeitsblatt der Stufe 4; Zusammenfassung, zusätzlicher Fragenkatalog, abschließende Bewertung

3 Ergebnis und Anwendung der Bewertungsmethode

3.1 Methoden und Geräte der Meeresforschung

3.1.1 Einleitung

Der Antarktische Kontinent ist von einem Ringozean umgeben, der ca. 20 Mio. km² umfasst und sich durch vergleichsweise tief liegende Kontinentalschelfe auszeichnet. Die Ausdehnung des Meereises unterliegt starken saisonalen Schwankungen von ca. 4 bis 20 Mio. km². Somit ist der überwiegende Teil des Meereises einjährig. Vom Inlandeis werden Schelfeisplatten auf das Meer hinausgedrückt und bilden Eisschelfe, welche die marinen Küstenlebensräume überdecken. Ross- und Filchner-Ronne-Schelfeis umfassen jeweils mehr als 400.000 km².

Autochthone menschliche Einflüsse auf diese Meeresumwelt können durch Forschung, Tourismus, begrenzte Ressourcennutzung sowie die damit verbundene Logistik erfolgen. Ressourcennutzungen beschränken sich auf Fischereiaktivitäten, die in der Antarktis dem Übereinkommen zum Schutz der lebenden Meeresschätze der Antarktis (CAMLR Convention) unterliegen und hier nicht erfasst sind.

Das Gesetz zum Schutz der Robbenbestände in der Antarktis (CCAS) verbietet den Fang und die Tötung von Robben, z. B. für kommerzielle Zwecke, bietet aber die Möglichkeit eine Erlaubnis zum Fang und zur Tötung von Robben für wissenschaftliche Zwecke zu erteilen (siehe Kapitel 3.2).

Küstennahe Forschung der Meeresumwelt konzentriert sich vor allem auf die Antarktische Halbinsel und die vorgelagerten Inseln. Hier sind die Brutgebiete von Seevögeln und marinen Säugern sowie die höchste Dichte der Forschungsstationen zu finden. Monitoring und Forschung zu den Folgen des Klimawandels, der Forschung selbst sowie zu den Folgen des Tourismus auf die Schutzgüter haben hier zunehmend an Bedeutung gewonnen.

Die globale Klimaforschung hat die Antarktische Halbinsel und die Bellingshausen-See als eines von mehreren Gebieten identifiziert, die gegenwärtig schnellen regionalen Klimaänderungen ausgesetzt sind (Clarke *et al.*, 2012). Messung, Monitoring, Modellierung und Untersuchung von Klimaerwärmung und Ozeanversauerung sowie deren Effekte auf die Meeresumwelt stehen im Fokus aktueller Antarktisforschung. Marine Organismen werden auf Toleranzmuster gegenüber Umweltveränderungen untersucht.

Die Kenntnis über das marine Arteninventar in der Antarktis wird ständig erweitert. Vor einer Dekade wurde der Artenreichtum der Makrofauna auf den antarktischen Schelfen auf mehr als 17.000 Arten geschätzt. Die marine Wirbellosen-Fauna zeichnet sich dabei durch einen hohen Anteil endemischer Arten aus. Dieser kann bei einzelnen Taxa › 80 % betragen. Insbesondere die rasche Erwärmung der Antarktischen Halbinsel ist Anlass für die systematische Erfassung biogeografischer Informationen. Im Rahmen des CAML (*Census of Antarctic Marine Life*), eines Teils des globalen *Census of Marine Life*, wurden über 8.100 Arten gelistet und in OBIS (*Ocean Biogeographic Information System*) und dem SCAR-MarBin (*Scientific Committee on Antarctic Research Marine Biodiversity Information Network*) „*Register of Antarctic Marine Species*“ (RAMS) zusammengetragen (De Broyer & Danis, 2010). Der von SCAR herausgegebene *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean* stellt eine Synthese dieser Bemühungen und des Internationalen Polarjahres 2007-08 dar.

In der letzten Dekade sind hydrothermale Aktivitäten und Methanquellen (*cold seeps*) in der Bransfield-Straße und im Weddellmeer entdeckt worden. Weitere Entdeckungen solcher auf Chemosynthese basierenden Lebensgemeinschaften werden erwartet.

Die zentrale Rolle des Krills im Ökosystem der Antarktis spiegelt sich in der internationalen marinen Antarktisforschung wider (Flores *et al.,* 2012a, b, Meyer & Auerswald, 2014, Seear *et al.,* 2012, Tarling *et al.,* 2012). Die eingesetzten Forschungsmethoden sind dabei sowohl klassisch als auch mo-

dern hoch technisch; das im Oktober 2013 beendete Winterexperiment des FS Polarstern zum Lebenszyklus des Krills nutzte sowohl Taucharbeiten von mehrtägigen Eiscamps aus als auch ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge (*remotely operated vehicles,* ROV; Meyer & Auerswald, 2014).

Zusätzlich zu klassischen und schiffsgestützten Geräten für Messungen und Probenahmen (vgl. Kapitel 3.1.2.2) werden zunehmend Unterwasser-Plattformen mit veränderlicher Nutzlast eingesetzt, die den aktuellen Fragestellungen angepasst werden können. Dazu zählen die o. g. ROVs oder autonom operierende Unterwasserfahrzeuge (*autonomous underwater vehicle*, AUV) sowie Treibbojen (*Floats*), Glider, Driftbojen, Lander und Verankerungen (Kapitel 3.1.2.6.2 ff.). Die Logistik dieser Geräte erfordert den Einsatz hydroakustischer Geräte zur Vermessung, Positionierung, Navigation und Kommunikation. Zur Erkundung und Kartierung wenig bekannter Seegebiete werden profilierende Echolotsysteme zunehmend routinemäßig eingesetzt. Regionale Hydrografie und Dynamik der Eisbewegungen werden mit Hilfe von Beobachtungsnetzwerken aus automatisierten Treibbojen in Verbindung mit satellitengestützter Fernerkundung untersucht. Auswirkungen aktiver akustischer Verfahren auf Vögel und Säuger sind ebenfalls Gegenstand der Forschung.

Passive akustische Sensorik (Hydrophone) kommt zunehmend zum Einsatz, um die Verteilung und Wanderungsbewegungen mariner Säuger auch in eisbedeckten Gebieten besser verfolgen zu können. Eine aktuelle Studie ergab beispielsweise, dass Buckelwale in antarktischen Gewässern überwintern können (van Opzeeland *et al.*, 2013).

Die aktuellen technischen Möglichkeiten bergen sowohl neue Chancen als auch Risiken für den Umweltschutz in der Antarktis. Durch den Einsatz von autonom agierenden Plattformen können Einsatzzeit und -gebiet durch koordinierte regionale Einsätze bis zu einer globalen Skala ausgedehnt werden. Die systematische, großskalige und längerfristige Erfassung von Umweltbedingungen wird unter dem Begriff „operationelle Ozeanographie“ zusammengefasst. Das internationale ARGO-Netzwerk umfasst knapp 4.000 frei driftende profilierende Einheiten, die Temperatur und Salinität bis in 2.000 m Wassertiefe messen (http://www.argo.ucsd.edu; aufgerufen am 28.04.2016).

Die Modularität und breite Kombinierbarkeit wissenschaftlicher und logistischer Geräte ermöglichen maßgeschneiderte Lösungen für die jeweilige Fragestellung und das Einsatzgebiet. Schallsignale spielen dabei eine wesentliche Rolle, sowohl zur Gerätekommunikation als auch zur Datengewinnung. Mögliche Auswirkungen akustischer Signale auf marine Organismen, insbesondere Meeressäuger, in der Antarktis sind noch wenig bekannt. Hier besteht dringender Forschungsbedarf nicht nur in Bezug auf die biologischen Auswirkungen, sondern ebenso in Bezug auf die Quellen: bekannte Gerätedetails lassen nicht immer eine Abschätzung des akustischen Belastungspotentials zu.

3.1.2 Bündelung, Beschreibung und Bewertung von Forschungsmethoden

In diesem Kapitel werden marine Forschungsmethoden und -geräte zusammengefasst, die sich auf die Untersuchungen der belebten (biotischen) als auch der unbelebten (abiotischen) Komponenten der Meeresumwelt beziehen. Der Wissensstand bezüglich der Auswirkungen hydroakustischer Forschungsmethoden ist derzeit nicht ausreichend für eine einsatzunabhängige vorläufige Bewertung zur Anwendung in der Genehmigungspraxis. Aus diesem Grund ist die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Modellierung zu den Auswirkungen hydroakustischer Forschungsmethoden - anhand gesetzter Rahmenbedingungen – und die Anwendung der Bewertungsmethode in einem unveröffentlichen Berichtsteil zusammengefasst. Die anderen Methoden und Geräte der marinen Ökosystemforschung werden in der vorliegenden Studie entsprechend ihrer Charakteristik, ihres Einsatzbereiches und potentieller Umweltauswirkungen gebündelt (Stufe 1; Kapitel 2.2.1). Untersuchungen an marinen Endothermen (Wale, Robben und Vögel) werden in Kapitel 3.2 betrachtet.

Eine grundsätzliche Beurteilung der Auswirkungen von Forschungsaktivitäten auf die Meeresumwelt erfolgt nach § 3 Abs. 4 AUG in Verbindung mit § 4 Abs. 3 AUG. Zur Erhaltung der antarktischen Tier-

und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Weiterhin sind im Einzelfall die §§ 21 ff. AUG zu berücksichtigen.

Sowohl die beabsichtigten Wirkungen als auch methodentypische unbeabsichtigte Wirkungen können zur Interaktion mit den Schutzgütern nach § 3 Abs. 4 AUG führen. Bei Fanggeräten und Netzen ist dies die Entnahme bestimmter Zielorganismen einschließlich potentieller Beifänge, bei Greifern, Corern und Wasserschöpfern die Entnahme einer Probe des Habitats inklusive der enthaltenen Organismen. Verankerungsketten und Absatzgestelle (*Lander*) sind oft mit Grundgewichten ausgestattet, die bei Wiederaufnahme der Geräteträger am Meeresboden verbleiben (§§ 21 ff. AUG). Die Schalleigenschaften hydroakustischer Verfahren können zur unbeabsichtigten Beeinträchtigung mariner Säuger und weiterer Fauna führen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG; § 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG).

Bei Geräten mit bekannten Eigenschaften, minimalen Probenmengen oder nicht messbaren Einwirkungen auf die Meeresumwelt und weitere Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG kann eine vorläufige Bewertung bereits ohne Kenntnis der Einsatzparameter vorgenommen werden. Weiterhin relevante Kriterien – z. B. Anzahl der Hols, Dauer, eingesetzte Logistik - gehen in die nachfolgenden Stufen des Bewertungsschemas ein (Kapitel 2.2.3/Stufe 3– Kapitel 2.2.4/Stufe 4).

3.1.2.1 Forschungstauchen

Taucheinsätze werden im Flachwasser und in Untereis-Habitaten als Methode zur gezielten Probenahme und für *in situ*-Beobachtungen und -messungen eingesetzt. Die Übernahme wissenschaftlicher Aufgaben unter Wasser erfolgt durch ausgebildete und geprüfte Forschungstaucher. Einsätze sind von Land, schiffs- oder bootsgestützt und vom Meereis aus möglich. In der Regel ist dafür logistische Unterstützung durch Boote oder Skidoos und Kompressorbetrieb zum Füllen der Tauchflaschen erforderlich (Kapitel 3.5.3.22und Kapitel 3.5.3.21). Gelegentlich werden Eiscamps errichtet, die den Forschungstauchern als Ausgangspunkte für die Untersuchungen unter dem Eis dienen. Größere Schneefahrzeuge werden gelegentlich auf Eisschollen eingesetzt, um Zugänge für die Taucher anzulegen. Die potentiellen Umweltbeeinträchtigungen der unterstützenden Logistik werden in Kapitel 3.5.3.18 beschrieben und vorläufig bewertet.

Passive Akustik (Hydrophone) bietet bei Taucharbeiten einen zusätzlichen Sicherheitsaspekt, da Seeleoparden, die Tauchern gefährlich werden können, vor geplanten Tauchgängen detektiert werden. Es sollte nicht getaucht werden sofern sich Robben im Wasser befinden.

Forschungstauchen kann als Mitigationsmaßnahme für invasive Probenahmen oder Geräteeinsätze dienen, da Arbeiten sehr gezielt durchgeführt werden können. Mögliche negative Auswirkungen auf Benthos-, Plankton und Untereisorganismen können durch Aufwirbelung von Sediment (unzureichendes Tarieren, Flossenschlag etc.) hervorgerufen werden. Es sollte nicht getaucht werden, wenn marine Warmblüter im Wasser zu sehen sind, um deren Beunruhigung zu vermeiden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Forschungstauchen kann aufgrund von Resuspension von aufgewirbelten Sediment sich auf die Meeresumwelt auswirken (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 AUG) führen. Diese Auswirkungen sind jedoch sehr kurzfristig, sehr kleinräumig und von einer nicht messbaren Intensität. Daher sind die Auswirkungen insgesamt als weniger als geringfügig oder vorübergehend einzustufen.

Weitere Auswirkungen können durch die eingesetzte Logistik zum Erreichen und bei der Einrichtung des Tauchplatzes entstehen (Forschungsschiffe, kleine Boote, Eisbagger, Feldeiscamp, Generatoren; Kapitel 3.5).

3.1.2.2 Geräte zur Probenahme

3.1.2.2.1 Greifer und Kernbohrer (*Corer)*

Mit Greifern und Kernbohrern werden Proben des Meeresbodens und der darin enthaltenen Organismen entnommen. Je nach Einsatzzweck, Forschungsziel und Bodenbeschaffenheit werden Corer mit einer großen Eindringtiefe, Kasten- oder Backengreifer oder Multicorer zur Mehrfachbeprobung eingesetzt. Greifer und Corer werden schiffsgestützt eingesetzt (Kapitel 3.5.2.4).

Schwere- und Kolbenlot dienen der Gewinnung von ca. 20 m langen Sedimentkernen mit Durchmesser von 5-13 cm aus dem weichen Meeresboden zur geologischen, paläontologischen und paläo-ozeanografischen Analyse. Die Analyse von Mikrofossilien (Diatomeen, Foraminiferen) gibt beispielsweise Aufschluss über die Klimageschichte. Lote werden durch ihr Eigengewicht (ca. 1,5-3 t) in das Sediment gedrückt, wenn diese möglichst schnell vom Schiff herabgelassen in den Meeresboden rammen. Im Inneren des Stahlrohres befindet sich ein weiteres Rohr, das die eigentliche Kernprobe enthält. Das Sediment innerhalb des Kernrohres wird beim Eindring- und Ziehvorgang durch Unterdruck in Position gehalten.

Modifikationen wurden für spezielle Einsatzzwecke entwickelt (z. B. dynamisches Autoklav-Kolbenlot des MARUM für den Einsatz in gashydrathaltigen Sedimenten). Bei Kernlängen von mehr als 6 m wird häufig mit einem Kernabsatzgestell gearbeitet, welches an der Bordwand des Schiffes befestigt ist und einen gefahrlosen Einsatz ermöglicht.

Multicorer werden zur Mehrfachbeprobung von üblicherweise 8, 10 oder 12 Stechkernen eingesetzt. Die gewonnenen Sedimentkerne dienen der Untersuchung der Mikroflora, der Nano- und Meiofauna, sedimentologischer und biogeochemischer Parameter. Die Sedimentkerne haben im Idealfall eine ungestörte Oberfläche.

Bodengreifer (Backengreifer, Großkastengreifer, Multi-Kastengreifer) entnehmen einen Teil des Meeresbodens. Die Greiferproben dienen zur Analyse der Sedimentcharakteristika, der benthischen Makrofauna (Infauna) und Mikroorganismen.

Auswirkungen auf Benthosgemeinschaften: Geräteeinsätze haben die Entnahme von Sediment und den enthaltenen Organismen zum Ziel, daher kommt es zur Veränderung oder Zerstörung des Habitats auf einer sehr geringen Fläche in der maximalen Ausdehnung des Absatzgestells bei Multicorer und Kastengreifer. Negative Wirkungen auf die Meeresumwelt beinhalten die Entnahme des Substrates einschließlich der darin enthaltenen Organismen selbst sowie die Resuspension von Oberflächensedimenten durch den Geräteeinsatz.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Meeresumwelt und Tierarten oder deren Populationen in Hinblick auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Es sind durch die Einzelwirkungen (Entnahme benthischer Organismen, Habitatzerstörung, Resuspension, Scheuchwirkung) Auswirkungen auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG zu besorgen. Diese sind von mittlerer Intensität, sehr kurzfristig und sehr kleinräumig. Kumulative Effekte können einsatzbedingt auftreten. Bei einer hohen Anzahl der Einsätze auf begrenztem Raum sind Mitigationsmaßnahmen wie videogestützter Einsatz von Multicorern und Greifern zum gezielten Absatz/ Absetzen auf dem Meeresboden und optische und ggf. akustische Vorerkundung zu empfehlen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Durch die gezielte und in der Menge geringe Entnahme von Benthosorganismen, Habitatstörung, Scheuchwirkung während der Probenahmen sind keine erheblichen nachteiligen Veränderungen des Lebensraumes der Arten oder Populationen von Wirbellosen oder Fischen zu erwarten (§ 17 Abs. 1 Nr. 1, Nr. 2 f AUG).

Weitere Auswirkungen können durch die eingesetzte Logistik zum Erreichen und bei der Einrichtung des Tauchplatzes entstehen (Forschungsschiffe, kleine Boote, Eisbagger, Feldeiscamp, Generatoren; Kapitel 3.5).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **unbedenklich (Gruppe A)** eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.1.2.2.2 Geschleppte Netze, am Boden fangend

Geschleppte Netze dienen der Entnahme von Organismen und Substrat im Wasser, unter dem Eis und am Meeresboden.

Geschleppte Netze werden schiffsgestützt eingesetzt (Kapitel 3.5.2.4). Am Boden fangende, geschleppte Netze umfassen Dredgen, Trawls und Grundschleppnetze sowie Epibenthosschlitten. Zur Bestimmung von Tiefe und Position größerer Netze (Grundschleppnetz) kann eine hydroakustische Netzsonde verwendet werden (Anhang II).

Der Epibenthosschlitten dient dem Fang kleinerer Fauna auf der Meeresbodenoberfläche. Verwendete Maschenweiten, Schleppgeschwindigkeiten und Schleppstrecken können je nach Einsatzzweck sehr unterschiedlich sein und dienen der Entnahme bestimmter Zielarten.

Das Agassiztrawl mit einer Netzöffnung von 3 m wird zum Fang größerer Makro- und Megafauna eingesetzt. Rahmen und Vorlaufkette dringen einige Zentimeter in den Meeresboden ein.

Das Grundschleppnetz (GSN) dient der Beprobung von Megafauna und größerer Zielarten. Es ist in der Tiefe einsetzbar und gilt bislang als alternativlos für die Beprobung einiger Bodenfischarten. Ein GSN kann über 40 m lang sein und wird hinter dem Schiff auf dem Meeresboden geschleppt. Die Maschenweite im Steert kann unterschiedlich sein, beträgt für wissenschaftliche Fänge z. B. 2 cm. Ein Rollengrundtau schützt das Netz vor Beschädigungen. Schleppnetze können von einem oder mehreren Schiffen aus gefahren werden.

Das 2003 begonnene Langzeit-Forschungsprojekt BENDEX II beschäftigt sich mit dem Thema der Wiederbesiedlung und Erholung gestörter Benthosgemeinschaften (Arntz & Brey, 2005, Arntz & Gerdes, 2009). In der Antarktis werden regelmäßig 15-20 %, lokal bis zu 50 %, des Schelf-Areale von den Unterseiten riesiger Eisberge abgeschliffen und die Bodenfauna zerstört. Im Zuge des Klimawandels wird es voraussichtlich zu häufigeren Schelfeislösungen kommen, die als Eisbergkratzer zu einer Zunahme der natürlichen Störung der benthischen Gemeinschaften führen. Die Simulation des Eisbergkratzers im Experiment zur kontrollierten Analyse der verschiedenen Stadien der Wiederbesiedlung wurde in einem abgesteckten Gebiet mit schweren Trawls durchgeführt.

Das Untersuchungsareal zeigt noch nach acht Jahren einen deutlichen Kontrast zu den unmittelbar benachbarten, dicht besiedelten Schelfgebieten. Nur erste Pionierarten wie Bryozoen, Seegurken und kleine Schwämme sind zurückgekehrt (Knust *et al.*, 2012). Die biologische Konsequenz des Einsatzes schwerer grundberührender Geräte wie GSN und Agassiz-Trawl auf benthische und demersale Fische gleichermaßen wirkt wie das Kratzen eines Eisberges: Reduktion der Biomasse, Änderung von Anzahl der Arten und Zusammensetzung der Fauna (Gerdes *et al.*, 2009). Die Wiederbesiedlung erfolgt in verschiedenen Zeitskalen, wobei sessile Fauna wie Glasschwämme nachhaltiger negativ beeinflusst sind als opportunistische mobile Arten (Gerdes *et al.*, 2009). Die Wiederbesiedlung auf dem antarktischen Schelf und Ablösung der Pionierarten durch höhere Sukzessionsstufen ist ein extrem lang andauernder Prozess.

Das Ausmaß der Auswirkungen geschleppter Geräte auf die Bodenfauna und weitere Schutzgüter ist abhängig von der Bodenbeschaffenheit, der Größe und Maschenweite des Netzes und der geschleppten Strecke. Neben der Entnahme der Fauna selbst kann es durch den Geräteeinsatz zu Habitatstörung bis -zerstörung, Resuspension der Oberflächensedimente teilweise durch die gesamte

Wassersäule und Vergrämung (Scheuchwirkung) von Organismen kommen. Eine ausführliche Diskussion dieser Geräte findet sich bei Carstens *et al*. (1999, S. 158 ff).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende bis geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die Geräteeinsätze haben Auswirkungen auf die Wasserqualität (Resuspension), Meeresumwelt (Entnahme von Organismen, Habitatstörung, Resuspension) und auf die Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen (Entnahme, Habitat(zer)störung, Resuspension, Vergrämung) (§ 3 Abs. 4 Nr. 2-5 AUG).

Epibenthoschlitten und kleine Dredgen erzeugen schmale Schleppspuren („weniger als geringfügig"), geringe Zerstörungs- und Resuspensionseffekte (kleinräumig zeitlich begrenzt). Epibenthosschlitten werden auf ebenem, gleichförmigem Untergrund (Weichboden, keine größere sessile Fauna wie z. B. in Kalkschwämme) eingesetzt, daher werden die Auswirkungen als vorübergehend beurteilt.

Bei den größeren Trawls und Grundschleppnetzen sind potentielle Einwirkungen stark von den Einsatzbedingungen abhängig; potentiell sind bei deren Einsatz in der Antarktis mindestens geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen zu besorgen. Reale Auswirkungen eines Grundschleppnetz-Einsatzes auf Benthosgemeinschaften und ihr Habitat sind von Netzöffnung, Schleppstrecke, der Art der Gemeinschaft und deren Reproduktionsmuster im Einsatzgebiet abhängig. Daher kann eine vorläufige Bewertung ohne Kenntnis der Einsatzbedingungen und Zielgebiete nicht abschließend vorgenommen werden. Als mögliche Mitigationsmaßnahmen sind optische Vorerkundung, Beschränkung der Schleppzeit am Grund auf 10-15 min und ein Rollengrundtau am GSN bekannt. Das GSN und die potentiellen Auswirkungen werden im Fallbeispiel Kapitel 3.1.3.1 diskutiert.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Entnahme von Benthosorganismen; Habitatstörung, Scheuchwirkung/ Vergrämung; § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG).

Die Wirkung auf den Lebensraum ist stark orts- und einsatzabhängig und ggfs. zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang sind die Größe und Maschenweite des Netzes, Schleppstrecke, die Art der Gemeinschaft und deren Reproduktionsmuster im Einsatzgebiet von Relevanz. Daraus können sich ggfs. Auflagen ableiten.

Es bestehen Wissenslücken über Reproduktionsmuster benthischer Organismen und Wiederbesiedlungsraten der Lebensgemeinschaften auf zerstörter Meeresbodenoberfläche.

3.1.2.2.3 Geschleppte Netze, im Wasser und unter dem Eis fangend

Im Wasser und unter dem Eis eingesetzte Netze dienen der Beprobung von Phyto- und Zooplankton und der Untereisfauna. Dazu gehören das Apstein-Netz, das Bongo- und das Multinetz. Im Freiwasser fangende Netze werden schiffs- oder bootsgestützt eingesetzt (Kapitel 3.5.3.7).

Das *Surface Underice Trawl* (SUIT) wurde an die speziellen Bedingungen der Probenahme unter dem Eis angepasst.

Das Bongonetz dient dem Fangen von Planktonproben und Fischlarven von der Tiefe bis an die Oberfläche. Es ist sowohl horizontal als auch vertikal fahrbar.

Das Multinetz ist ein Mehrfachschließnetz zur vertikalen und horizontalen Probenahme. Mit dem Multinetz gewonnene Proben dienen zur Bestimmung von Abundanz, Zusammensetzung und vertikaler Verteilung des Planktons.

Durch den Einsatz von Plankton- und Untereisnetzen kommt es i.d.R. zur minimalen Interaktion mit der Meereswelt, ohne das negative Auswirkungen auf Wasserqualität oder Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen zu besorgen sind. Untereisfauna wird über eine geringe Flächenausdehnung entnommen. Die quantitative Entnahme von Krill für Fischerei und Forschungszwecke unterliegt CCAMLR und wird hier nicht berücksichtigt.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund der Entnahme von Organismen die Meeresumwelt und Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4, 5 AUG).

Die geschleppten Netze nehmen zeitlich begrenzt sehr kleine Probenmengen (durchschnittlich ca. 0,25 kg pro Netzfang) in einem im Vergleich zum Gesamtwasserkörper kleinräumigen Areal. Diese Entnahme ist im Allgemeinen so gering, dass keine nachteiligen Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen sowie keine zusätzlichen Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen zu besorgen sind.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG ist einsatzabhängig zu berücksichtigen, es können ggf. Auflagen für den Einsatz der Geräte abgeleitet werden. Es sind die Größe der Netzöffnung, die Schleppdauer, die Art und Zusammensetzung des Planktons im Einsatzgebiet sowie die Gesamtanzahl der Fänge zu berücksichtigen.

3.1.2.2.4 Stationäre Netze und Fanggeräte, am Boden aufsetzend

Reusen und Köderfallen sind ortsfest und werden zur gezielten Entnahme von Fischen oder frei beweglichen Wirbellosen eingesetzt. Beködert können Räuber und Aasfresser gefangen werden, z. B. Amphipoden. Reusen und Köderfallen können als Einzelgeräte oder auf Plattformen (wie z. B. einem Tiefsee-Lander) eingesetzt werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Meeresumwelt und Tierarten oder deren Populationen (Entnahme von Organismen) in Hinblick auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Stationäre Fangvorrichtungen fangen abzählbar wenige Organismen (Fische, benthische Wirbellose) über einen zeitlich begrenzten Zeitraum. Auswirkungen auf die Meeresumwelt sind nicht messbar. Beim Einsatz chemischer oder akustischer Lockmittel sind deren Eigenschaften in der Bewertung zu berücksichtigen.

3.1.2.2.5 Geräte zur Probenahme: Wasserprobennehmer

Separate Wasserschöpfer (z. B. Niskin), Kranzwasserschöpfer und Bodenwasserschöpfer dienen der Entnahme von Wasserproben zur biologischen, biogeochemischen oder meereschemischen Untersuchung.

Kranzwasserschöpfer bestehen aus einem zylinderförmigen Gestell mit einer Anordnung von Einzelschöpfern („Rosette“, „Karussell“), kombiniert mit einer CTD (*Conductivity – Temperature – Depth*) zur Messung ozeanografischer Parameter. Die Wasserschöpfer einer Rosette können über ein Einleiterkabel separat geschlossen werden und so in einem Hol Wasserproben aus verschiedenen Wassertiefen gewinnen.

Bodenwasserschöpfer sind für die Beprobung der bodennahen Wasserschicht an einem Absatzgestell befestigt.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Meeresumwelt (Entnahme von Wasser) und unbeabsichtigt die Entnahme von Organismen (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Der Einsatz der Geräte und die Entnahme von Wasserproben stellen eine minimale Interaktion mit der Meeresumwelt und planktischen Lebensgemeinschaften dar, da die Probenmengen sehr klein sind.

Einzelne Wasserschöpfer können schiffs-, bootsgestützt und von Eisschollen eingesetzt werden. Für den Einsatz von Kranzwasserschöpfer und Bodenwasserschöpfer sind aufgrund ihrer Größe Winden und die Einsatzlogistik eines Forschungsschiffes erforderlich.

3.1.2.3 Optische Beobachtungssysteme

Hier sind geschleppte oder abgesetzte Foto- und Videokamerasysteme zur Erkundung und Dokumentation von Unterwasserhabitaten zusammengefasst (bildgebende Verfahren).

Da die Entwicklung digitaler Kamerasysteme rasch vorangeschritten ist, sind konventionelle Kameras überwiegend durch digitale Systeme ersetzt worden.

Größere Kamerasysteme und Absatzgestelle benötigen ein Forschungsschiff mit geeigneten Winden für den Einsatz. Kleinere Kameras und ROV-Systeme sind auch land- oder eisgestützt einsetzbar.

OFOS (*Ocean Floor Observation System*) wird routinemäßig in den Polargebieten eingesetzt und bis zu mehrere Kilometer in ca. 1,5 m Abstand zum Meeresboden geschleppt. Es gibt keine geplante Bodenberührung. Das Kamerasystem wird für biologische und geologische Videoüberwachungen des Meeresbodens eingesetzt. Es ist mit Lampen, Energieversorgung und Telemetrie ausgestattet. Die Kamerasysteme werden nach Bedarf aktualisiert. Das ca. 1 t schwere und 2 m^3 große OFOS (Maße: 140 cm x 92 cm x 135 cm, L x B x H) liefert Videos und Fotos vom Meeresboden sowie Daten zur mittelskaligen Variabilität und Besiedlung des Meeresbodens. Die Transekte umfassen zwischen 100 Meter bis wenige Kilometer und werden im Verlauf einer Expedition mit Benthos-Schwerpunkt z. B. an 20-25 Stationen durchgeführt. Sehr häufig ist der Einsatz optischer Systeme heute mit der Anwendung akustischer Positionierungssysteme kombiniert, um die exakte Strecke des geschleppten Gerätes zu kennen.

Kamera-Absatzgestelle (SPY, REMOTS) ermöglichen in Kontakt mit dem Meeresboden eine lokale Erkundung einzelner Meeresbodenhabitate (ca. 1 m^2). Die Systeme bestehen aus einem Metallrahmen als Gerüst für Kamera, Lichtquellen und ggf. Energieversorgung.

Gerätegebundene Videosysteme sind an anderen Geräten befestigt, z. B. an einem TV-Greifer oder Multicorer (Video-MUC), und dienen sowohl dem gezielten Geräteeinsatz als auch der lokalen Erkundung.

Optische Vorerkundung in wenig bekannten Gebieten kann der Optimierung und der Mitigation von Auswirkungen von Untersuchungsmethoden, die zur Probenahme eingesetzt werden sollen, dienen. Beispiele dafür bieten Greifer- und Trawleinsätze sowie Einsatzorte von Landern und Verankerungen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Meeresumwelt (Vergrämung durch Licht, Bewegung, ggf. Resuspension und Habitatstörung) und Tierarten oder deren Populationen hinsichtlich derer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Optische Systeme stellen minimalinvasive Methoden der Meeresbodenerkundung dar. Potentielle Interaktionen mit der Umwelt ergeben sich durch Lichtquellen, Präsenzbewegung des Gerätes und Energieversorgung sowie die zur Navigation und Positionierung notwendigen hydroakustischen Geräte. Der Einsatz ist zeitlich begrenzt und auf Transekte begrenzt (z. B. auf einen Zeitraum von 2-4 Std. und eine Strecke von 1-2 sm). Die Einsätze erfolgen bei driftendem Schiff mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,5 kn Fahrt des Schiffes über Grund. Aufgrund der zeitlich begrenzten Einsätze ist eine schädliche Interaktion mit der Meeresumwelt durch Scheinwerfer oder defekte Batterien (Leckagen) unwahrscheinlich.

Betroffenheit § 17 AUG

Bei gleichzeitigem Einsatz akustischer Positionierungsgeräte oder anderer Geräte ist die vorläufige Bewertung entsprechend den Auswirkungen dieser auf die Schutzgüter gemäß § 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG anzupassen. Das gilt ebenso, wenn das optische Beobachtungssystem als Trägerplattform für weitere Messverfahren genutzt wird. In diesem Fall sind die potentiellen Auswirkungen der Sensorik bei der Bewertung unbedingt zu berücksichtigen. Entsprechend sind die Auswirkungen der Schallemissionen auf Meeressäuger durch die Einsätze eines Sonars zur Früherkennung von Hindernissen und eines Altimeters zur Bestimmung des Abstandes des Unterwasserfahrzeugs über dem Meeresboden zu berücksichtigen. Daraus können sich ggfs. Auflagen ableiten.

Es bestehen Wissenslücken hinsichtlich der potentiellen Auswirkungen der akustischen Postitionierungsverfahren (vgl. Anhang II).

3.1.2.4 Sensoren/Messeinheiten der nicht aktiven akustischen Nutzlast (*payload*)

Sensoren und Messsysteme werden als Nutzlast auf Unterwasserplattformen und Geräteträgern eingesetzt (vgl. Kapitel 3.1.2.6) und dienen der Erfassung physikalischer und chemischer Parameter. Messeinheiten können z. B. CTD´s, Sauerstoff-, Schall- und Nitrat-, Fluoreszenz- und Licht- (PAR- *Photosynthetic Active Radiation*) sowie Sauerstoff-, Methan- und Nährstoffsensoren sein. Sensorik ist flexibel einsetzbar und kann schiffs- und bootsgestützt, an Geräten wie ROVs montiert, manuell vom Meereis, im Flachwasser oder mobil von Hubschraubern eingesetzt werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind Wasser und die Meeresumwelt (Entnahme von Wasser und unbeabsichtigt die Entnahme von Organismen) (§ 3 Abs. 4 Nr. 2 und 3 AUG).

Die minimalen Interaktionen (Präsenz, Messvorgang) mit dem Wasser und der Meeresumwelt finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich kurz befristet. Es sind keine negativen Auswirkungen auf die Schutzgüter zu besorgen.

Die eingesetzte Logistik können ein Forschungsschiff, kleine Boote oder Helikopter sein.

3.1.2.5 Akustisch aktive Nutzlast

Als Nutzlast werden akustisch aktive Geräte wie Auslöser, ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) zur Messung vertikaler Wasserströmung, Echolot- und Positionierungssystem u. v. a. eingesetzt. Die potentiellen Auswirkungen sind sehr stark von den Einsatzbedingungen abhängig und betreffen v. a. marine Warmblüter (Anwendung der Bewertungsmethode bei gesetzten Rahmenbedingungen in Anhang II).

3.1.2.6 Unterwasserplattformen mit Nutzlast

3.1.2.6.1 Trennung von Unterwasserplattformen und Nutzlast

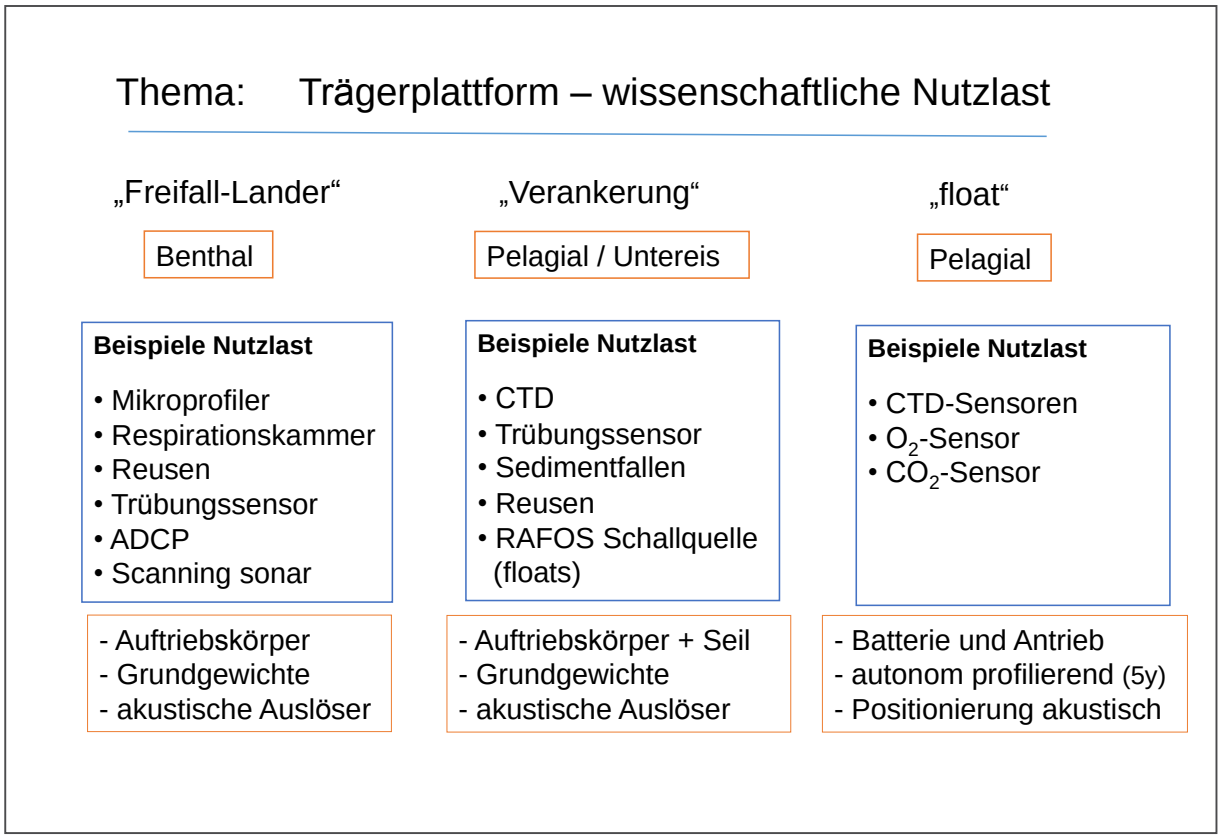
Geräteträger und Unterwasserplattformen können je nach Einsatz mit unterschiedlichen Geräten und Probennehmern (Nutzlast, engl. *payload*) bestückt werden. Diese aus wissenschaftlicher und logistischer Sicht gewünschte Modularität und Kombinierbarkeit der Forschungsgeräte und Hilfsmittel macht eine entsprechende Zuordnung für eine Methodenübersicht sinnvoll. Die technischen Parameter der einzelnen Geräteträger, grundlegende Logistik und typische Einsatzbedingungen können separat beschrieben werden, da sie im Allgemeinen unabhängig von der Nutzlast sind.

Interaktionen mit der Meeresumwelt sind von der Kombination Trägerplattform/Nutzlast und den jeweiligen aktuellen Einsatzbedingungen abhängig. Dies betrifft zum Beispiel ferngesteuerte (ROVs) oder autonom operierende Unterwasserfahrzeuge (AUVs, Gleiter, Floats) sowie Absatzgestelle (Lander), Bojen, Verankerungsketten und Untersuchungsplattformen.

Die Trägerplattformen wurden daher in der Übersicht mit typischen Nutzlasten gruppiert (Abbildung 2). Bei fortschreitend technischer Entwicklung können weiter entwickelte und neue Geräte den potentiellen Einsatzplattformen zugeordnet werden.

Verankerungen, Freifall-Lander und Floats können ebenfalls mit einer Reihe von Sensoren, Probennehmern und akustischen Geräten bestückt werden. Exemplarisch sind im Folgenden einige Unterwasserplattformen mit Nutzlast beschrieben.

Abbildung 2: Unterteilung der eingesetzten Forschungsgeräte in Trägerplattform und wissenschaftliche Nutzlast



3.1.2.6.2 Unterwasserplattformen mit Nutzlast

3.1.2.6.2.1 Plattformen am Boden aufsetzend

Ein Freifall-Lander ist ein Absatzgestell, das auf den Meeresboden absinkt. Er dient als Trägerplattform, mit deren Hilfe wissenschaftliche Untersuchungsgeräte (Nutzlast) auf den Meeresboden transportiert und wieder geborgen werden können. Ein Lander besteht aus einem drei- oder mehrbeinigen Rahmen aus Edelstahl. Das Gewicht ist unterschiedlich, beträgt z.B. beim GEOMAR-Modell 600 kg. Der Lander ist mit Auftriebskugeln und einem akustischen Auslösemechanismus zur Wiederaufnahme des Gerätes bestückt. Die Stromversorgungseinheit (z. B. NiCd-Batterien) dient zur Versorgung der Sensoren, Datenaufzeichnung und Auslösung. Die Bodengewichte/Ballastplatten verbleiben nach Auslösung am Meeresboden. Häufige Nutzlast sind z. B. benthische Kammern, akustische Strömungsmesser, Foto- und Videokameras, Tiefseelampen, Wasserschöpfer und diverse Sensoren. Der Lander wird vom Schiff aus, frei fallend (ohne Kabelverbindung zum Schiff) ausgesetzt. Die Dauer des Einsatzes schwankt zwischen wenigen Tagen bis zu einem Jahr.

Eddy Correlaon System (ECS) ist eine weitere Form einer am Boden aufsetzenden Plattform. Sie dient der *in situ* Sauerstoffmessung und Messung von Strömungsgeschwindigkeiten (in einem kleinen Volumen) zur Untersuchung der Massenflüsse an der benthopelagischen Grenzschicht. Die Nutzlast ist ein Strömungssensor (*Acoustic Doppler Velocimeter*, ADV) und ein Sauerstoffsensor (O_2-Mikroelektrode).

Ozeanboden Seismometer (OBS) dient der Aufzeichnung von Schwingungen, die durch Erdbeben erzeugt werden. Ein OBS wird auf dem Meeresboden aufgesetzt, wo es selbstständig Messungen durchführt und die Daten aufzeichnet. Es kann in Zusammenarbeit mit einem Airgun eingesetzt werden (Anhang II).

Verankerungen werden auf dem Meeresboden abgesetzt und verbleiben meist mehrere Jahre in der Meeresumwelt, um ozeanographische Kennwerte zu messen. Das Bodengewicht positioniert die Verankerung. Das Ankerseil ist mit Auftriebskörpern bestückt, die das System senkrecht in der Wassersäule halten. Am Ankerseil sind Messgeräte befestigt, wie z. B. CTD, Sedimentfallen, Hydrophone, akustische Sensoren und Strömungsmessgeräte (ADCP). Eine Stromversorgungseinheit dient zur Versorgung der Sensoren, Datenaufzeichnung und Auslösung. Die Trennung von Bodengewicht und Ankerseil mit den Messeinheiten erfolgt mit Hilfe eines akustischen Signals (z. B. POSIDONIA). Das Ankergewicht bleibt auf dem Meeresboden, das Messsystem treibt durch die Auftriebskörper auf und kann vom Schiff aufgenommen werden.

Elektromagnetische Messungen werden mittels elektromagnetischer Sender und Empfänger durchgeführt, die entweder geschleppt (schiffsgestützt) oder am Boden verankert werden (Constable, 2013; Haroon *et al.*, 2016). Akustische Emissionen werden nicht durch die Messmethode selbst erzeugt, sondern im Zusammenhang mit der Positionierung des Messgerätes sowie der Auslösung der Verankerung.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Meeresumwelt (Vergrämung durch Licht, Bewegung, ggf. Resuspension und Habitatstörung) und Tierarten oder deren Populationen hinsichtlich derer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Beim Absatz der Plattform auf den Boden sind auf wenigen Quadratmetern möglicherweise Benthos und Fische betroffen. Örtliche Aufwirbelung von Sediment, Resuspension und Habitatstörung durch das Absatzgestell sind zu besorgen. Diese minimalen Interaktionen finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich kurz befristet.

Einsatzabhängig können Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen und Gebiete mit besonderer Bedeutung bestehen (§ 3 Abs. 4 Nr. 5, 6 AUG).

Aufgrund des am Boden verbleibenden Gewichtes bei der Bergung der Geräte ist § 21 ff. AUG betroffen. Das verbleibende Gewicht wird zu Abfall, der gemäß § 22 Abs.1 Nr. 8 AUG aus der Antarktis zu entfernen ist. Die Pflicht zur Entfernung gilt nicht für die zu Abfall gewordenen Grundgewichte, da deren Entfernung größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge als deren Verbleib an Ort und Stelle hätte (§ 22 Abs. 2 AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Durch die Habitatstörung, Scheuchwirkung während der Probenahmen sind keine erheblichen nachteiligen Veränderungen des Lebensraumes der Arten oder Populationen von Wirbellosen oder Fischen zu erwarten (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG).

Für die gesamtheitliche Bewertung einer am Boden aufsetzenden Plattform sind die potentiellen Auswirkungen der jeweiligen Nutzlast – z. B. akustischer Positionierungsgeräte und akustische Auslöser - zu berücksichtigen. Daraus können sich ggfs. Auflagen ableiten.

3.1.2.6.2.2 Mobile Plattformen

Moderne mobile robotische Plattformen (*Crawler*) können über Zeiträume von wenigen Tagen bis zu einem Jahr im Wasser bzw. auf dem Meeresboden verbleiben (z. B. AWI-Crawler, eigenständig agierende robotische Plattform für z. B. Sauerstoffmessungen). Der Crawler wird mit Hilfe eines videogesteuerten Launcher-Systems am Meeresboden abgesetzt. Das finale „Loslassen“ erfolgt dann durch einen elektrisch betätigten Schnellverschluss, der die mehrere Sekunden dauernde Laufzeit der sonst üblichen akustischen Auslöser vermeidet. Während des z. B. bis zu einem Jahr geplanten Einsatzes fährt das Gerät in z. B. Wochenintervallen in sehr langsamer Geschwindigkeit eigenständig, d. h. ohne Fernsteuerung kurze Strecken, um dort Messungen durchzuführen oder Fotos aufzunehmen. Zwischen den „Wachphasen“ ist der Crawler inaktiv. Am Ende des Einsatzes wird das Geräte vom Forschungsschiff akustisch geortet, vom Ballastgewicht gelöst und wieder aufgenommen. Die potentiellen Auswirkungen des robotischen ROVs sind Resuspension, Habitatstörung, akustische Auslöser und das Hinterlassen von Abfall.

ROVs (*Remotely Operated Vehicles*) erlauben detaillierte Erkundungen am Meeresboden in Echtzeitübertragung und unter dem Eis sowie gezielte Messungen und Probenahmen. Untersuchungen und Experimente können direkt auf dem Meeresboden und bei Umgebungsdruck *in situ* durchgeführt werden. Weitere Aufgaben umfassen die Unterstützung beim Aufbau integrativer Langzeit-Ozeanbeobachtungssysteme (*Ocean Observatories*) oder Bergen verlorener Messinstrumente. ROVs sind ferngesteuert über eine Kabelverbindung zu einem Schiff.

Als mobile Plattform mit eigenem Antrieb kann ein ROV mit diverser Nutzlast, beispielsweise zusätzlichen Kamerasystemen und Probennehmern bestückt werden (*setups*). ROVs sind i.d.R. mit akustischen Geräten (Multibeam, Echosounder, Transponder u. a.) kombiniert, die zur Navigation und Positionierung notwendig sind. Zur Unterwassernavigation von ROVs auf PS Polarstern wird beispielsweise das Navigationssystem POSIDONIA eingesetzt.

Der Einsatz erfolgt schiffsgestützt. Das ROV ist über ein Tiefseekabel mit dem Schiff verbunden. Beispiel für ein kleineres System ist das modifizierte ROV Typ V8Sii des AWI (Firma Ocean Modules, Gewicht 100 kg) mit einer Tauchtiefe 500 m. Es ist frei drehbar und kann von diversen Plattformen, z. B. auch kleineren Booten, eingesetzt werden.

Der Einsatz größerer ROVs stellt schiffseitig bestimmte Anforderungen an dynamische Positionierung, Größe und Stabilität des Arbeitsdecks, Hebezeuge und Energieversorgung. Beispielhaft sind

hier die Eigenschaften des ROVs „Kiel 6000“ (Gewicht 3.500 kg) aufgeführt, ein ferngesteuertes System mit einer maximalen Tauchtiefe von 6.000 m. Die Verbindung zum Schiff erfolgt direkt über stahlarmiertes Glasfaserkabel. ROV „Kiel 6000“ hat zwei Manipulatoren mit fünf bzw. sieben Freiheitsgraden, diese ermöglichen verschiedene Probenahmeprozeduren. Es ist mit digitalen Kameras auf Schwenk-Neigeköpfen zur optischen Kartierung ausgestattet. Die digitale Telemetrie (DTSTM) ermöglicht eine Echtzeitdatenübertragung im Gigabitbereich und es besteht die Möglichkeit zur Integration zusätzlicher wissenschaftlicher Sensoren und Geräte. Die Spezifikation erlaubt eine Manövrierbarkeit im Dezimeterbereich unter Strömungsbedingungen von bis zu 2 Knoten. Ein Modulschlitten (*Toolskid*) mit bis zu 100 kg Nutzlast ermöglicht den Einsatz verschiedener wissenschaftlicher Geräte.

AUVs (Autonome Unterwasserfahrzeuge, *Autonomous Underwater Vehicle*) sind unbemannte Tauchfahrzeuge mit eigenem Antrieb, die für wissenschaftliche, kommerzielle und militärische Zwecke eingesetzt werden können. In der Forschung dienen sie der profilierenden Messung physikalischer, chemischer und biologischer Parameter einschließlich biooptischer und hydroakustischer Verfahren und können mit entsprechender Sensorik als Nutzlast ausgerüstet werden. AUVs benötigen Antriebssysteme und eine Energieversorgung.

AUVs ermöglichen den Zugang zu Meeresregionen, die sonst gar nicht, nicht ungestört oder nur mit großem Aufwand erreichbar sind. Besonders geeignet sind sie für den Einsatz unter dem Eis (sowohl Meereis als auch Schelfeis). Die Einsätze eines AUVs sind i.d.R. schiffsgestützt und von der vorgegebenen Aufgabe abhängig. Meist wird diesen Fahrzeugen eine Mission vorgegeben, anhand derer sie selbsttätig nacheinander verschiedene Wegpunkte – auch in verschiedenen Wassertiefen oder Bodenabständen – abfahren. Hindernissen können sie selbständig ausweichen (Bsp.: AUV ABYSS des GEOMAR in Kiel: 3,98 m lang, Durchmesser 0,66 m, Gewicht in der Luft: 880 kg; Geschwindigkeit bis 4 kn, Standard-Sensoren: CTD, Fluorometer und Trübesensor, Sidescan Sonar 120/410 Hz, Multibeam Sonar 200/400 Hz; Lithium-Ion Batterien mit einer Reichweite bis zu 100 km). An den Wegpunkten und profilierend können unterschiedliche – ebenfalls vorprogrammierte Messungen – durchgeführt werden. Die Energieversorgung erfolgt mit Batterien, z. B. Lithium-Polymer. Am Ende eines Einsatzes, deren Dauer abhängig von der Batteriekapazität ist (wenige Stunden oder mehrere Tage), wird das AUV an einem vorprogrammierten Treffpunkt vom Mutterschiff wieder aufgenommen. Landgestütztes Aussetzen ist ebenfalls möglich.

Interaktionen mit der Meeresumwelt sind stark von der Nutzlast abhängig. Typische Nutzlast sind CTD-Sonde, Nitratsensor, Methansensor, Wasserprobennehmer, Optische Sensoren für Chlorophyll und Fluoreszenzmessung und Echolotsysteme für Kartierungen. Unter dem Eis ermöglichen AUV-Profile Untersuchungen, die sonst nur unter großem logistischem Aufwand von Bord eines Eisbrechers oder von der Eisoberfläche durchgeführt werden könnten.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Meeresumwelt (Resuspension, Habitatstörung, Scheuchwirkung) und Tierarten oder deren Populationen in Hinblick auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Beim Absatz der robotischen Plattform auf den Boden sind auf wenigen Quadratmetern möglicherweise Benthos und Fische betroffen. Örtliche Aufwirbelung von Sediment, Resuspension und Habitatstörung bei den Fahrten in Bodennähe sind zu besorgen. Diese minimalen Interaktionen finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich befristet und vorübergehend.

Beim Betrieb des ROV in Bodennähe können Benthos und Fische durch die Bewegung und Licht vergrämt werden. Außerdem kann es örtlich zu Aufwirbelung von Sediment, Resuspension und Habitatstörung durch die Propeller oder Strahlruder bei bodennahen Operationen kommen. Diese minimalen Interaktionen finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich befristet.

Beim Betrieb des AUV können Wirbeltiere im Pelagial durch die Bewegung vergrämt werden. Diese minimalen Interaktionen finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich begrenzt.

Bei mobilen robotischen Plattformen wie dem Crawler verbleibt Gewicht am Boden bei der Bergung des Gerätes (§ 21 ff. AUG). Das verbleibende Gewicht wird zu Abfall, der gemäß § 22 Abs.1 Nr. 8 AUG aus der Antarktis zu entfernen ist. Die Pflicht zur Entfernung gilt nicht für die zu Abfall gewordenen Grundgewichte, da deren Entfernung größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge als deren Verbleib an Ort und Stelle hätte (§ 22 Abs. 2 AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Durch die Habitatstörung, Scheuchwirkung während des Betriebs einer mobilen Plattform sind keine erheblichen nachteiligen Veränderungen des Lebensraumes der Arten oder Populationen von Wirbellosen oder Fischen zu erwarten (§ 17 Abs. 1 Nr. Nr. 2 f AUG).

Für die gesamtheitliche Bewertung mobiler Unterwasserplattformen sind die potentiellen Auswirkungen der jeweiligen Nutzlast – z. B. akustischer Positionierungsgeräte und akustische Auslöser - zu berücksichtigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Daraus können sich ggfs. Auflagen ableiten.

3.1.2.6.2.2.1 Autonom profilierende Plattformen

Gleiter (Glider) sind autonom profilierende Plattformen ohne eigenen Propellerantrieb, die sich über mehrere Monate hinweg über tausende von Kilometern fortbewegen können. Sie sind Tiefendrifter mit Tragflächen (Flügeln) und einer Funktionsweise nach dem Prinzip eines Papierfliegers. Sie können mittels einer Hochdruckpumpe durch die hydraulische Expansion einer mit Öl (Mineralöl) gefüllten Kunststoffblase auf- und absteigen. Diese Art der Fortbewegung ist sehr energiesparend, so dass Gleiter mehrere Monate im Einsatz sein können und dabei mehrere tausend Kilometer zurücklegen können.

Eine umweltfreundliche Form der Fortbewegung an der Wasseroberfläche ist beim Wave-Glider verwirklicht, bei dem die Wellenbewegung zur Schubbewegung genutzt wird. Glider haben eine Antenne für Satellitenkommunikation; zur Positionierung dienen GPS-Systeme. Die Batterie wiegt ca. 10 kg. Die Einsatztiefe beträgt derzeit 1.000 Meter. Es können diverse Parameter, wie Temperatur, Salinität, Tiefe, Sauerstoff und Chlorophyll a, Fluoreszenz, optische Rückstreuung tiefengemittelte Strömung und weitere Größen gemessen werden (Nutzlast). Die Messungen erfolgen sowohl horizontal als auch vertikal. Guihen *et al.* (2014) beschreiben die akustische Entdeckung von antarktischem Krill mittels Gleitern. Gleiter können sowohl einzeln als auch im Schwarm eingesetzt werden.

Floats (Treibbojen) sind ebenfalls autonom profilierende Plattformen. Sie werden passiv von Meeresströmungen mitgeführt und driften im Gegensatz zu Gleitern in einer vorbestimmten Tiefe. Durch das Umpumpen von Öl können sie ihre Dichte verändern und so durch Absinken und Aufsteigen profilierende ozeanografische Vertikalmessungen durchführen. Im Rahmen des internationalen ARGO-Programms, einem operationellen Netzwerk aus automatisierten Treibbojen, wurden im Jahr 2014 weltweit über 3.600 Floats eingesetzt. Argo-Floats driften in der Regel in 1.000 m (Parktiefe), um dann regelmäßig auf 2.000 m abzusinken und wieder an die Oberfläche aufzusteigen. Seit dem Jahr 2000 werden auf diese Weise global Temperatur, Salzgehalt und Strömungen gemessen. Die Daten werden in Echtzeit übertragen. Die Argo-Floats nutzen unterschiedliche Batterieantriebe; das Ausbringen erfolgt schiffsgestützt (z. B. http://www.german-argo.de, Mai 2015). Die Floats verbleiben nach ihrem Einsatz mehrheitlich im Ozean, wo sie auf den Meeresboden absinken.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffenes Schutzgut ist die Meeresumwelt (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 AUG). Verbleibt der Glider in der Meeresumwelt so ist § 21 ff. AUG heranzuziehen.

Mögliche Auswirkungen auf die Schutzgüter betreffen lediglich die Meeresumwelt, sind vorübergehend und zeitlich begrenzt und von einer geringen Intensität.

Die Aufnahme der Glider gelingt nicht immer, worauf sie dann in der Umwelt verbleiben. Ebenso verbleiben Floats meistens in der Umwelt. Inwieweit diese in antarktischen Gewässern oder nördlich von 60° S verbleiben, ist unbekannt (Schwegmann, 2012). Die Suche und Aufnahme hätte größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge als der Verbleib der Glidern und Floats an Ort und Stelle (§ 22 Abs. 2 AUG). Die zu besorgenden Auswirkungen sind v. a. die Toxität der Chemikalien aus den Batterien sowie geringe Mengen von Mineralöl. Die Intensität ist jedoch geringfügig in der Weite des antarktischen Ozeans.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen.

Für die gesamtheitliche Bewertung mobiler Unterwasserplattformen sind die potentiellen Auswirkungen der jeweiligen Nutzlast. So tragen Glider und Floats häufig Echolotsysteme als Nutzlast und benutzen akustische Signale zur Orientierung. Die potentiellen Auswirkungen der einsatzabhängigen akustischen Emissionen auf die die Tier- und Pflanzenwelt gemäß § 17 Abs. 1 Nr.1 AUG sind zusätzlich zu den Auswirkungen gemäß § 3 Abs. 4 AUG zu berücksichtigten (z. B. abbildendes Sonar; vgl. Anhang II). Daraus können sich ggf. Auflagen ableiten.

Weitere Interaktionen mit Schutzgütern sind abhängig von der verwendeten Nutzlast in Kombination mit der Dauer des Einsatzes.

3.1.2.6.2.2.2 Passive Plattformen

Mesokosmen sind Plattformen im Freiwasser. Mesokosmen bieten die Möglichkeit von Langzeitexperimenten unter realen Bedingungen. Die pelagischen Mesokosmen des GEOMAR Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung bestehen aus schwimmenden Kunststoffsäcken aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) mit einer Dicke von 1 mm in den oberen 7 m und mit einer Dicke von 0,5 mm in den weiteren Tiefen. Die Mesokosmen reichen von der Oberfläche bis in 19-25 m Tiefe bei einem Durchmesser von 2 m. Damit beinhaltet der Mesokosmos ca. 50-75 km³ des Wasserkörpers. Am Fuß befinden sich ein Fangtrichter und eine Sedimentfalle. Einzelne Parameter können in den riesigen, schwimmenden „Reagenzgläsern“ variiert werden. Manipulativ werden z. B. Nährstoffe und/oder Kohlendioxid zugefügt, um Umweltveränderungen zu simulieren. Die Messung der einzelnen zu untersuchenden Parameter erfolgt regelmäßig mit Tauchern und Booten. Bei den kontrollierenden Messungen werden z. B. eine CTD verwendet und Wasserproben mit einem Wasserschöpfer entnommen (sowohl innerhalb des Mesokosmos als auch außerhalb in der freien Wassersäule).

Unterwasser-Observatorien dienen der Langzeitbeobachtung von Umweltparametern. Das PALAOA (*PerenniAL Acoustic Observatory in the Antarctic Ocean* - Ganzjähriges Akustisches Unterwasserobservatorium) des AWI bietet beispielsweise die Möglichkeit einer ganzjährigen Datenaufzeichnung von Unterwassergeräuschen für die Bioakustikforschung. Diese sind weitestgehend frei von anthropogenen Geräuschen. PALAOA besteht aus einem unbemannten Forschungscontainer mit autonomer Energieversorgung auf dem Schelfeis sowie einer Serie von Hydrophonen, die durch Löcher in den darunterliegenden Wasserkörper versenkt werden. Auf diese Weise können alle Geräusche unter Wasser (Walgesänge und weitere Tiergeräusche, Eisgeräusche) aufgezeichnet werden. Durch den Einsatz von PALAOA wurden neueste wissenschaftliche Erkenntnisse über Wale im Winter gewonnen.

Beispielsweise ist erst seit kurzem bekannt, dass sich Buckelwale auch im Winter in der Antarktis aufhalten. Sie nutzen vermutlich die eisfreien Gebiete, die Polynyas, die regelmäßig in der Nähe des Observatoriums entstehen (Van Opzeeland *et al.*, 2013).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffenes Schutzgut ist die Meeresumwelt (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Das Belauschen unter Wasser, die Entnahme von Wasserproben und Treiben im Wasser der passiven Plattformen ist zeitlich befristet, passiv, von nicht messbarer Intensität, vorübergehend und kleinräumig.

In Mesokosmen können durch Manipulationsexperimente z. B. Nährstoffzugabe die Produktivität und Zusammensetzung, nicht jedoch die Verbreitung, von Planktonorganismen vorübergehend beeinflusst werden. Diese Veränderungen sind jedoch sehr lokal begrenzt und zeitlich befristet.

Ein Unter-Wasser-Observatorium arbeitet passiv. Es sind keine Auswirkungen durch den eigentlichen Betrieb (Einsatz von Hydrophonen) zu besorgen, der nicht invasiv und zeitlich befristet ist. Benötigte Logistik wie ein Forschungsschiff, Kontaineraufbau, Fahrzeuge, Stromversorgung u.a. sind jedoch zu berücksichtigen.

3.1.2.6.2.2.3 Automatische Messstationen

Autonome Messstationen („Meereisbojen“) werden auf dem Meereis verankert und driften zusammen mit diesem durch die Meeresströmungen oder treiben direkt im Wasser, um mit den Strömungen zu driften („Bojen“).

Auf Meereis werden Messinstrumente durch Bohrungen (s. Kapitel 3.5.3.21) teilweise in die Wassersäule hineinversenkt, z. B. Thermistorkette zur Messung von Massen- und Energiebilanz, und teilweise sind die Geräte für die Datenerhebung oberhalb des Meereises installiert (Schneeboje, GPS-Boje, autonome Meereisobservatorien). Die befestigten Messgeräte und Probennehmer (Nutzlast) variieren nach wissenschaftlicher Fragestellung und können Sedimentfallen, Sensoren, akustische Strömungsmesser (ADCPs), Wasserprobennehmer und andere umfassen. Bojen tragen häufig akustische Instrumente zur Messung physikalischer- ozeanographischer Umweltbedingungen, z. B. ADCP, und abbildende Sonare, z. B. zur Erfassung von Krillbeständen. Interaktionen mit der Meeresumwelt sind von der Nutzlast und vom Einsatzort bzw. der verbundenen Logistik abhängig.

Bojen werden meist nicht geborgen und benötigen eine eigene Stromversorgung (z. B. Alkali-oder Lithium-Thionyl-Chlorid-Batterien). Dies führt zum Eintrag von Materialien (Kunststoffen, Aluminium, Holz, Elektroplatinen, Metall) und Schadstoffen (Batterien) ins Meer. Die Möglichkeit der Verwendung alternativer Energieversorgung, z. B. Brennstoffzellen, Solar- oder Wellenenergie, sollte zukünftig erwogen werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffenes Schutzgut ist die Meeresumwelt und Tierarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4 AUG).

Verbleibt der Glider in der Meeresumwelt so ist § 21 ff. AUG heranzuziehen.

Mögliche Auswirkungen durch die Anwesenheit der Boje selbst sind vorübergehend, zeitlich begrenzt und von einer sehr geringen Intensität.

Meistens werden die Meereisbojen nicht wieder entfernt, sondern driften mit den Meeresströmungen entweder aus dem AV-Gebiet hinaus oder verbleiben im Südpolarmeer, wodurch sie zu Abfall werden, der gemäß § 22 Abs.1 Nr. 8 AUG aus der Antarktis zu entfernen ist. Die Pflicht zur Entfernung

gilt nicht für die zu Abfall gewordenen Messbojen, da deren Entfernung größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge als deren Verbleib in der Umwelt (§ 22 Abs. 2 AUG). Die zu besorgenden Auswirkungen sind v. a. die Toxität der Chemikalien aus den Batterien sowie der Eintrag von Materialien. Die Intensität ist jedoch geringfügig in der Weite des antarktischen Ozeans.

Es bestehen Wissenslücken zu kumulativen Auswirkungen und möglicher Aggregation in bestimmten Meeresgebieten. Es besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Nutzung umweltverträglicher Stromversorgung unter den gegebenen polaren Bedingungen.

Zum Ausbringen und Einholen von Meereisbojen sind neben einem Forschungsschiff als Forschungsplattform zumeist Transportfahrten mit Skidoos oder Helikoptereinsätze notwendig, deren potentielle Auswirkungen auf die antarktische Umwelt in die fallspezifische Bewertung einbezogen werden muss.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen.

Durch die Anwesenheit einer Messboje sind keine erheblichen nachteiligen Veränderungen des Lebensraumes der Arten oder Populationen von Wirbellosen oder Fischen zu erwarten (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG).

Allerdings müssen für eine gesamtheitliche Bewertung die potentiellen Auswirkungen der Messeinheiten berücksichtigt werden. Bojen tragen häufig akustische Instrumente zur Messung physikalischer- ozeanographischer Umweltbedingungen, z. B. ADCP. Die potentiellen Auswirkungen hängen vom jeweiligen Gerät, dem Einsatzort und von den Einsatz abhängigen akustischen Emissionen ab, beispielsweise auf die oberen 500 m Wassersäule begrenzte Wirksamkeit. Diese müssen gegebenenfalls antragsspezifisch berücksichtigt werden (ggf. § 17 Abs. 1 AUG), woraus können sich Auflagen ableiten können.

3.1.2.7 Bohrgeräte (Meereis)

Eisbohrer und Eiskernbohrer dienen der Beprobung des Meereises sowie zur Unterstützung anderer Forschungsaktivitäten (Untereistauchen, Messungen auf und unter dem Meereis). Der Durchmesser der erbohrten Eiskerne ist in der Regel gering und umfasst ca. 8 bis 12 cm.

Die Eiskernbohrer sind Bohrer, mit denen zylinderförmige Kerne aus dem Meereis geschnitten werden können. Daran werden physikalische, chemische und biologische Parameter gemessen. Motorgetriebene Eiskernbohrer sind häufig mit Akkus versehen, es gibt aber auch Handbohrer. Nach dem Bohren wird der Eiskern meistens zersägt, in Plastikdosen verpackt und analysiert oder tief gefroren. Die anschließenden Analysen z. B. der Zusammensetzung von Organismengemeinschaften, des Nährstoff-, Salz- und Chlorophyllgehaltes, erfolgen im Labor. Neben den Untersuchungen der Eisalgengemeinschaften in den Salzlaugenkanälen des Meereises wird die Entstehung von Ikait, einer Kalziumcarbonat-Modifikation, untersucht. Die Messung von Quecksilberverbindungen erfolgt, um die chemischen Verhältnisse in der Schneeauflage mit besonderem Augenmerk auf klima- und ozonrelevante Halogenverbindungen im Eis zu verstehen.

Motorbetriebene Kernbohrer erfordern Kraftstoff- oder Energieversorgung, die während des Einsatzes bereitgestellt werden muss (Kapitel 3.5.3.21).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Luftqualität und Gletscherumwelt (§ 3 Abs. 4 Nr. 2, 3 AUG). Es werden Verbrennungsabgase emittiert und sehr kleine Mengen von Eis entnommen. Diese Einzelwirkungen sind von sehr geringer Intensität und von kurzer und vorübergehender Dauer.

Vorsorglich sollte der Motor nicht auf dem Eis betankt werden, sondern auf Unterlagen, die eventuelle Verschüttung von Treibstoff auffangen. Eine Betankung sollte nur durch im sachgerechten Umgang mit Treibstoffen geschultes und erfahrenes Personal unter der Beachtung des *Fuel Manuals* (COMNAP Fuel Manual, 2008) vorgenommen werden.

Diese Einstufung gilt für das Bohren auf dem Meereis selbst. Bei Eisarbeiten ist die begleitende Logistik zu berücksichtigen (z. B. Helikopter- und Skidoo-Einsätze, Generatorbetrieb, Eiscamps; Kapitel 3.5).

3.1.3 Fallbeispiel: Einsatz eines Grundschleppnetzes (GSN)

Im Folgenden wird an drei Fallbeispielen aus der Meeresforschung (Einsatz eines Grundschleppnetzes, eines Freifall-Landers und eines Airgun-Surveys) das Prinzip des Bewertungsschemas ausführlich dargestellt. Die Einstufung auf Grundlage der geräte- und einsatzspezifischen Gegebenheiten bleibt immer eine Einzelfallentscheidung.

3.1.3.1 Stufe 1

In Stufe 1 werden Informationen zu den Eigenschaften des Grundschleppnetzes (Größe, Maschenweite etc.), dem Zweck (Fang demersaler Fische) und der Einsatzweise des GSN (am Boden geschleppt) sowie die Benennung der eingesetzten Logistik (Forschungsschiff) zusammengetragen (Tabelle 1). Das Grundschleppnetz (GSN) wird in Kapitel 3.1.2.2.2 ausführlich beschrieben und einsatzunabhängig vorläufig bewertet.

Im Fallbeispiel beträgt die Größe des GSN 15 m in der Öffnung und Maschenweite von 4 cm im Steert. Die Grundleinen sind mit Gummirollen bestückt, damit die Grundleine möglichst über dem Boden gleitet. Die Scherbretter zum Öffnen des Netzes hinterlassen deutliche bis zu einem Meter breite Spuren auf dem Meeresboden. Zur Beprobung zu Vorkommen und Biomasse der demersalen Fischfauna wird das GSN 15x für 10-15 Minuten (Schleppstrecke pro Fang 1.000 m) auf dem Schelf des südlichen Weddellmeer eingesetzt. Daraus ergibt sich ein beeinflusster Meeresboden von 15.000 m^2. Das GSN wird vom Forschungsschiff Polarstern eingesetzt.

3.1.3.2 Stufe 2

In Stufe 2 erfolgt die Zuordnung der möglichen Einzelwirkungen auf die betroffenen Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG und § 17 Abs. 1 AUG und eine Evaluierung des Ausmaßes der Einzel-auswirkungen hinsichtlich Besorgnis, Dauer und Intensität auf die relevanten antarktischen Komponenten (Tabelle 2).

Evaluierung der Einzelwirkungen

Einzelwirkungen im Bereich der Schleppstrecke des GSN sind die Entnahme von Organismen, die Zerstörung sessiler Organismen, mechanische Störung von Meeresbodenhabitaten, Resuspension feiner Sedimente im benthopelagischen Regime und durch die Wassersäule beim Hieven des GSN und die Vergrämung/Scheuchwirkung mobiler Organismen.

Zuordnung der Einzelwirkungen auf die betroffenen Schutzgüter gemäß § 3 Abs. 4 AUG sowie § 17 AUG

Betroffene Schutzgüter durch den Einsatz des GSN sind einsatzunabhängig die Wasserqualität (Resuspension), Meeresumwelt (Entnahme von Organismen, Habitatstörung, Resuspension), Tierarten oder deren Populationen in Hinblick auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (Entnahme, Habitat(zer)störung, Resuspension, Vergrämung) und gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 2-5 AUG).

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Entnahme von Benthosorganismen; Habitat(zer)störung, Scheuchwirkung/ Vergrämung; § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG).

Die Wirkung auf den Lebensraum ist stark von dessen Empfindlichkeit auf Störungen abhängig (Stufe 3).

Analyse des Ausmaßes der Auswirkungen

Zur Analyse des Ausmaßes der Einzelwirkungen werden die betroffenen antarktischen Komponenten Wasser, Boden, Benthos, Tintenfische/Fische, Robben und Wale hinsichtlich des Besorgnisgrades, der Dauer und der Intensität eingeschätzt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Stufe 2: Bewertung des GSN anhand relevanter antarktischer Komponenten

§ 3 Abs. 4 AUG								Antarktische Komponente § 3 Abs. 4 AUG			§ 17 Abs. 1 AUG	
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Meeresökologie Luft, Wasser, Boden, Meereis, Plankton,			Wirbellose	
GSN								höchster Besorgnis-grad / Intensität	Antarktische Komponente mit höchstem Besorgnis-grad	Dauer	Besorgnis	a)-f)
Entnahme demersale Fische, Benthos			Benthos, Fische	Fische, Benthos				hoch / hoch	Benthos	Jahre - Jahrzehnte		
Habitat-zerstörung			Benthos, Boden	Fische, Benthos				hoch / hoch	Benthos	Monate bis ein Jahr	hoch	Abs. 1 Nr. 2 f
Resuspension		Wasser	Meeres-umwelt, Benthos					mittel / mittel	Wasser	Stunden - Tage	mittel	Abs. 1 Nr. 2 f
Scheuchwirkung, Vergrämung				Fische, Benthos				mittel / mittel	Fische	Stunden - Tage		

3.1.3.3 Stufe 3

Stufe 3 beinhaltet die **antragsspezifischen Einsatzparameter** und stellt diese in Bezug zu den Bewertungskriterien (Kapitel 2.2.3; Tabelle 3).

Häufigkeit und Dauer der Aktivität:

Es werden durch 15 Einsätze ca. 15.000 m² des Meeresbodens beeinflusst. Der mehrfache Einsatz des GSN im Einsatzgebiet zieht eine Habitat(zer)störung in räumlich begrenztem, aber deutlichem Umfang nach sich. Die Schleppzeit (10-15 min) ist auf die wissenschaftlich notwendige Zeit reduziert.

Empfindlichkeit des Einsatzgebietes:

In polaren Schelfgebieten sind Eisbergstrandungen bekannte Erscheinungen. Auf den Schelfgebieten des Weddellmeeres kommt es regelmäßig durch Eisbergstrandungen zu großflächiger Zerstörung benthischer Gemeinschaften (Gutt *et al.*, 1996, Gutt & Starmanns, 2001, Gutt, 2001, Knust *et al.*, 2003, Gerdes *et al.*, 2003).

Die Beprobung wird in den Sommermonaten durchgeführt. Benthosgemeinschaften im Arbeitsgebiet „Weddellmeer-Schelf“ werden bis zu einer Tiefe von mehr als 400 m durch natürliche Ursachen (Eisbergkratzer) gestört, wobei regelmäßige moderate Störungen sich nicht zwangsläufig negativ auf die Diversität der Gemeinschaft des Gebietes auswirken müssen (Gerdes *et al.*, 2009, Barnes *et al.*, 2014, Mintenbeck *et al.*, 2012, Convey, 2014). Auf dem östlichen Weddellmeer-Schelf wurden in den letzten Dekaden 44 % des Meeresbodens gestört, größtenteils in Wassertiefen ‹250 m (Gutt *et al.*, 2015). Über Wiederbesiedlungsraten im Einsatzgebiet liegen begrenzte und unterschiedliche Informationen vor (Fillinger *et al.*, 2013; Gerdes *et al.*, 2009). Es bestehen Unsicherheiten über die Ge-

schwindigkeiten der Wiederbesiedlung der devastierten Flächen und Regeneration der Lebensgemeinschaften. Für das Untersuchungsgebiet (Filchner-Graben) wird eine Ähnlichkeit der Benthosgemeinschaft mit benachbarten, östlich gelegeneren Gemeinschaften, einschließlich Schwammgemeinschaften, vermutet, über die bis dahin jedoch wenig bekannt ist. Das Gebiet gilt als Futter/Nahrungs-Hot-Spot für Seeelefanten (Bornemann *et al.*, 2010), was auf eine hohe Produktivität und möglicherweise reiche Bodenfauna hindeutet.

Die Dauer der Auswirkungen bis zur Wiederbesiedlung der gestörten Fläche ist unsicher, da in diesem Gebiet erstmalig Benthosuntersuchungen durchgeführt werden. Die Benthosgemeinschaften auf dem Weddellmeer-Schelf werden durch natürliche Störungen (Eisbergkratzer) beeinflusst. Diese Gemeinschaften unterliegen einem natürlichen Zyklus von Zerstörung und Wiederbesiedlung, der auf dem flacheren Schelf durch die GSN-Einsätze verstärkt bzw. auf eine größere Fläche ausgedehnt wird. In größeren Wassertiefen entfallen natürliche Störungen durch Grundberührungen von Eisbergen. Wie die in größeren Tiefen lebenden, wesentlich artenärmeren sowie eine geringe Diversität aufweisenden Lebensgemeinschaften in der Region des Filchner-Grabens auf die anthropogenen Störungen reagieren, ist mit großer Unsicherheit behaftet.

Die durch das Schleppen der Geräte beeinträchtigten Spuren stellen für die Neubesiedlung bzw. Regeneration der Besiedelung (Sukzession) der benthischen Lebensgemeinschaften kein grundsätzliches Hindernis dar. Bewegliche Tiere oder verdriftende Larven können diese Gebiete wieder besiedeln. Erfahrungsgemäß regulieren sich Individuenzahlen und Artenzusammensetzung (Abundanzen und Diversität) der Fauna wieder, wenn sie nicht erneut oder wiederholt gestört werden. Die Regeneration der benthischen Invertebraten, wie bei sehr langsam wachsenden Arten wie viele Schwämme, erfolgt allerdings langsam.

Erwartete Fangarten sind die Fische *Champsocephalus gunnari, Chaenocephalus aceratus, Lepidonotothen larseni, Notothenia rossi, Notothenia coriiceps, Pseudochaenichthys georgianus, Trematomus* spp., *Artedidraco* spp., *Chionodraco* spp., *Gymnodraco acuticeps, Prionodraco evansii*. Modellrechnungen anhand von Besiedlungsmustern demersaler Fische in gestörten und ungestörten Gebieten zeigen, dass bei einem Störungslevel von 20-40% der Gesamtfläche sich die höchste Artenzahl und Gesamtdiversität bei der demersalen Fischfauna einstellt (Mintenbeck *et al.*, 2012).

Im Vergleich zu diesen natürlichen Störungsprozessen ist Störung der bodenbewohnenden Lebensgemeinschaften selbst durch häufig wiederholten GSN-Einsatz für Forschungszwecke geringfügig. Die durch die Fanggeräte gestörte Fläche beträgt ca. 0,001 ‰ der Schelffläche. Im Vergleich zu den natürlichen mechanischen Störungen durch frische Eisbergkratzer, die im selben Gebiet 10 - 40% ausmachen, sind keine messbaren zusätzlichen Auswirkungen auf das Benthal zu erwarten und der Eingriff ist als gering und vorrübergehend einzustufen.

Das GSN ist eine klassische meereskundliche Methode, zu dessen Einsatz viel Erfahrung vorhanden ist. Das GSN wurde in den letzten Jahren mit wachsenden Kenntnisstand und technischen Möglichkeiten modifiziert, um die Auswirkungen auf die antarktische Umwelt so gering wie möglich zu halten (z. B. optische Vorerkundung; Anpassung der Maschenweite, Grundleinen mit Gummirollen).

Der Einsatz von Mitigationsmaßnahmen (optische Vorerkundung und Minimierung der Schleppdauer am Meeresboden) reduziert die beeinflusste Meeresbodenfläche und reduziert das Risiko einer unbeabsichtigten Zerstörung von besonders sensitiven oder einzigartigen Habitaten in unerforschten Gebieten (z. B. Filchner-Graben).

Außer dem GSN werden auf der multidisziplinären Expedition weitere Methoden vom Forschungsschiff Polarstern eingesetzt (bildgebende Verfahren, Agassiz-Trawl, Multicorer, Epibenthosschlitten, Greifer, hydroakustische Messmethoden, Messbojen, Fallen/Reusen).

3.1.3.4 Stufe 4

In Stufe 4 werden die Ergebnisse der Evaluierung der Stufen 1-3 zusammengefasst und weitere Bewertungsrelevante Fragen bearbeitet (Kapitel 2.2.4; Tabelle 4).

Es bestehen Unsicherheiten hinsichtlich der Geschwindigkeiten der Wiederbesiedlung der devastierten Flächen und Regeneration der Lebensgemeinschaften. Störungsexperimente des AWI auf dem nordöstlichen Schelf zeigten erste Wiederbesiedlungen erst nach 6 Jahren (Gerdes *et al.*, 2003). Mit Unsicherheit behaftet ist ebenfalls, wie sich die in größeren Tiefen lebenden, wesentlich artenärmeren sowie eine geringe Diversität aufweisenden Lebensgemeinschaften in der Region des Filchnergrabens auf die anthropogenen Störungen reagieren.

Durch den Einsatz weiterer Methoden im gleichen Gebiet kann es zu kumulativen Auswirkungen kommen. Zur Einschätzung dieser kumulativen Effekte bei Einsatz mehrerer Methoden im gleichen Gebiet wird hier das Ergebnis der vorläufigen Bewertung der einsatzunabhängigen Einzelmethoden beispielsweise hinzugezogen (Kapitel 3.2.1.2):

- Agassiz-Trawl: mindestens geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen
- Multicorer: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen
- Hydroakustische Methoden: geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen
- ROV: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Insgesamt bestehen Unsicherheiten in der Bewertung kumulativer Effekte. Bei Anwendung mehrerer Methoden ist eine Aufhebung von Einzelwirkungen nicht anzunehmen, sondern vielmehr die Kumulation der Effekte in Form von Verschlimmerung zu besorgen. Aufgrund der nicht bekannten Aufsummierung der Einzelwirkungen ist bei Einsatz mehrerer Methoden besondere Aufmerksamkeit auf die Minimierung der Einzelwirkungen zu achten.

Die eingesetzte Logistik ist ein Forschungsschiff, dessen Auswirkungen in Kapitel 3.5.3.8 beschrieben und bewertet werden.

Das GSN dient der Beprobung der mit dem Meeresboden assoziierten Fauna. Ein GSN ist in der Tiefe einsetzbar und ist bislang alternativlos für die Beprobung von Bodenfischarten und größeren Benthosorganismen (Megafauna). Eine Probenahme von bodenlebenden Fischen zur taxonomischen Das GSN ist zur Verifizierung und für biochemische Untersuchung alternativlos und kann gegenwärtig nicht durch andere Verfahren ersetzt werden.

Ergebnis Fallbeispiel GSN

Abschließende Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Der Einsatz des GSN hat Auswirkungen auf die Wasserqualität (Resuspension), Meeresumwelt (Entnahme von Organismen, Habitatstörung, Resuspension) und auf die Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen (Entnahme, Habitat(zer)störung, Resuspension, Vergrämung) (§ 3 Abs. 4 Nr. 2-5 AUG).

Wissenschaftliche Untersuchungen mit dem GSN können geringfügige oder vorübergehende Umweltauswirkungen auf einige der oben genannten Schutzgüter in § 3 Abs. 4 AUG haben. Unter Anwendung der Vorerkundungen werden die Auswirkungen des GSN in diesem Fallbeispiel insgesamt als nicht erheblich eingestuft.

Gesamthaft betrachtet ist davon auszugehen, dass die Integrität und Entwicklung des Ökosystems diesbezüglich nur in begrenztem Umfang beeinflusst wird (Kategorie II entsprechend § 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 AUG). Die Auswirkungen auf die Meeresumwelt und die Komponenten Fische und Benthos sind räumlich und zeitlich begrenzt und nach heutigem Kenntnisstand vorübergehend.

Aus den genannten Gründen ist nicht zu besorgen, dass infolge der hier angezeigten Probenahme eine schädliche Veränderung in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen oder zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen eintreten, etwa bei benthischen Fischarten oder Wirbellosen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4 und Nr. 5; § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG). Das GSN sollte nicht in hoch diversen Schwammgesellschaften eingesetzt werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Entnahme von Benthosorganismen; Habitatstörung, Scheuchwirkung/ Vergrämung; § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG).

3.2 Forschungsmethoden an antarktischen endothermen Tieren

Das internationale wissenschaftliche Komitee der Antarktisforschung (SCAR) hat Verhaltensregeln für Forschung an antarktischen Tieren herausgegeben, die in Ergänzung zu Anlage II USP betrachtet werden. Dieser *Code of Conduct* (CoC) verstärkt die moralische Verantwortung des wissenschaftlichen Personals und fordert den Respekt und das Wohlergehen des Tieres ein. Nur wenn das zu erwartende Forschungsergebnis einen signifikanten Wissensfortschritt oder dem Allgemeinwohl der Tiere dient, sollte eine Untersuchung am Tier durchgeführt werden (*SCAR's Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica. CEP 8c, XXXIV ATCM Buenos Aires IP 53, 2011*).

Die Zahl der wissenschaftlichen Experimente an Tieren sollte so weit wie möglich limitiert werden und wo es möglich ist, sollen alternative Methoden eingesetzt werden. In jedem Fall ist die Möglichkeit nach Alternativen zu prüfen. Tiere sollten immer geschützt, Schmerz, Leiden und bleibende Verletzungen auf ein Minimum reduziert werden und alle Möglichkeiten, den Schmerz, das Leid und Verletzungen zu reduzieren ausgeschöpft sein. Bevor Untersuchungen am Tier durchgeführt werden, sollte eine selbstverpflichtende Kosten-Nutzen-Analyse mit ethischer Betrachtung durch die durchführenden Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen erfolgen. Der wissenschaftliche Mehrwert einer Methode, die Tiere einbezieht, sollte möglichst groß sein, der Schaden und das Leiden für das Tier möglichst gering. So könnte auch die Möglichkeit erwogen werden, Computermodelle anstelle von Tierversuchen einzusetzen. Bei Tierversuchen sollte unter der Annahme gehandelt werden, dass Tiere Schmerz genauso empfinden wie Menschen und wenn es nicht zu vermeiden ist, sollten die Tiere nach dem Experiment schmerzlos getötet werden. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen bei denen es notwendig ist, Tiere in Gefangenschaft zu halten, sollte darauf geachtet werden, dass möglichst beste Lebensbedingungen geschaffen sind. Es liegt in der Verantwortung des durchführenden Instituts, dass Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, die Experimente an Tieren durchführen, in den Methoden geschult und erfahren sind und ggf. zusätzliche erfahrene Personen erreichbar sind. Auf diese Weise soll eine Kultur der Verantwortung und des Sorgetragens für das Wohl des wissenschaftlichen Objektes „Tier" entstehen und gestärkt werden (SCAR CoC, 2011). Der SCAR CoC unterstützt nationale Reglementierungen und ersetzt diese jedoch nicht.

3.2.1 Ornithologische Feldmethoden

3.2.1.1 Einleitung

In der Antarktis beheimatete Vogelindividuen und Vogelansammlungen stehen unter dem Schutz des § 17 AUG. Einzelne Arten oder Populationen antarktischer Vögel sind durch § 3 Abs. 4 Nr. 4 AUG besonderes geschützt.

Unterstützend stellen internationale Beschlüsse innerhalb des Antarktis-Vertragssystems einzelne Arten und Artengruppen und Vögel während besonderer Aktivitäten unter Schutz (Stand 2015; http://www.ats.aq):

- *ATCM XXVI - CEP VI Madrid, 2003, R4: Albatross and Petrel Agreement*
- *ATCM XXVII - CEP VII Capetown, 2004, R2: Guidelines for Aircraft near concentrations of birds*
- *ATCM XXVIII - CEP VIII Stockholm, 2005: New and Revised Designations of Specially Protected Species*
- *ATCM XXIX - CEP IX Edinburgh, 2006, R4: Southern Giant Petrels*
- *ATCM XXX - CEP X New Delhi, 2007, R2: Conservation of the Southern Giant Petrel*
- *ATCM XXXII - CEP XII Baltimore, 2009, M16 : Amendment of Annex II to the Environment Protocol*
- *ATCM XXXII - CEP XII Baltimore, 2009, R5: Protection of the Southern Giant Petrel*

Zudem existieren in der Antarktis einige speziell ausgewiesene Schutzgebiete (ASPAs), von denen Vögel profitieren. Vögel und ihre Brutgebiete sind in bestimmten Gebieten durch *Site Guidelines*, die beim Besuch des jeweiligen Gebietes eingehalten werden müssen, berücksichtigt und besonders geschützt (*List of sites subject to Site Guidelines. Resolution 4 (2014) Annex – ATCM XXXVII CEP XVII, Brasilia*). So gelten z. B. an Orten mit wenig Platz und einer hohen Diversität, besondere Besuchsregeln während der Brutzeit (Bsp. Hannah Point: Beschränkung der Schiffsanlandungen, keine Besuche von Oktober bis Mitte Januar, gesperrte Bereiche bei den Riesensturmvögeln etc.).

Ausgewiesene *Antarctic Specially Protected Area* (ASPA) und *Antarctic Specially Managed Area* (ASMA) beziehen Vögel und Vogelansammlungen ein, z. B. mit Besuchsverboten für Tourismus (Bsp. ASPA 150 Ardley Island; ASMA 1 Admiralty Bay Management Plan). In Anlage II USP wird mit *Antarctic Specially Protected Species* (ASPS) der besonderen Schutzbedürftigkeit bestimmter Arten Rechnung getragen. Derzeit ist nur die Rossrobe (*Ommatophoca rossii*) als ASPS anerkannt; eine Vorgehensweise zur Ausweisung weiterer ASPS ist beschlossen (*Guidelines for CEP Consideration of Proposals for New and Revised Designations of Antarctic Specially Protected Species under Annex II of the Protocol; ATCM XXVIII-CEP VIII, 2005*).

Es gilt kein Schutz für nicht-heimische (eingeschleppte) Arten (vgl. § 18 AUG; Non-Native Species ATCM XXXIV – CEP XIV Buenos Aires: Res. 6).

Die während der letzten Dekaden zunehmend bessere Datenlage über Vogelvorkommen und -bestände in der Antarktis führte zur Identifikation von *Important Bird Areas* (IBAs) (Harris *et al.*, 2011; Harris *et al.*, 2015). An der Antarktischen Halbinsel mit Süd-Shetland und Orkney Inseln wurden 42 und in der Ost- und West-Antarktis 75 IBAs identifiziert, insgesamt sind aktuell 204 IBAs in der Antarktis beschrieben (Harris *et al.*, 2011; Harris *et al.*, 2015). Das Prinzip der IBAs ist eine von internationalen, nicht-behördlichen Organisationen (*Non-Governmental Organisation,* NGO) unter der Federführung von BirdLife International zusammengestellte und auf Grundlage international gültiger wissenschaftlicher Kriterien beruhende Schutzgebietsvorbereitung. IBAs in der Antarktis sind bei allen Umweltprüfungen und bei der Ausweisung von Schutzgebieten (ASPAs) besonders zu berücksichtigen (*Resolution 5, 2015 ATCM XXXVIII CEP XVIII Sofia*).

Im Antarktisvertragsgebiet südlich 60°S brüten die Pinguinarten Kaiserpinguin (*Aptenodytes forsteri*), Adéliepinguin (*Pygoscelis adeliae*), Zügelpinguin (*Pygoscelis antarctica*), Eselspinguin (*Pygoscelis papua*) und Goldschopfpinguin (*Eudyptes chrysolophus*). Die subantarktischen Arten Königspinguin (*Aptenodytes patagonicus*) und Felsenpinguin (*Eudyptes crestatus*) werden sporadisch in der Antarktis gesichtet (Mayer pers. Beobachtung). Weitere Seevogelarten brüten regelmäßig im AV-Gebiet, einschließlich in erster Linie subantarktischer Arten wie der Rußalbatros (*Phoebetria palpebrata*; Peter *et al.*, 2013). Tabelle 6 stellt den aktuellen Wissenstand der zur Ausweisung von IBAs relevanten Vogelpopulationen in der Antarktis zusammen (Harris et al., *2015*). Es brüten noch weitere Vogelarten in der Antarktis, zum Beispiel der Nördliche Riesensturmvogel (*Macronectes halli*), dessen globaler Bestand von Patterson *et al. (*2008) mit 11.210 Brutpaare angegeben wird.

Tabelle 6: Populationsschätzungen antarktischer Brutvögel und deren Gefährdungsstatus

Art	*Rote Liste Status IUCN*	*geschätzte globale Population in Brutpaaren*	*Quelle*
Kaiserpinguin *Aptenodytes forsteri*	NT	238.000	Fretwell *et al.* (2012)
Eselspinguin *Pygoscelis papua*	NT	387.000	Lynch *et al.* (2012)
Adéliepinguin *Pygoscelis adeliae*	NT	3.790.000	Lynch & La Rue (2014)
Zügelpinguin *Pygoscelis antarctica*	LC	2.666.667	Harris *et al.* (2015)
Goldschopfpinguin *Eudyptes chrysolophus*	VU	6.300.000	Crossin *et al.* (2013)
Buntfusssturmschwalbe *Oceanites oceanicus*	LC	› 13 Millionen	Croxall *et al.* (2012)
Schwarzbauch-Meerläufer *Fregetta tropica*	LC	250.000	Brooke (2004)
Rußalbatross *Phoebetria palpebrata*	NT	20.000	Harris *et al.* (2015)
Südlicher Riesensturmvogel* *Macronectes giganteus*	LC	30.575	Patterson *et al.* (2008)
Silbersturmvogel *Fulmarus glacialoides*	LC	1.000.000	Creuwels *et al.* (2007)
Weißflügel-Sturmvogel *Thalassoica antarctica*	LC	491.082 3-7 Millionen	Del Hoyo *et al.* (2014) Brooke (2004)
Kapsturmvogel *Daption capense*	LC	670.000	Brooke (2004)
Schneesturmvogel *Pagodroma nivea*	LC	1.300.000	Brooke (2004)
Taubensturmvogel *Pachyptila desolata*	LC	25.100.000	Del Hoyo *et al.* (2014)
Blausturmvogel *Halobaena caerulea*	LC	3 Millionen	Brooke (2004)
Blauaugenscharbe *Phalacrocorax [atriceps] bransfield-densis*	LC	13.333	Waterbirds Population Estimates IV - *bransfieldensis* treated as a subsp. of atriceps
Weißgesichts-Scheidenschnabel *Chionis alba*	LC	10.000	Harris *et al.* (2015)
Dominikanermöwe *Larus dominicanus*	LC	10-20.000	Harris *et al.* (2015)
Antarktische Seeschwalbe *Sterna vittata*	LC	36.666	Harris *et al.* (2015)
Südpolare Skua *Catharacta maccormicki*	LC	3.000-7.500	Harris *et al.* (2015); Croxall *et al.* (2012)
Braune Skua *Catharacta antarctica*	LC	3.000-7.500	Harris *et al.* (2015)

NT near threatened, LC least concern, VU vulnerable

Die vorhandenen Bestandszahlen antarktischer Brutvögel basieren auf Schätzungen von Untersuchungen aus den 1990er Jahren (Woehler, 1993; Woehler & Croxall, 1997). Sogar zur Identifikation

der IBAs wurden Bestandszahlen verwendet, die aus Gebietsuntersuchungen von vor 2007 extrapoliert wurden (Harris *et al.* 2011; Harris *et al.*, 2015). Zwar liefern intensive Bearbeitungen Zahlen zu einzelnen Arten in abgegrenzten Gebieten (z. B. Peter *et al.*, 2008 auf King-George-Island), doch bei Hochrechnungen auf das gesamte Antarktis-Vertragsgebiet sind Fehleinschätzungen von Beständen nicht auszuschließen, etwa weil manche Gebiete intensiver als andere untersucht wurden. Andererseits sind ganze Kolonien bisher übersehen worden, wie neue Untersuchungen unter Anwendung moderner Fernerkundungsmethoden via Satellit beweisen: Fretwell *et al.* (2012) fanden beispielsweise vier bisher übersehene Kaiserpinguinkolonien (*Aptenodytes fosteri*; Brownson Islands, Dolleman Island, Dibble Glacier, Rupert Coast). Damit sind derzeit 46 Kaiserpinguinkolonien bekannt (Fretwell *et al.*, 2012). Die gleichen Autoren revidieren die bisherigen Schätzungen zum Weltbestand dieser Art, z. B. aus Carstens *et al.* (1999) mit 195.400 Brutpaaren zu aktuell geschätzten 238.000 Brutpaaren von Kaiserpinguinen. Kürzlich wurden Bestandschätzungen für die Weddellmeer-Region in einem Arbeitspapier von CCAMLR genauer betrachtet (WG-EMM-15/38: *Scientific background document in support of the development of a CCAMLR MPA in the Weddell Sea (Antarctica) - Version 2015 - Part A: General context of the establishment of MPAs and background information on the Weddell Sea MPA planning area*-) mit dem Ergebnis, dass die Zahlen nicht belastbar sind. Es wird deutlich, dass insgesamt zu wenig bekannt über die Brutzahlen der fliegenden Seevögel, aber Schätzungen geben z. B. über 300.000 Brutpaare des Weißflügel-Sturmvogels (*Thalassoica antarctica)* auf den Nunataks des antarktischen Inlands an. Weitere bekannte fliegende Brutvogelarten im Inland sind Schneesturmvogel (*Pagodroma nivea*), Buntfußsturmschwalbe (*Oceanites oceanicus*) und Südpolar-Skua (*Catharcta maccormicki*).

Eine globale Bestandsaufnahme von Adéliepinguinen (*Pygoscelis adeliae*) mittels Satellitenfernerkundung ergab 3,79 Millionen Brutpaare Adéliepinguine (Lynch & LaRue, 2014). Diese Schätzung übertrifft die bisherigen Vermutungen um mehr als die Hälfte (53 %; Lynch & LaRue, 2014). Siebzehn Kolonien waren vor dieser Untersuchung unbekannt. Allerdings sind auch bereits bekannte Kolonien wieder verschwunden, v. a. an der Antarktischen Halbinsel. Besonders im Bereich der Antarktischen Halbinsel werden Veränderungen von Beständen mit Verschiebungen ganzer Brutkolonien insbesondere bei Esels- (*Pygoscelis papua*), Zügel- (*Pygoscelis antarctica*) und Adéliepinguinen (*Pygoscelis adeliae*) festgestellt (Woehler & Croxall, 1997, Sander *et al.*, 2007, Ainley *et al.*, 2010, Ballard *et al.*, 2010, Trivelpiece *et al.*, 2011). Tendenziell erfolgt eine Verschiebung der Kolonien Richtung Süden - Brutpaare der Adéliepinguine nehmen in der Ostantarktis zu, an der Antarktischen Halbinsel jedoch ab - was mit der Abhängigkeit der Pinguine zum Eisregime interpretiert wird (Croxall *et al.*, 2002, Hinke *et al.*, 2007, Lynch & LaRue, 2014).

Besonders Eis assoziierte Brutvogelarten wie Adelié- und Kaiserpinguine sind durch Effekte des Klimawandels – wie Veränderung der Eisdicke, -ausdehnung, -dauer, Niederschlagsänderungen, Futter- bzw. Krillverfügbarkeit – bedroht (Ainley *et al.*, 2005; Trivelpiece *et al.*, 2010; BirdLife International, 2012; Lynch *et al.*, 2012). Brutzyklen und Nahrungssuchaktivitäten dieser beiden hoch antarktischen Pinguinarten sind extrem stark an Meereisbedingungen geknüpft. Für den Kaiserpinguin wird aufgrund des prognostizierten Eisrückgangs bis zum Jahr 2100 das fast vollständige Aussterben modelliert, sofern er sich nicht an die sich ändernde Umwelt anpassen kann (Jenouvrier *et al.*, 2009).

Neben den Veränderungen durch den prognostizierten Klimawandel und seine Folgen können antarktische Vögel durch zunehmenden Tourismus und das damit wachsende Risiko von Schiffhavarien, Stationsbau und -logistik mit dem Verlust von Lebensraum, Neuansiedlung und Ausbreitung subantarktischer Arten, Eintrag von Schadstoffen und Plastikabfällen (Magenblockade, Strangulation), eingeschleppte Arten „Neozoen“, Überfischung und Beifang in Netz- oder Langleinen-Fischerei lokal bedroht sein. Die Gründe für Populationsschwankungen sind selbst für einzelne Arten sehr komplex und werden eventuell niemals ganz identifiziert (Trathan *et al.*, 2008).

Vor über 30 Jahren begann CCAMLR mit einem internationalen Monitoring-Programm (CEMP). Dies hat zum Ziel A) Änderungen von kritischen Komponenten des antarktischen Ökosystems zu entdecken und zu beobachten und B) das Wissen bereit zu stellen, um Änderungen nach ihrer Ursache – wirtschaftliche Ausbeutung oder physikalische und biologische Umweltvariabilität – zu unterscheiden. Hierfür wurden Standarduntersuchungsmethoden definiert (CCAMLR, 2004). Moderne Forschungsschwerpunkte ergänzen diese Monitoringaufgabe mit Fragen zu den Folgen des globalen Klimawandels. Die damit verbundenen Änderungen in der Antarktis z. B. im Eisregime, Veränderung des Nahrungsangebotes durch Ein- oder Abwandern maritimer Organismen oder dem ökologischen Druck durch „neue“ konkurrierende Arten aus subantarktischen Gebieten stehen auch heute im Mittelpunkt ornithologischer Fragestellungen, denn die Entwicklung der Bestände von Vögeln können Hinweise über Änderung und Zustand des Lebensraums geben (Pfeiffer & Peter, 2003, Hinke *et al.*, 2007, Dehnhard *et al.*, 2013, Lynch *et al.*, 2012, Mustafa *et al.*, 2012, Lynch & LaRue, 2014).

Der zunehmende schiffsgebundene Antarktistourismus und die wachsende Vielfalt der touristischen Aktivitäten sind heute weitere ornithologische Forschungsschwerpunkte (Pfeifer & Peter, 2003, Trathan *et al.*, 2008). Neue Technologien wie Fernerkundung mit Satelliten und vielfältige Bio-Logger und transportable Transmitter eröffnen neue Möglichkeiten für Populations- und Verhaltensstudien (Muramoto *et al.*, 2004, Bridge *et al.*, 2011, Mustafa *et al.*, 2012, Bouten *et al.*, 2013, Thiebot *et al.*, 2013).

Die Auswirkungen einer wissenschaftlichen Methode auf das Wohlergehen des untersuchten Tieres in den eigentlichen Forschungsansatz von Anfang an einzubeziehen, ist noch nicht Standard. Dabei ist bekannt, dass wissenschaftliche Untersuchungen negative Auswirkung auf den Bruterfolg haben können (Ballard *et al.*, 2001, Pfeifer & Peter, 2003, Wilson *et al.*, 2004, Wilson & McMahon, 2006, Quillfeldt *et al.*, 2012, Trefry *et al.*, 2013, Hooijmeijer *et al.*, 2014, Mustafa *et al.*, 2014). Die Anwesenheit von Menschen und ökologische Freilandarbeiten greifen direkt in die antarktischen Ökosysteme ein und verursachen geringe bis starke Störungen der natürlichen Systeme über kurze und lange Zeiträume (Carstens *et al.*, 1999, Pfeifer & Peter, 2003). Inwieweit ornithologische Forschungsmethoden Auswirkungen auf Vogelindividuen oder Vogelansammlungen haben können, soll folgende – Einsatz unabhängige – vorläufige Bewertung abschätzen.

Antarktische Vögel sind geeignete Indikatoren zur Beschreibung der Umweltqualität (Pfeiffer & Peter, 2003). Mithilfe weiterer Indikatoren und durch Beurteilung von Bruterfolg, Veränderungen der Brutpaarzahlen, Verhaltens- und physiologischen Unterschieden kann die Schutzwürdigkeit eines Gebietes hinsichtlich des Umweltwertes anhand von Qualitätsmerkmalen (ökologische Bedeutung, Artengemeinschaft, Arten etc.) eingeschätzt werden (Pfeiffer & Peter, 2003). Antarktische Vögel reagieren in der Regel empfindlich in Wechselwirkung mit Menschen und dienen daher insbesondere als Indikatoren für Störungen durch direkte Menscheninteraktion (Pfeiffer & Peter, 2003, Lynch *et al.*, 2010). Eine Abnahme an Brutzahlen bei Pinguinen lässt sich allerdings selbst in Gebieten mit vielen Besuchen nicht allein auf den Faktor Störung zurückführen (Carlini *et al.*, 2003, Trathan *et al.*, 2008).

Als Kennzeichen, dass ein Vogel gestört ist, gelten Verhaltensänderungen (Kopf drehen, Auffliegen, Nest verlassen o. ä.), Aggressivität (z. B. Angriffsflüge bei Skuas) und physiologische Veränderungen wie Anstieg der Körpertemperatur und der Herzschlagrate sowie hormonelle Veränderungen (Ausschüttung von Stresshormonen). Physiologische Veränderungen sind nicht zwingend durch Verhaltensänderungen ersichtlich, zudem sind unter Umständen Gewöhnungseffekte bei der Beurteilung eines Störungsgrades zu berücksichtigen.

Es besteht Forschungsbedarf zum Hörvermögen antarktischer Pinguine und anderer tauchender Vogelarten, um Belastungen durch (Unterwasser-)Lärm bewerten zu können.

3.2.1.2 Methodenbeschreibung und vorläufige Bewertung

Die Bewertung der möglichen Auswirkungen ornithologischer Forschungsmethoden auf die Schutzgüter im Sinne des § 3 Abs. 4 AUG und § 17 AUG anhand des in Kapitel 2.1 erläuterten Bewertungsverfahrens und der in Kapitel 2.2 beschriebenen Bewertungskriterien erfolgt einsatzunabhängig. Voraussetzung der Beurteilung aller hier erfassten Methoden ist, dass diese dem wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn dienen.

Ornithologische Feldmethoden in der Antarktis benötigen eine Ausgangsbasis wie ein Forschungsschiff (Kapitel 3.5.3.9), eine Forschungsstation (Kapitel 3.5.3.2) oder Feldcamps (Kapitel 3.5.3.2). Für Zählungen aus der Luft werden Flugzeuge, Helikopter oder Drohnen eingesetzt (Kapitel 3.5.3.11). Für Streckenbewegungen auf dem Eis kommen Skidoos zum Einsatz (Kapitel 3.5.3.17). Die antragsspezifische Logistik ist bei der Bewertung der Gesamtaktivität zu berücksichtigen.

3.2.1.2.1 Untersuchungsmethode mit notwendigem Fang

Der wissenschaftliche Vogelfang ist eine seit Dekaden etablierte Methode und für viele wissenschaftliche Untersuchungen unabdingbar (Bub, 1966-1969; Stamm *et al.*, 1960). Erst in jüngerer Zeit ist der Fang an sich in der Methodendiskussion angekommen (Spotswood *et al.*, 2012).

Während die möglichen Auswirkungen verschiedener Untersuchungsmethoden auf Vögel bei Carstens *et al.* (1999) ausführlich analysiert wurden, ist dem dafür notwendigen Fang wenig Aufmerksamkeit gewidmet worden. Inzwischen ist die Bedeutung der allgemeinen Handhabung, z. B. Zeit der Gefangenschaft und die Art des Fanges, für das Wohl des Vogels bestätigt (Spotswood *et al.*, 2012). Grundsätzlich besteht ein geringes Risiko den Vogel beim Fang zu verletzen. Allerdings gibt es empfindlichere und unempfindlichere Arten (Spotswood *et al.*, 2012). Daher ist vorab zu evaluieren, ob die eingesetzte Fangmethode für die jeweilige Art geeignet ist.

Die Sterblichkeit wird gering eingeschätzt, auch wenn es dazu wenige Untersuchungen gibt (Spotswood *et al.*, 2012, Wilson & McMahon, 2006). Spotswood *et al.* (2012) und O. Geiter (Leiter der Vogelberingungszentrale für Niedersachsen, Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein, Nordrhein-Westfalen und Hessen) betonen, dass geringes Verletzungsrisiko nur bei adäquatem Training der Methode besteht.

Netze

Kunststoffnetze mit geringer Maschenweite („Japannetz“) werden im Gelände aufgestellt, um z. B. Buntfuß-Sturmschwalben (*Oceanites oceanicus*) beim nächtlichen An- und Abflug ihrer Bruthöhlen zu fangen. Bei dieser Methode steht der quantitative Fang im Vordergrund. Die Vögel werden nach dem Fang für wenige Minuten in einen Stoffbeutel gesteckt, der Reihe nach morphologisch erfasst (z. B. wiegen und vermessen), beringt und wieder frei gelassen. Größere Seevögel können mit festeren Fischereinetzen gefangen werden (Bub, 1995).

Moderne, Pressluft betriebene Netze können Flugweiten bis zu 9 m erreichen. Argentinische Ornithologen setzen z. B. auf King-George-Island ein Schussnetz zum Fang von Skuas ein (pers. Mitl. J. Krietsch, Jena). Netze können als Klappnetz gebaut sein, um z. B. Vögel auf Sitzwarten zu fangen. Das Auslösen des Netzes erfolgt in diesem Falle entweder durch den Vogel selbst oder über eine Fernbedienung.

Handfang

Gezielt kann ein Vogel auf dem Boden oder aus der Luft mit der Hand oder einem Kescher gefangen werden. Der Fang mit der Hand ist bei entsprechender Erfahrung des Fängers schonend, da die Zeit einen Vogel aus dem Netz zu nehmen, entfällt. Zudem wird der „Beifang“ weiterer Individuen vermieden.

Fallen, Schlingen

Ausgewählte Individuen können mit Hilfe von Schlingen und Fallen gezielt gefangen werden. Die Fallen sind hinsichtlich der Vogelart und Fragestellung meist individuell entwickelt, die Auslöse- und Schließmechanismen variieren entsprechend (Bub, 1966-1969).

Beim Fang mit dem Lasso wird eine Schlinge auf dem Boden ausgelegt und mit einem Köder versehen. Der Köder sollte aus der natürlichen Umgebung und dem Nahrungsspektrum des zu fangenden Vogels stammen. Sobald der Vogel in der Schlinge mit mindestens einem Bein steht, wird die Schlinge zugezogen. Der Vogel ist gefangen. Der Fänger benötigt vor allem Erfahrung und Geduld, denn ein Bemühen den richtigen Vogel in die Schlinge zu bekommen kann durchaus 20 min dauern.

Jungvögel werden meist mehrfach mit der Hand auf dem Nest bzw. in der Bruthöhle gefangen, um ihre Entwicklung zu verfolgen. Es zeigte sich für Buntfuß-Sturmschwalben auf Grund von Blutanalysen, dass der Stress von regelmäßig gefangenen und gewogenen Jungvögeln genauso groß ist wie bei erstmalig gefangenen (Quillfeldt *et al.*, 2008). Der Stress, der durch den Fang und der Stress, der durch die Blutentnahme und weitere Behandlung – wie Messen und Wiegen – ausgelöst wird, sind bei Blutanalysen nicht voneinander zu trennen. Der durch den Fang verursachte Stress ist bei einem wild lebenden Tier mit dem Stress gleichzusetzen, der durch einen Beutegreifer „auf Leben und Tod" entsteht (McMahon & Wilson, 2005). Auch bei wiederholtem Fang (und morphologischen Untersuchungen) von adulten Walvögeln, sind die Stresshormone anfangs gleich hoch (Quillfeldt *et al.*, 2008), was gegen einen Gewöhnungseffekt spricht. Das Stresshormon der Nebenniere (Corticosteron) wird in einer Stresssituation zur Steuerung von Muskel- und Fettgewebe zur schnellen Reaktion z. B. Flucht. Diese Stresshormone nehmen nach 2-3 Minuten ab. Andere Hormone wie Steroide werden bei Stress ebenfalls im Blut gemessen.

Grundsätzlich sollte bei allen Methoden, bei denen Vögel gefangen werden, der Durchführende in der Methodik erfahren sein. Als Nachweis der Erfahrung könnten die Regeln der staatlichen Vogelwarten herangezogen werden (z. B. eine Beringerlizenz) oder ausreichende praktische Erfahrung in den anzuwendenden ornithologischen Arbeitsmethoden durch ein ornithologisch arbeitendes Institut nachgewiesen werden. Die Zeit des Vogels in der Fangvorrichtung und die Untersuchungszeit sind so kurz wie möglich zu halten. Die Zahl der Fänge sollte auf ein notwendiges Maß begrenzt und die Möglichkeiten von Beruhigungsmaßnahmen erwogen werden (z. B. Augen abdecken bei Pinguinen). Die Methode Blutabnahme sollte für Hormone und deren Metabolite und andere Parameter, die außer im Blut auch im Kot oder Harn nachgewiesen werden können, durch nicht-invasive Analyse ersetzt werden. Bei der Auswertungsmethode und Interpretation von Kotanalysen von Vögeln besteht jedoch noch Forschungsbedarf.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Allerdings bestehen Wissenslücken hinsichtlich potentieller Auswirkungen auf Populationen, z. B. durch verminderte Fitness (verkürzte Telomere) der Jungvögel in Folge des Fangs der fütternden Altvögel.

Das Einschleppen nicht-einheimischer Arten ist durch geeignete Maßnahmen wie das Desinfizieren von Schuhen, Kleidung und Material bei erstmaliger Anwendung im AV-Gebiet zu vermeiden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten, wenn dieser gefangen und berührt wird. Vögel und Vogelansammlungen werden beunruhigt durch Menschen zu Fuß und Landpflanzen können durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Durch die Fanglogistik (z. B. Befestigung des Netzes) und Bewegung der Bearbeiter können Landpflanzen geschädigt werden. Dies erfolgt jedoch durch einzelne Personen bzw. sehr kleine Arbeitsgruppen, so dass keine erheblichen Schädigungen auf den Lebensraum und Populationen zu besorgen sind. Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden. Zu Tieransammlungen sollte so großer Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Gefangene Vögel stehen kurzfristig unter sehr starkem Stress. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-2)** eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Erfahrung des Durchführenden ist unbedingt notwendig und nachzuweisen. Daraus ergeben sich weitere Mitigationsmaßnahmen wie die schonende und kurzfristige Handhabung des Vogels, kurze Zeit, in der ein Vogel im Netz gefangen ist, Auswahl des Fangstandortes ohne dass weitere Ansammlungen von Tieren beunruhigt werden, sanftes Freilassen des unter Umständen desorientierten Vogels usw. Ist keine Erfahrung vorhanden, sollte die Methode als „sehr kritisch“ betrachtet werden.

Es wird empfohlen für alle Arbeiten, bei denen Vögel gefangen werden, eine Stellungnahme einer Vogelwarte (Hiddensee, Radolfzell, Wilhelmshaven) oder eines ornithologischen Fachgremiums (Deutsche Ornithologischen-Gesellschaft, ornithologisch arbeitendes Universitätsinstitut) zur Eignung von Fang- und Untersuchungsmethodik, zur Vogelart und hinsichtlich des Wohls des Tieres einzuholen.

Es sollten nicht mehr Vögel gefangen werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

Alle ornithologischen Untersuchungsmethoden, bei denen Vögel gefangen werden müssen, werden daher im Folgenden mindestens als eingeschränkt unbedenkliche Methode (Gruppe B-2) bewertet.

3.2.1.2.2 Morphologische Untersuchungen

Für morphologische Untersuchungen als Basis für komplexere Fragestellungen, z. B. zur intersaisonalen Variabilität des Bruterfolgs oder „Fitness“ von Vogel und Population, wird der gefangene Vogel gewogen, das Alter, der Mauserzustand, die Größe, der Fettanteil, das Geschlecht, die Tarsuslänge und weitere Körper- und Gefiedermerkmale bestimmt. Bei erfahrenen Bearbeitern dauert die Untersuchung deutlich weniger als 15 min. Der Vogel wird in der Regel abschließend beringt.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen zu anderen Vögeln kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten, wenn er in der Hand gehalten und vermessen wird (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Gefangene Vögel, die in der Hand untersucht werden, stehen kurzfristig unter sehr starkem Stress. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-1)** eingestuft (Kapitel 2.1.5). Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft.

Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o. g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen. Es sollten nicht mehr Vögel morphologisch untersucht werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig. Vögel und Vogelansammlungen können durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Diese Wirkungen sind im Allgemeinen so gering, dass es zu keiner Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

3.2.1.2.3 Gewebeproben

Für viele Fragestellungen im Bereich der Ökologie, Physiologie, Evolution, Systematik und der Infektionskrankheiten werden heute vorzugsweise molekulargenetische und biologische Untersuchungsmethoden eingesetzt.

3.2.1.2.3.1 Blutentnahme

Eine Blutentnahme dient der Messung von Blutparametern am lebenden Vogel und eignet sich sehr gut z. B. für DNA-Analysen, da im Blut ausreichende und intakte DNA vorhanden ist. Bei vielen Vogelarten und bei Jungvögeln ist die Geschlechtsbestimmung anhand morphologischer Merkmale nicht möglich. In diesen Fällen und für weitere Untersuchungen z. B. der Isotope, von Hormonen oder Verwandtschaftsbeziehungen ist es zweckdienlich, dem Vogel Blut abzunehmen.

Meistens wird bei ornithologischen Studien das Blut aus der Flügelvene entnommen, was allerdings gute Schulung und Übung voraussetzt. Der Vogel wird in Rückenlage fixiert und ein Flügel so ausgebreitet, dass ein Zugang zur Vene möglich ist. Nach der Entnahme wird auf die punktierte Stelle sofort ein Tupfer aufgelegt und der Vogel wieder in eine aufrechte Position gebracht. Bei einer anderen Methode wird das Blut aus der Halsvene entnommen. Der Vorteil ist hier, dass der Vogel während der Entnahme in einer aufrechten Position fixiert ist, was seinem Kreislauf zuträglicher ist. Diese Fixierung muss sehr sicher und fachgerecht sein, da sich in unmittelbarer Nähe der Entnahmestelle wichtige Nerven und Arterien befinden. Die entnommene Blutmenge soll 1 % des Körpergewichts nicht übersteigen. Auch wenn weniger an Blut entnommen wird, kann es passieren, dass der Vogel nach der Untersuchung für einige Minuten desorientiert ist.

Es sollten modernste veterinärmedizinische Monovetten und Methodik angewendet und beherrscht werden. Beim Vakuumprinzip ist mit der Wahl der Pipette das Ansaugvolumen vorgegeben und kann nicht durch den Anwender verändert werden. Das kann bei der Feldarbeit impraktikabel sein, weil eine Reihe von Röhrchen vorgehalten werden müssen. Bei der Aspirationstechnik wird mit dem Aufziehen der Monovette die angesaugte Blutmenge festgelegt. Bearbeiter benötigen Erfahrung und Training, um den Vogel nicht unnötig zu verletzten. Mögliche Verletzungsrisiken bestehen durch die Handhabung des Vogels, beim Finden und Durchstechen der Vene, zu viel Blutverlust, Hämatome und Infektion. Ansammlungen von Vögeln können bei nicht einhalten von ausreichend Abstand beunruhigt werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Die Blutentnahme bewirkt sehr starken Stress und das Tier wird leicht verletzt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-2)** eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Vögel und Vogelansammlungen können durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Diese Wirkungen sind im Allgemeinen so gering, dass es zu keiner Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führt (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e, f AUG).

Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft. Haben Bearbeiter Erfahrung in der Blutabnahme, so ist das Risiko für die Gesundheit des Tieres gering. Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o. g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen. Es sollte nicht mehr Vögeln Blut entnommen werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.1.2.3.2 Muskelbiopsie

Die Entnahme einer Muskelzellprobe dient normalerweise der Diagnostik von Muskelerkrankungen. Bei tauchenden Tieren können aufgrund der weitgehenden Isolierung der Muskeln vom Blutkreislauf Parameter zur Tauchphysiologie gewonnen werden (Williams *et al.*, 2012).

Bei einer offenen Biopsie wird durch einen Hautschnitt eine Gewebeprobe entnommen. Dies ist mit Schmerz oder einer örtlichen Betäubung verbunden. Der Eingriff ist äußerst invasiv. Weniger invasive ist eine Stanzbiopsie, die ebenfalls Betäubung voraussetzt. Es ist das Versagen des Kreislaufes und eine Infektion zu besorgen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da nur einzelne Vögel von der Beprobung betroffen sind. Außerdem wird die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt, so dass keine Beunruhigung von Tieransammlungen zu besorgen ist, sofern Mindestabstände eingehalten und sich insgesamt langsam bewegt wird. Die Anwesenheit der Bearbeiter ist zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Der Vogel wird gefangen, berührt und verletzt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Eine Biopsie verursacht sehr starken Stress. Es besteht das Risiko, dass der Vogel durch den Eingriff getötet wird. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **sehr kritisch (Gruppe D)** eingestuft (Kapitel 2.1.5). Vögel und Vogelansammlungen können durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Diese Wirkungen sind im Allgemeinen so gering, dass es zu keiner Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Bearbeiter benötigen unbedingt Erfahrung in dieser Methode. Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o.g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen. Es sollte nicht mehr Vögeln Muskelgewebe entnommen werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.1.2.3.3 Entnahme von Federn, Abschneiden von Federn

Zur Untersuchung stabiler Isotope eignen sich Federn. Sie enthalten Informationen wie sich die Nahrung zur Zeit der letzten Mauser zusammensetzte und erlauben Rückschlüsse auf Rastgebiete. Welche Federn für eine Untersuchung geeignet sind, hängt vom Untersuchungsziel und dem Mauserverhalten (Teil- oder Vollmauser) der Vogelart ab. Für die Isotopenanalyse sind kleine Federmengen ausreichend, so dass das Abschneiden einiger Federspitzen ausreicht, was dennoch als Tierversuch gilt im Sinne des Tierschutzgesetzes. Das Ausreißen von ganzen Federn sollte auch für andere Untersuchungen wie z. B. einer Schadstoffbelastungsanalyse nach Möglichkeit vermieden werden, da dies für den Vogel eine Verletzung einhergehend mit Infektionsgefahr bedeutet.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Der Vogel wird gefangen und berührt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Die Handhabung zum Schnitt der Federn verursacht kurzen Stress. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-1)** eingestuft (Kapitel 2.1.5). Das Zupfen vollständiger Federn sollte vermieden werden, dies wird aufgrund des Verletzungsgrades, der Infektionsgefahr und des vermeidbaren Schmerzes als sehr kritisch gesehen. Vögel und Vogelansammlungen können durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Diese Wirkungen sind im Allgemeinen so gering, dass es zu keiner Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft. Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o. g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen. Es sollte nicht mehr Vögeln und

auch dem einzelnen Tier nicht mehr Federnstücke entnommen werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.1.2.3.4 Abstriche

Die Analyse von Körperausscheidungen ist eine gebräuchliche veterinärmedizinische Methode zur Erkennung von Krankheiten, z. B. Trichomoniasis. Die nicht-invasive „Tupfer-Methode“ entnimmt Abstriche der Schleimhaut im Mund und Rachen mittels steriler Einmal-Wattetupfer. Die Entnahme von Tupferproben ist für den Vogel schmerzfrei (Wink, 2015).

Bürzeldrüsen- oder Kloakensekrete werden durch vorsichtiges Massieren mit sanftem Druck gewonnen (*gentle massage*) und mit einer Pipette aufgenommen, was eine Lokalanästhesie i.d.R. nicht notwendig macht. Die Handhabung bedarf einiger Erfahrung, da die Besorgnis besteht, dass das Bürzelsekret zu einer Verstopfung der Drüse und zu Entzündungen führt.

Ausscheidungen aus dem Kropf werden durch erzwungenes Erbrechen gewonnen, z. B. Spuckreaktion bei Sturmvögeln, was ist mit sehr großem Stress für den Vogel verbunden ist.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Der Vogel wird gefangen und berührt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Der Abstrich verursacht sehr starken Stress und birgt ein sehr geringes Risiko für die Gesundheit des Tieres. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-2)** eingestuft (Kapitel 2.1.5). Vögel und Vogelansammlungen können durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Diese Wirkungen sind im Allgemeinen so gering, dass es zu keiner Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft. Haben Bearbeiter Erfahrung in der Methode, so ist das Risiko für die Gesundheit des Tieres sehr gering. Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o. g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen. Es sollte nicht mehr Vögeln beprobt werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.1.2.3.5 Töten

Töten von Tieren ist eine sehr kritische Methode zur Erhebung wissenschaftlicher Daten und heutzutage keine Routineforschungsmethode mehr. Dennoch lassen sich Ereignisse konstruieren, wo Alternativmethoden nicht zielführend sind und das Töten eines Tieres notwendig sein könnte, etwa bei der Ursachen- und Verlaufsforschung eines Massensterbens mit z. B. der Schadstoffuntersuchung in der Leber.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da nur einzelne Vögel von der Beprobung betroffen sind. Die Tätigkeit wird von einzelnen Personen durchgeführt, die Anwesenheit der Bearbeiter ist zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden, so dass keine Beunruhigung von Tieransammlungen zu besorgen ist. Es besteht keine Besorgnis darüber, dass durch die Entnahme einzelner Tiere, aasfressenden Vögeln die Nahrungsgrundlage in einer Art und Weise entzogen wird, dass schädliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen entstehen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen, da Vögel getötet werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG).

Die gezielte Tötung wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) als **sehr kritische (Gruppe D)** Methode eingestuft (Kapitel 2.1.5). Es sollten nicht mehr Vögel getötet werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig. Vögel und Vogelansammlungen können durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Diese Wirkungen sind im Allgemeinen so gering, dass es zu keiner Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

3.2.1.2.4 Magenspülung

Die Magenspülung wird im Rahmen von nahrungs- und populationsökologischen Studien angewendet. Sie ist eine Standardmethode zur Untersuchung des Mageninhalts von Pinguinen (CCAMLR, 2004). Eine Magenspülung bedeutet für den Pinguin sehr hohen Stress durch den Fang, Verletzungs- und Erstickungsgefahr beim Einführen und Spülen mithilfe des Schlauches und dem Ausfall mindestens einer Nahrungslieferung an die Jungvögel. Lange galt die Magenspülung als gute Alternative zur Tötung von Individuen zur Analyse des Mageninhaltes, doch selbst bei fachgerechter Anwendung liefert sie nicht zuverlässig die gewünschten Ergebnisse (Peter, 2015 mdl.). Heute sucht man wegen der großen Risiken zunehmend nach Alternativen zur Magenspülung. Mit modernen Analyseverfahren kann man heute über DNS-Anteile und Isotopen im Kot der Vögel Rückschlüsse auf die Nahrungszusammensetzung bekommen. Eine Magenspülung ist oft noch zur Kalibrierung anderer Methode notwendig. Wissenschaftliche Untersuchungen, die vollends auf Proben aus Magenspülung basieren, sind wegen ihres invasiven Charakters nicht mehr üblich. Allerdings ist die Magenspülung immer noch eine Standarduntersuchungsmethode bei CCAMLR (CCAMLR, 2004).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen, da Vögel gefangen und berührt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten. Vögel und Vogelansammlungen werden durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen können durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Durch die Magenspülung entsteht sehr starker Stress und ein Risiko für die Gesundheit des Tieres. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999; Kapitel 2.1.5) die Methode als **bedingt vertretbar (Gruppe C)** eingestuft. Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird diese als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft. Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o. g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen.

Es sollte nicht mehr Tieren als unbedingt notwendig der Magen gespült werden. Die Behandlung bedeutet sehr hohen Stress und Verletzungsrisiko für das betroffene Individuum. Bearbeiter sollten unbedingt Erfahrung in der Methode haben. Auf ausreichend Abstand zu anderen Vögeln und anderen Tieransammlungen ist zu achten. Falls es notwendig ist mehrere Magenspülungen vorzunehmen, sollte dies nach Möglichkeit bei verschiedenen Individuen gemacht werden, damit der Fütterungsvorgang nicht wiederholt bei denselben Küken unterbrochen ist.

3.2.1.2.5 Eier und Jungvogeltausch

Die Überlebensrate von Jungvögeln gibt Hinweise zur demographischen Stabilität von Vogelkolonien und Dynamik von Populationen (Poisbleau *et al.*, 2008). Um Erkenntnisse zu den Parametern zu erlangen, die das Überleben beeinflussen, werden Jungvögel (Fragestellung z. B. nach dem Einfluss der Fitness der Elternvögel auf die Überlebensrate) oder Eier (Fragestellung z. B. nach dem Einfluss der Legereihenfolge) aus Nestern entnommen und in fremde Nester der gleichen Vogelart gelegt (z. B. Dehnhard *et al.*, 2014). Dieser populationsökologische und genetisch-wissenschaftliche Arbeitsansatz wird in Kombination mit wiederholter Blutabnahme, wiederholten morphologischen Untersuchungen in der Hand, manuellem Wiegen etc. durchgeführt, was sich langfristig negativ auf die Fitness des Jungvogels auswirken könnte.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Durch den Fang von Jungvögeln auf den Nestern bzw. Entnahme und Einsatz von Eiern können weitere Tieransammlungen beunruhigt werden. Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen, da Vögel gefangen und berührt werden sowie Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Landpflanzen können durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Gefangene Vögel stehen kurzfristig unter sehr starkem Stress. Es erfolgt eine Störung von Ansammlungen (Annäherung an antarktische Warmblüter, Landpflanzen) im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode, die unvermeidbar ist, nach heutigem Kenntnisstand aber nicht zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes oder Populationen führt. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999; Kapitel 2.1.5) die Methode als **bedingt vertretbar (Gruppe C)** eingestuft.

Zu Tieransammlungen sollten so große Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden, auf empfindliche Landpflanzen zu treten, wenn sich zu und zwischen den Nestern fortbewegt wird.

Erfahrung des Durchführenden ist unbedingt notwendig und nachzuweisen. Es besteht das Risiko, Eier/Jungvögel bei der Handhabung zu verletzten. Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden. Ist keine Erfahrung vorhanden, sollte die Methode als „sehr kritisch“ betrachtet werden. Es sollten nicht mehr Nester manipuliert werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig. Es sollten nur in den ersten 1-2 Tagen Jungvögel vertauscht werden, da in dieser Phase der Nestgeruch (z. B. bei Sturmschwalben) oder die Altvogelrufe (z. B. bei Pinguine) noch erlernt werden. Zu einem späteren Zeitpunkt besteht die Besorgnis, dass die Küken die Orientierung und Bindung zu den Altvögeln verlieren könnten.

3.2.1.2.6 Kennzeichnung

3.2.1.2.6.1 Beringung

Vogelberingung wird seit mehr als 100 Jahren angewendet und hat weltweit zu beachtlichen Erkenntnissen z. B. zum Zugverhalten oder zur Lebenserwartung von Vögeln geführt.

Trotz technologischer Entwicklungen im Sender/Logger-Bereich ist Beringung weiterhin eine ornithologische Standardmethode etwa in der Vogelzugforschung oder für Untersuchungen an Individuen (z. B. Life History). Beringung erfolgt in der Regel parallel zu morphologischen Untersuchungen und setzt den Fang des Vogels voraus. In der Antarktis wird die Beringung weniger in der Hoffnung auf zufällige Wiederfunde durchgeführt, sondern um den Vogel in Folgejahren individuell wiedererkennen zu können. Für Populationsstudien werden Vögel häufig mit mehreren Ringen versehen. Es werden Metallringe der Vogelwarten und bunte Plastikringe zur Erkennung von Individuen aus der Ferne eingesetzt. Ringe verbleiben ein Leben lang am Tier. Für Studien, bei denen eine Identifizierung aus der Ferne nicht notwendig ist, z. B. automatische Wägungen, könnte eine Kennzeichnung durch PITs anstelle mehrfacher Ringe erwogen werden. Der Vorteil wäre, dass der Vogel nicht lebenslang äußere Fremdkörper herumtragen müsste. Ein Nachteil ist, dass für die individuelle Kennung ein Lesegerät nahe an den Vogel gebracht werden muss.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel gefangen und berührt werden sowie Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden. Landpflanzen können durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Gefangene Vögel, die in der Hand beringt werden, stehen kurzfristig unter starkem Stress. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-1)** eingestuft (Kapitel 2.1.5). Ringe verbleiben dauerhaft am Tier. Die Erfahrung des Beringers ist ausschlaggebend für die Stärke der Auswirkung, denn nur wenn der Beringer erfahren ist, ist die Prozedur der morphologischen Untersuchung und des Beringens in wenigen Minuten erledigt. Mit der richtigen Handhabung wird z. B. vermieden, dass der Vogel verletzt wird und Ringe nicht bündig schließen (Reduzierung der Gefahr des Hängenbleibens).

Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft. Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden, somit sind alle o. g. potentiellen Auswirkungen zu besorgen.

Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden. Zu Tieransammlungen sollte soviel Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden, auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

3.2.1.2.6.2 Flügelclips

Seit den 1950er Jahren werden Flügelclips an Pinguinen angebracht. Diese Methode wurde lange als die beste verfügbare Möglichkeit zur Markierung von Pinguinen angesehen (Stonehouse, 1999). In neuerer Zeit besteht mit Hilfe von subkutanen Transpondern die Möglichkeit, den direkten Vergleich von beclipten und unbeclipten Pinguinen durchzuführen. Im Durchschnitt benötigen mit Flügelclips versehene Adéliepinguine 3,5 h länger, um die gleiche Nahrungsmenge wie ihre unmarkierten Artgenossen heranzuschaffen (Dugger *et al.*, 2006). Die gleiche Studie fand Effekte in den Überlebensraten und Unterschiede in den Ergebnissen zwischen verschiedenen Jahren heraus. Der erhöhte Energieaufwand für den Vogel beim Schwimmen aufgrund der Veränderung der Stromlinienform des Pinguins durch den Flügelclip ist heute unbestritten (Jackson & Wilson, 2002; Dugger *et al.*, 2006; Gauther-Clerc *et al.*, 2004, Trefry *et al.*, 2013). Zum Beispiel steigt der Energieaufwand beim Schwimmen von Adéliepinguinen um 24 %, die Überlebensrate sinkt um 28 % und die Abnahme einer ohnehin schrumpfenden Adéliepinguinkolonie wird um 3 % beschleunigt (Jackson & Wilson, 2002). Die Methodeneffekte sind so stark, dass die Ergebnisse von ökologischen Studien an Pinguinen, die mit Flügelmarkern durchgeführt wurden, in Frage gestellt werden können (Jackson & Wilson, 2002). Dennoch ist das Setzen von Flügelmarken bei Pinguinen immer noch eine Standardmethode z. B. zur Untersuchung von Überlebensraten (CCAMLR, 2004).

Königspinguine mit Flügelclips erreichen häufig später die Kolonie vor Brutbeginn, haben eine niedrigere Brutwahrscheinlichkeit und weniger Küken. Die Überlebensrate nach 2-3 Jahren ist bei unmarkierten Königspinguinen beinahe doppelt so hoch (Gauthier-Clerc *et al.*, 2004).

Subkutane Transponder als mögliche Alternativmethode verändern nicht die Hydrodynamik des Pinguins, allerdings fehlen Langzeit-Untersuchungen zu deren Auswirkungen und die Praktikabilität im Feld ist ungleich unbequemer (Jackson & Wilson, 2002). Flügelclips können auch bei fliegenden Vögeln angebracht werden. Es ist dabei zu besorgen, dass starke Winde und lange Flugstrecken der Seevögel zu einer negativen Beeinträchtigung u. a. durch erhöhten Energiebedarf führen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel gefangen und berührt werden sowie Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden. Landpflanzen können durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Es besteht ein Risiko den Vogel zu verletzten (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Gefangene Vögel, die in der Hand beringt werden, stehen kurzfristig unter sehr starkem Stress. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **bedingt vertretbar (Gruppe C)** eingestuft (Kapitel 2.1.5). Die angebrachte Markierung beeinträchtigt dauerhaft, dadurch besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres und die Überlebensrate kann herabgesetzt sein. Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft.

Zu Tieransammlungen sollte soviel Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden, auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

3.2.1.2.6.3 Farbmarkierung

Die Wiedererkennung von Individuen ist bei brutbiologischen Untersuchungen notwendig. Dazu werden Vögel beringt, mit subkutanen Transpondern oder mit Farbmarkierungen versehen. Die Farbe wird am Gefieder, Schnabel, Fußzeh oder Bein eines Vogels temporär angebracht. Zur Markierung wird der Vogel gefangen und morphologisch untersucht. Die Farbe lässt mit der Zeit nach oder fällt mit der nächsten Mauser ab. Artspezifische Erkennungsmerkmale sollten nicht übermalt werden. Die Farbe sollte keine toxischen Bestandteile beinhalten. Die Markierung kann mit einem Pinsel am langen Stiel mit einigem Abstand zum Vogel aufgetragen werden (Schuster, 2010).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, wenn Vögel gefangen und berührt werden oder bei Farbmarkierung aus der Entfernung Vögel und Vogelansammlungen beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG und Nr. 2 d, e, f AUG). Die Vögel werden berührt, kurzzeitig gefangen, kurzfristig gestört und stehen unterdessen unter sehr starkem Stress. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) die Methode als **eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-1)** bzw. bei Veränderung artspezifischer Merkmale als **bedingt vertretbare Methode (Gruppe B-2)** eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Der Pinsel muss in diesem Fall als verlängerter Arm gesehen werden, so dass der Vogel gewissermaßen berührt wird. Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden. Zu Tieransammlungen sollte soviel Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

3.2.1.2.7 Anbringung von Geräten (Sender, Bio-Logger, Kamera)

Die technische Entwicklung transportabler Datenspeicher, -sender und Kameras hat in den vergangenen fünfzehn Jahren eine rasante Entwicklung erfahren. Während Carstens *et al.* (1999) noch über die Gewichte der externen Geräte diskutierten und die vorläufige Bewertung mit dem Gewicht des Gerätes begründeten, ist heute die ergonomische Anbringung für die Einschätzung der Auswirkung entscheidender (Barron *et al.*, 2010; Exo *et al.*, 2013).

Gemessen an den zahlreichen Untersuchungen, bei denen externe Instrumente an Vögeln eingesetzt wurden, gab es lange Zeit kaum Untersuchungen zur Wirkung der Instrumente auf ihre Träger (Vandenabeele *et al.*, 2011).

Im Folgenden werden Anwendungsmerkmale externer Geräte kurz vorgestellt. Die Möglichkeiten, die verschiedenen Eigenschaften (Funk oder Satellit, Anbringung Rucksack oder Ring, mit oder ohne Antenne, die abfällt oder verbleibt, Batterie- oder Solarbetrieb, Transponder u.v.m.) miteinander zu kombinieren und für spezifische Fragestellungen, einzelne Arten (Größe, Empfindlichkeit) und Untersuchungsgebiete (z. B. Lichtregime des Polartages) individuell anzupassen, sind äußerst vielfältig. Daher wird für externe Geräte eine gemeinschaftliche vorläufige Bewertung am Ende des Kapitels vorgenommen. Die vorläufige Bewertung der drei Geräte, die im Vogelkörper angebracht werden, erfolgt bei der entsprechenden Beschreibung.

1. Welche Geräte werden an Vögeln befestigt?

- RFID *Radio Frequency Identification*: ermöglicht Individuen aus kurzer Entfernung (‹ 1 m) mittels mobiler Antennen an häufig besuchten Orten zu erkennen
- PIT Passive Integrated Transponder: ermöglicht Individuen aus kurzer Entfernung (‹ 1 m) mittels mobiler Empfangsantennen zu erkennen; der mit einem PIT versehene Vogel trägt selbst keine Antenne, keine Batterie; der PIT verbleibt dauerhaft subkutan
- VHF (*Very High Frequency*) *telemetry*: ermöglicht Erfassung von Aktionsräumen, Reichweite mehrere Kilometer; Antenne, Batterie
- GSM (*Groupe Spécial Mobile*), Mobilfunk: ermöglicht Erfassung von Zugrouten, Aktionsräumen, physiologischen Parametern, Umweltfaktoren; Reichweite weltweit sofern Mobilfunknetz verfügbar ist
- GLS (*Geolocation Light Sensor*): Erfassung individueller Zugrouten; Reichweite weltweit; Wiederfang zur Datengewinnung notwendig; auch für kleinere Vögel geeignet

- GPS (*Global Positioning System*)-Satellitentelemetrie: Erfassung weltweiter Zugrouten und Aktionsräume, Batterie oder Solarmodul
- ARGOS-Satellitentelemetrie (Dopplerverfahren): Erfassung weltweiter Zugrouten und Aktionsräume, Batterie oder Solarmodul
- temporäre Sonden zur Erfassung von z. B. Temperatur und Menge von aufgenommener Nahrung, Umweltinformationen wie Wasser- und Lufttemperatur, Salzgehalt des Wassers, Wassertiefen, physiologische Aufzeichnungen von Körpertemperatur, Herzschlagrate, Elektroenzephalografie
- Minikameras: liefern Informationen u. a. zu (Jagd-)Verhalten, Revierkämpfen, Nachwuchspflege
- implantierte Datenlogger zur Erfassung physiologischer Parameter

Mitentscheidend für die Belastung des Vogels ist das Gewicht des Senders im Verhältnis zur Körpermasse. Bei Albatrossen und Sturmvögeln sollten die Geräte weniger als 3 % des Körpergewichts wiegen, um negative Auswirkungen zu vermeiden (Phillips *et al.*, 2003). Es gibt Unterschiede in der Empfindlichkeit der Arten (Phillips *et al.*, 2003). Üblicherweise werden Logger leichter als 3 % des Körpergewichts eingesetzt. Dennoch wurden auch schon negative Auswirkungen bei leichteren Geräten festgestellt (Adams *et al.*, 2009). Gewichte kleiner als 3 % der Körpermasse sind für die meisten Arten technisch umsetzbar. Bei der Berechnung sollten unbedingt die Gewichte der Anbringungsmaterialien z. B. des Rucksackgeschirrs einbezogen werden (die Hersteller von Sendern/Loggern geben i. d. R. das Nettogewicht der Sender an).

Es wird nicht immer nur ein Gerät angebracht, sondern mehrere Logger können zur Erfassung von Umweltparametern wie Wassertiefe, Temperatur, Beschleunigung und zur Ermittlung der geographischen Position am selben Tier befestigt sein (Sommerfeld *et al.*, 2013).

Bei Sumpfschwalben (*Tachycineta bicolor*) z. B. wurden keine kurzfristigen negativen Einflüsse auf Wachstumsraten und Reproduktion durch den Aufsatz von 1 g schweren Geolokatoren im Rucksack festgestellt. Allerdings wurden langfristige negative Beeinflussungen – wie eine höhere Sterblichkeit und geringere Brutwahrscheinlichkeit – nachgewiesen (Gómez *et al.*, 2014). Walvögel (*Pachyptila)* zeigten nach einer Besenderung mit Geolokatoren keine auffälligen Verhaltensänderungen im laufenden Brutgeschäft (Quillfeldt *et al.*, 2012). Allerdings tendierten adulte Walvögel, die ein GLS trugen, bei ungünstigen Bedingungen z. B. geringer Futterverfügbarkeit, eher zum Ausfall der Jahresbrut (Quillfeldt *et al.*, 2012).

2. Wie und wie lange werden die Geräte am Vogel befestigt?

Der Ort der Anbringung (z. B. Rücken oder Bein) spielt eine sehr wesentliche Rolle für die eventuelle Behinderung des Vogels (Hawkins, 2004). Dabei gibt es kein „besser“ oder „schlechter“, sondern es kommt auf das Gerät und die Vogelart an. Je nach Gerät und Vogelart ist die Anbringung auf dem Rücken, an der Brust, unter dem Bürzel, am Schwanz, am Fuß oder Bein oder um den Hals sinnvoll. Wichtig ist eine ergonomische Anbringung, um den Energieverbrauch beim Schwimmen und Fliegen so gering wie möglich zu halten. Daher ist auf die Stromlinienform des Gerätes (inklusiv der Antenne) an sich und nach Anbringung an das Tier besonders zu achten.

Implantate müssen nicht grundsätzlich verteufelt werden, da abgesehen von der Operation des Einsetzens, die unter Narkose und möglichst von einem Tierarzt erfolgen muss, das Leben mit dem Implantat weniger beeinträchtigt wird als mit einem externen Sender (Green *et al.*, 2004).

a) Externe Anbringung:

- Rucksack („Harness“): gebräuchlichste Form der Anbringung bei größeren Geräten und Geräten mit Solarmodulen oder Antennen; gute Gewichtsverteilung; das Geschirr muss artspezifisch und individual angepasst sein
- Beinschlaufen (nicht zu empfehlen z. B. bei Sturmschwalben; Barron *et al.*, 2010)

- Befestigung an Federn mit Klebstoff oder Tape (bei Sturmvögeln ohne negative Auswirkung (Barron *et al.*, 2010, Quillfeldt *et al.*, 2012); die Vögel verlieren die Geräte nach der nächsten Gefiedermauser.
- Übergestülpt als Halsringe, z. B. bei Kormoranen
- eher unüblich: extern via chirurgischem Faden (Pollet *et al.*, 2014); der Faden löst sich auf und das Gerät fällt ab
- im Fußring integriert oder daran befestigt

Die Art der Anbringung ist nur bedingt an den Anwendungszweck (GPS, Geolocator etc.) gebunden, entscheidend für die zu wählende Anbringung ist die Größe der Vogelart und ihre Lebensweise. Die Vor- und Nachteile sind einzelfallspezisch abzuwägen. Einige Erfahrungen hierzu sind exemplarisch im Folgenden beschrieben.

Für einige Arten hat sich die Rucksackmethode als gut geeignet erwiesen, für andere Arten ist diese ungeeignet (Hawkins, 2004, Quillfeldt *et al.*, 2012). Daher sollte vor Einsatz in der Antarktis bei nahverwandten Arten oder Zoo- bzw. Volierentieren die Praktikabilität der Senderbefestigung und die Empfindlichkeit der Art getestet werden. Das Material des Geschirrs wird je nach gewünschter Dauer gewählt und hält „ein Leben lang“ oder „zerlegt sich nach Wochen, Monaten oder Jahren in seine Einzelteile“ (Silikon basiert, Gummi, Teflon, Plastik etc.). Herrod *et al.*, (2014) zeigten an Papageien, dass mit Rucksackgeschirr befestigte Ortungsgeräte das Verhalten, jedoch nicht die Körpermasse beeinflussen. Die Autoren vermuten, dass dies auch für weitere Vogelarten gelten kann. Ein Vergleich von Befestigungsmethoden des GLS-Loggers ergab, dass Küken von Wellenläufern (*Oceanodroma leucorhoa*), die Geräte trugen, die mit Hilfe chirurgischer Fäden eingenäht waren, geringere Wachstumsraten aufwiesen (Pollet *et al.*, 2014). Der Vorteil ist hier, dass die Fäden sich nach einiger Zeit auflösen und das Gerät abfällt, so dass kein Wiederfang notwendig ist. Der Nachteil ist neben oben genannten auch die vergleichsweise invasive Art der Anbringung. Wilson *et al.*, (2004) zeigten, dass flexible Antennen die negativen Auswirkungen in Form von erhöhtem Energiebedarf der Pinguine beim Schwimmen beträchtlich verringern. Ihre Empfehlungen für das Design der Antennen zur Mitigation: Verringerung von Durchmesser und Länge der Antenne, Antenne so nah wie möglich am Körper anliegend, so flexibel wie möglich, mit Klappvorrichtung an der Basis und Antennenquerschnitt in Tränenform.

Grundsätzlich liefern externe Geräte eine hervorragende Möglichkeit neue Erkenntnisse mit modernen und – im Vergleich zu klassischen invasiven Methoden – Tier schonenden Verfahren zu gewinnen (Carstens *et al.*, 1999). Die Auswirkungen am Vogel durch die angebrachten Geräte sind art- und gerätespezifisch sehr verschieden. Insbesondere ist die Art der Anbringung, die je nach Vogel in Bezug auf Art, Gerät und Fragestellung individuell gewählt werden muss, entscheidend. Erfahrung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen ist Voraussetzung für eine möglichst schonende und passgenaue Anbringung der Geräte.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG bei der Anbringung externer Geräte

Vögel werden berührt und es besteht ein Verletzungsrisiko (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Vogel- und Vogelansammlungen können beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Die

Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG und Nr. 2 d, e, f AUG).

Das Anbringen von Sensoren ist im Sinne des Tierschutzgesetzes ein Tierversuch (Ausnahme: Sensoren am Beinring). Die vielfältigen Möglichkeiten, externe Geräte studienspezifisch zu modellieren, machen eine allgemeine „Einsatz unabhängige" vorläufige Bewertung für externe Geräte als Typengruppe schwierig.

Da der Vogel zur Anbringung des Gerätes gefangen werden muss, wird die Methode mindestens als „eingeschränkt unbedenklich" (Gruppe B-2) bewertet. Durch die technische Entwicklung hin zu sehr kleinen Geräten wird die Anbringung von externen Geräten insgesamt als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) bewertet, da die Geräte vorübergehend beeinträchtigen. Für Vögel, für die es keine Voruntersuchungen an ähnlichen oder verwandten Arten zur Empfindlichkeit bezüglich der Anbringung von externen Geräten gibt, besteht ein Risiko für die Gesundheit. In diesem Fall ist die Methode nur **bedingt vertretbar** (Gruppe C). Bei mangelnder Erfahrung der Bearbeiter ist die Anbringung von externen Geräten als **sehr kritisch** (Gruppe D) zu betrachten.

b) Anbringung eines Instruments innerhalb des Körpers

- durch Einsetzen in vorhandene Körperöffnungen (z. B. Magensonden)
- subkutan appliziert (z. B. PIT)
- durch Operation in der Leibeshöhle (z. B. Logger für Herzschlagrate)

Grundsätzlich sollten bei Methoden, bei denen ein Mess- oder Aufzeichnungsgerät in einem Tier platziert wird, nur von nachweislich in der Methode erfahrenen Personen angewendet werden. Die Erfahrung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen ist Voraussetzung für eine fachgerechte und möglichst schonende Handhabung. Die Beprobung sollte immer mit modernstem veterinärmedizinischem Material und Methoden durchgeführt werden und auf ein Minimum an Individuen begrenzt werden.

3.2.1.2.7.1 Magensonden / Halssonden

Die Sonden registrieren die Temperatur und die Menge der verschluckten Beute. Temporär eingesetzte Sonden wie Halssonden werden unter Einwirkung eines Gleitmittels in den Hals eines großen Vogels, z. B. Albatros, eingeführt. Dort spreizen sich Klammern und die Sonde sitzt für den Zeitraum der Untersuchung fest. Magensonden werden bis in den Magen z. B. eines Pinguins eingeführt. Sie wird anschließend mit Hilfe von Magenspülung und provoziertem Erbrechen wieder rausgeholt (Phillipps *British Antarctic Survey*, mdl. Mitteilung).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

Vögel werden berührt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Da diese gefangen werden, stehen sie kurzfristig unter sehr starkem Stress. Die Sonde muss mit einer Magenspülung zurückgewonnen werden. Es besteht Verletzungsgefahr, deshalb ist die Methode nur **bedingt vertretbar** (Gruppe C). Bei mangelnder Erfahrung der Bearbeiter ist die Anwendung als **sehr kritisch** (Gruppe D) zu betrachten.

Die Anzahl der Vögel, an denen eine Sonde eingesetzt wird, sollte auf ein Minimum begrenzt werden. Die Untersuchung ist so durchzuführen, dass möglichst keine Ansammlungen von Tieren im Umfeld beunruhigt oder geschädigt werden.

Vogel- und Vogelansammlungen können beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG und Nr. 2 d, e, f AUG).

3.2.1.2.7.2 Mini-Transponder/ PIT personal identification tag

PIT ermöglicht eine automatisierte Individualerkennung von Tieren an häufig benutzten Orten wie Brutplätzen. Der Vogel muss kein weiteres Mal zur Individualerkennung gefangen werden. Das System besteht aus Transponder/Chip im Tier, einem Lesegerät, einer Empfangsantenne und einer Energiequelle. Die Transponder werden mit einem sterilen Applikator direkt unter die Haut gesetzt, wo sie im Gewebe fest sitzen. Der Mikrochip ist inaktiv und sendet keinerlei Strahlen aus, der Transponder enthält keine Batterien. Je nach Anwendung, Lesegerät und Tier kann die Applikation an der Brust, den Flanken, am Rücken oder an den Flossen (Robben) erfolgen. Durch elektromagnetische Wellen, die von dem Lesegerät ausgehen, wird der Chip aktiviert und die Daten können übertragen werden. Die Chips werden so bei der Passage eines Lesegerätes ausgelesen, z. B. wenn der Pinguin aus dem Wasser kommt oder dahin zurückgeht. Die Lesegeräte müssen bis ca. 40 cm an den Chip/das Tier heran. Das Lesegerät wird oft zusammen mit im Boden integrierten Waagen an oft besuchten Orten installiert. Der Chip ist von einem Glasmantel umgeben, damit er nicht von dem Gewebe des Tieres abgestoßen wird; er verwächst mit dem Gewebe. Der Chip bleibt ein Leben lang erhalten und muss nicht erneuert werden. Die Gerätegrößen liegen zwischen 8,5 mm und 32 mm Länge und 1,35 mm und 4 mm Durchmesser, das Gewicht beträgt weniger als 1g. Beim Setzen des PITs werden zumeist Begleitdaten erhoben (Blut- und Federprobe, morphologische Vermessungen etc). PITs bei Vögeln wurden bereits mehrfach in der Antarktis und der Sub-Antarktis angewendet (Gauthier-Clerc *et al.*, 2004; Dugger *et al.*, 2006; Bonter & Bridge, 2011; Dehnhagen, 2012). PIT ist eine vergleichsweise empfehlenswerte Alternative für externe Geräte. Er verbleibt nach dem Tod des Tieres als Abfall in der Umwelt (§ 21 ff. AUG).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen werden und steht kurzfristig unter sehr starkem Stress. Vogel- und Vogelansammlungen können beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Die Erfahrung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in der Methode ist Voraussetzung für eine fachgerechte und möglichst schonende Applikation. Die Methode wird als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft.

3.2.1.2.7.3 Implantierte Datenlogger

Die Einpflanzung von Datenaufzeichnungsgräten ermöglicht physiologische Untersuchungen an frei beweglichen (schwimmend, tauchend, fliegend, ruhend usw.) Tieren. Abgesehen von der Operation

des Einsetzens, die unter Narkose und möglichst von einem Tierarzt erfolgen muss, behindert ein Implantat weniger als ein externer Sender (Green *et al.*, 2004). Ein Implantat besteht aus künstlichem Material, d. h. es löst keine biologische Reaktion im Tiergewebe aus. Dennoch kann die Anwesenheit eines Objektes in der Leibeshöhle, das annähernd so groß ist wie ein Ei der selben Vogelart, zu Eimissbildungen und wahrscheinlich auch zu einer verringerten Lebensfähigkeit der Eier führen (Hooijmeijer *et al.*, 2014). Bei großen Watvögeln reduzierte die Verwendung implantierter Satellitensender die Nistbereitschaft und bewirkte Fruchtbarkeitsausfälle (Hooijmeijer *et al.*, 2014). Dies spricht gegen die Verwendung implantierter Sender bei Studien zur Brutbiologie. Die Methodik zur Zugforschung einzusetzen bedarf einer sorgfältigen Prüfung der zu untersuchenden Vogelart. Externe Geräte als Alternative einzusetzen, sollte ebenfalls sorgfältig geprüft werden.

Für eine operative Einbringung von größeren Datenloggern ist eine Narkose notwendig. Die Narkose birgt ein hohes Risiko des Kreislaufversagens und der Unterkühlung. Bei Vögeln sind Injektions- oder Gasinhalationsnarkosen möglich. Letztere wird in der modernen Tiermedizin bevorzugt, ist aber im Feld schwer einzusetzen. In jedem Fall sollte eine Narkose nur von einer in der Tiermedizin und der Narkotisierung an Vögel erfahrenen Person, vorgenommen werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

Der Vogel muss für die Untersuchung gefangen und berührt werden. Aufgrund der Operation und der Narkose bestehen hohe Gesundheitsrisiken für das Tier. Das operative Implantieren von Geräten wird gemäß der Kriterien von Carstens *et al.* (1999) als **sehr kritisch** (Gruppe D) bewertet (Kapitel 2.1.5).

Vogel- und Vogelansammlungen können beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden. Die Handlungen können zur Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG und Nr. 2 d, e, f AUG). Es existieren i.d.R. schonendere Methoden zur Erfassung physiologischer Parameter z. B. in Form von kleinen externen Geräten.

c) Wie lange verbleibt das Gerät am Vogel?

Die Dauer der Anbringung kann von wenigen Wochen bis ein Leben lang sein. Für die Datengewinnung ist es bei einigen Geräten notwendig, den Vogel wieder einzufangen (Kamera, GLS). Bei größeren Vögeln (Stand der Technik 2014: Vogel schwerer als ca. › 400 g) kann das Gerät mit einem zusätzlichen GPS-Sender versehen werden, was die Ortung ermöglicht und sowohl den Wiederfang des Vogels als auch den Verbleib des Gerätes in der Umwelt vermeiden hilft.

d) Woher kommt die Energie?

Aktive Geräte benötigen eine Stromquelle (Batterien oder Solarzellen), passive Transponder kommen ohne eine eigene Energiequelle aus, da sie vom Lesegerät initialisiert werden.

e) Welche negativen Einzelwirkungen sind durch die Gerätschaften möglich?

Barron *et al.*, (2010) zeigten in einer umfangreichen Literaturstudie, dass es deutliche Hinweise gibt, dass sich externe und interne Geräte auf den Vogel (und die gewonnen Daten) negativ auswirken.

Viele weitere Studien belegen Effekte durch das Tragen externer Geräte (Ballard *et al.*, 2001, Hawkins, 2004, Ropert-Coudert *et al.*, 2007, Vandenabeele *et al.*, Ludynia *et al.*, 2012, Quillfeldt *et al.*, 2012, Pennycuick *et al.*, 2012):

- Verhaltensänderungen bei der Nahrungssuche
    - länger andauernde und häufigere Nahrungsflüge
    - Veränderungen bei der Nahrungsmenge und der Nahrungszusammensetzung
    - Insgesamt höherer Aufwand bei Nahrungsflügen, evtl. weniger Futter für die Küken als Folge
- Verhaltensänderungen beim Tauchen
    - Veränderung der Zahl der Tauchgänge, der Tauchperioden und des Tauchprofils
    - Veränderung der Tauchtiefe und –dauer sowie der Oberflächenzeiten zwischen den Tauchgängen
- Physiologische Veränderungen
    - Feder- und Körpermassenverlust
    - Fitnessverlust bei Alt- und Jungvögeln
    - hormonelle Veränderungen
- Herabsetzen des Bruterfolgs
    - Überlebensrate der Alt- und Jungvögel sinkt
    - Wachstum der Jungvögel verlangsamt sich
    - geringere Verteidigungsbereitschaft gegenüber Räubern
    - späterer Brutbeginn, Nestzeiten der Altvögel verkürzen sich
    - kleinere Gelegegrößen

Beim Anbringen des Gerätes am Vogel entstehen zusätzliche negative Auswirkungen:

- Störung durch Annährung
- Fang verursacht starken Stress (Hormonspiegelveränderung, erhöhter Herzschlag usw.)
- mögliche Verletzungen durch Fluchtversuche oder die Handhabung
- Störungen in der Brutkolonie

und nach Beendigung der Feldaktivität

- Verbleib von Abfall in der Umwelt (Batterien, Solarzellen, Befestigungsmaterial)
- oder notwendiger Wiederfang.

3.2.1.2.8 Untersuchungsmethode ohne vorherigen Fang

3.2.1.2.8.1 Gewebeproben toter Tiere

Kot und Gewebe von toten Tieren werden zum Beispiel für Schadstoff- und Isotopenanalysen gesammelt.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen Schädigung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt wird, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorüberge-

hend ist. Durch richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden. Es ist unwahrscheinlich, dass durch die Entnahme einzelner Tierteile, aasfressenden Vögeln die Nahrungsgrundlage in einer Art und Weise entzogen wird, dass schädliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen entstehen.

Betroffenheit § 17

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e, f AUG).

Diese Auswirkungen sind jedoch so gering, dass dies zu keiner nachteiligen Veränderung des Lebensraums von Arten oder Populationen führt. Zu Tieransammlungen sollte ausreichend großer Mindestabstände eingehalten werden, damit keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **unbedenklich** (Gruppe A) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.1.2.8.2 Manipulationen am Nest ohne Fang von Individuen

Installationen von Messeinrichtungen erlauben das automatische Erfassen von Daten. Wägebrücken etwa messen regelmäßig das Gewicht eines Vogels, der sich auf dem Nest niederlässt. Körperschallmikrophone nehmen die Herzschlagrate auf und Bild- und Videoaufnahmen halten das Verhalten fest.

Die Herzschlagrate kann mit einem künstlichen Ei oder einem Stethoskop-Mikrophon gemessen werden. **Das künstliche Ei** ist eine Technik zur nicht-invasiven Registrierung der Herzschlagrate beim brütenden Vogel. Mit Hilfe eines Infrarotsenders im Kunstei wird am Brutfleck des Vogels die Herzschlagrate gemessen. Das Ei ist im Nest fixiert, damit sichergestellt ist, dass der Sensor immer nach oben zum Brutfleck ausgerichtet ist. Eine kleine Batterie dient als Stromquelle. Vom Sensor-Ei führt ein ca. 10 m langes Kabel zur Signalsammelbox und von dort führt ein ca. 50 m langes Kabel zum Datenlogger. Neuere Messgeräte können die Daten kabellos übertragen. Das Austauschen des Eis erfolgt nach Nimon *et al.*, 1996) wie folgt: eine einzelne Person nähert sich dem Nest langsam und geduckt bis auf Armlängenentfernung. Das künstliche Ei wird mit dem Kabel im Nest „eingebaut“ und fixiert, das Kabel unter den Neststeinen verdeckt gelagert, die Neststeine in die Ursprungslage gebracht. Der Vorgang des Austauschens und platzieren des künstlichen Eies dauert nur einige wenige Minuten (Schuster, 2010).

Bei einigen Pinguinarten und anderen Vögeln mit mindestens zwei 2 Eiern kann das echte Ei in einem Nachbarnest zwischengelagert werden, sofern dort die maximale natürliche Eianzahl nicht erreicht ist. Bei Vögeln mit nur einem Ei, z. B. Riesensturmvogel, muss das entnommene Ei für die Zeit des Versuchs in einem Brutkasten aufbewahrt werden. Es bestehen Wissenslücken hinsichtlich der Auswirkungen der vorübergehenden Eientnahme. Die Elternvögel können – sofern möglich - zusätzlich mit einer wasserbasierten Farbe und einem Pinsel am Stiel gekennzeichnet werden, ebenso können einige Neststeine zur leichteren Wiedererkennung farblich markiert werden.

Diesen Methoden ist gemeinsam, dass der Vogel nicht gefangen werden muss. Es sind normalerweise nur zwei Störungen nötig, eine zur Installation und eine zur Deinstallation der Datenerfassungssysteme.

Damit die Störung nicht die ganze Kolonie betrifft, sollte für die Untersuchung ein Nest am Rande ausgewählt werden. Randnester sind allerdings von vornherein häufigeren Störungen ausgesetzt, so dass sich zusätzliche Störungen überverhältnismäßig auf den Bruterfolg auswirken könnten.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen Schädigung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt wird, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e AUG). Die Handlungen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG). Die Manipulation am Nest bewirkt eine vorübergehende, kurze Störung am Brutplatz und auf Individuen (§ 17 Abs. 1 Nr. 1). Das Originalei wird durch das Kunstei ausgetauscht, es besteht die Gefahr der Schädigung des Eies durch Unterkühlung oder Handhabung. Es bestehen Wissenslücken zu den Auswirkungen auf das ausgelagerte Ei. Die Annäherung von Menschen sollte in einer Art und Weise erfolgen, dass möglicherweise einzelne Tiere, aber nicht die gesamte Ansammlung beunruhigt wird. Einzelne Pflanzen können durch Niedertreten beschädigt werden ohne die Verbreitung oder Dichte der Landpflanzen erheblich zu beeinträchtigen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) werden Manipulationen am Nest daher als **eingeschränkt unbedenkliche Methoden** (Gruppe B-1) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Zu Tieransammlungen sollte entsprechend große Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Alternativ kann zur Messung der Herzschlagrate ein Stethoskop-Mikrophon in das Nest gelegt werden, deren Einsatzmöglichkeit ist bei starkem Wind jedoch eingeschränkt ist. Hierfür ist keine Eientnahme notwendig.

3.2.1.2.8.3 Störungsexperimente an Vögeln

Störungsexperimente dienen dazu, das Verhalten einzelner Arten in Stresssituationen und der Belastbarkeit von Kolonien zu untersuchen (Pfeiffer & Peter, 2003). Die Ergebnisse können der Entwicklung sinnvoller Naturschutzrichtlinien dienen, wie z. B. für Mindestabstände zu Brutvögeln. Störungsexperimente bedingen Installationen (Stethoskop-Mikrophon, Kamera, künstliches Ei) zur Messung des Störungsgrades. Zusätzlich zur zweimaligen Störung bei Installation und Deinstallation von Messgerät und Kamerasystem werden wiederholt Störungen am Brutplatz produziert. Die Untersuchung der eigentlichen Störung kann mithilfe unterschiedlicher Versuchsansätze wie z. B. Variation der Störungsquelle, Kategorisierung der Störungsgrade und Interpretation der Verhaltensänderungen anhand von Videoanalysen erfolgen. Die Störung wird künstlich konstruiert (z. B. eine Person nähert sich, drei Personen nähern sich usw.) und mit zeitgleich erfassten Videoaufnahmen und Herzschlagraten in Beziehung gebracht.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen Schädigung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt wird, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können. Die Handlungen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen. Einzelne Tiere können aufgrund provozierten Stresses gestört bis verletzt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 d, e, f AUG).

Aufgrund des wissenschaftlichen Ansatzes werden verschiedene Stärken von Stress provoziert. Die Störung von Ansammlungen antarktischer Warmblüter im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode ist dabei unvermeidbar, führt aber nach heutigem Kenntnisstand nicht zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes oder Populationen. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) werden Störungsexperimente mit ihren produzierten Stresspegeln in verschiedenen Stärken daher als **bedingt vertretbare Methode** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.1.2.9 Beobachtung und Zählung

3.2.1.2.9.1 Fernglas, Spektiv

Mit Hilfe optischer Mittel werden Vögel aus der Ferne gezählt und beobachtet, um Erkenntnisse zum Bestand oder zum Verhalten zu gewinnen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können. Die Handlungen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d-f AUG).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird das Beobachten aus der Ferne daher als **unbedenklich** (Gruppe A) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Zu Tieransammlungen müssen Mindestabstände eingehalten werden, damit keine Tiere oder Tieransammlungen beunruhigt, gestört oder beeinträchtigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

3.2.1.2.9.2 Kartierung mit GPS

Bei dieser klassischen Kartierungsmethode läuft die kartierende Person entlang der Koloniegrenzen und bei größeren auch innerhalb einer Kolonie. Das Verhalten und die Erfahrung der Person beeinflusst dabei sehr stark das Ausmaß der Störung. So provozieren vor allem schnelle und für die Tiere schlecht berechenbare Bewegungen die Gefahr des kurzzeitigen Nestverlassens der Altvögel (Mustafa *et al.*, 2014). Dadurch könnten Eier und Jungvögeln Prädatoren ausgeliefert werden oder unterkühlen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Die Integrität und Entwicklung des Ökosystems kann in begrenztem Umfang beeinflusst werden. Veränderungen sind jedoch innerhalb von Wochen bis Monaten, spätestens innerhalb eines Jahres reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können. Die Handlungen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d-f AUG).

Es erfolgt eine Beunruhigung am Brutplatz. Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Erfahrung des Durchführenden ist unabdingbar und nachzuweisen. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird das Beobachten in und am Rande der Brutkolonie daher als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.1.2.9.3 Akustische Erfassung, festinstallierte Kameras

Feste Installationen z. B. auf Masten montierte Ton- und Bildaufzeichnungsgeräte werden für Verhaltensstudien, Bestandserfassungen und z. B. auch für bereits erwähnte Störungsexperimente genutzt. Die Geräteschaften verändern das optische Erscheinungsbild der Brutplatzumgebung für die Dauer der Untersuchung.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Während des Auf- und Abbaus fester Installationen am Brutplatz entstehen zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen und die Landumwelt wird verändert (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 5 AUG). Von einer erheblichen Schädigung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt wird, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden. Dazu ist Erfahrung des Durchführenden unabdingbar und nachzuweisen.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können. Die Handlungen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen

(§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d-f AUG). Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Zu Tieransammlungen sollte soviel Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden, auf empfindliche Landpflanzen zu treten. Die Geräte sind am Ende der Untersuchung abzubauen.

3.2.1.2.9.4 Ferngesteuerte Fahrzeuge mit Kameras, PIT-Ausleser

Mobile, ferngesteuerte Mini-Fahrzeuge werden für die Wiedererkennung von Individuen (PIT) oder für Nahaufnahmen eingesetzt (LeMaho *et al.*, 2014). Die Methode stellt eine empfehlenswerte Methode dar als Alternative zu mehrfachen Farbringen und zur Vermeidung von Wiederfang zur Individualerkennung. Optik (z. B. kann das Fahrzeug wie ein Artgenosse aussehen) und Bewegungsgeschwindigkeiten der ROV (*remotely operated vehicle*) können so angepasst werden, dass sie natürlichen Ereignissen entsprechen und keine sichtbare Störung verursachen (LeMaho *et al.*, 2014).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß oder kleine Landfahrzeuge beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können. Die Handlungen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b, d-f AUG). Es erfolgt eine vorübergehende Beunruhigung am Brutplatz. Erfahrung des Durchführenden ist unabdingbar und nachzuweisen. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Die Geschwindigkeit des Fahrzeuges sollte angepasst werden, ggf. auch die Optik, damit die Störung natürlichen Ereignissen entsprechen kann. Der Durchführende sollte ausreichend Abstand halten, damit Tiere und Tieransammlungen nicht beunruhigt werden.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.1.2.9.5 Fliegende Trägerplattformen – „Drohne“

Unbemannte fliegende Trägerplattformen, sogenannte Drohnen (UAV - *unmanned aerial vehicle*), die mit zusätzlichen Gerätschaften wie z. B. (Wärmebild-)Kameras ausgestattet sind, überfliegen Vogelkolonien zur Bearbeitung von Fragen zu Populations- und Brutbiologie oder erheben Daten für die terrestrische Forschung. In der Vogel- (und Robbenforschung) kommen vor allem die Mikrokopter (kleine, stets batteriebetriebene Quadro-, Hexa- und Octokopter) zum Einsatz. Ein Kartierungsflug ist meist programmiert, Start und Landung erfolgen manuell gesteuert. Drohnen können Gelände aus der Luft erkunden, z. B. zur Erstellung von digitalen Oberflächen- und Höhenmodellen. Die Geräuschpegel variieren mit dem Typ und Last, sie liegen im Falle von Mikrokoptern bei ~70 dB in 5 m Abstand. Die Flugzeit ist von Aufgabe, Akkuleistung, Modell und Temperaturen abhängig. Sie liegt zwischen 8 und 45 min. Die Reichweite ist ebenfalls von verschiedenen Faktoren (Typ Sender, Empfänger, Flugradius, Windverhältnisse) abhängig und liegt beispielsweise laut Herstellerangaben beim

Modell Graupner MX-20/MC-32 mit Empfänger GR-16 bei 4 km. Je nach Drohnentyp können Flughöhen bis 3.000 m erreicht werden. Der Einsatz der Mikrokopter ist durch Windgeschwindigkeiten limitiert, die Einsatzgrenze liegt bei ca. 30 km/h. Ein anderes Beispiel für ein UAV ist das von der TU Braunschweig entwickelte Miniflugzeug Carolo T200. Es hat ein Eigengewicht von ca. 4,5kg und verfügt über ca. 1,5 kg Nutzlast. Die Flugdauer beträgt ca. 1 Std. bei einer Flughöhe bis zu 4 km, einer max. Geschwindigkeit von 65 km/h und einem Flugradius bis 40 km.

Entscheidend für die Bewertung von möglichen Auswirkungen ist die Präsenz einer Brutkolonie, die Flughöhe (wenige Meter bis 3.000 m), bei niedrigen Flügen die Fluggeschwindigkeit (z. B. schneller als ein im Lebensraum beheimateter Vogel), die Lautstärke und eventuell die Flugrichtung. Störung von Vögeln und Meeressäugern sind möglich, insbesondere, wenn in, direkt über oder in der Nähe von Kolonien oder Ruheplätzen geflogen wird. Wiederholte Störungen während der Brutzeit können sich negativ auf den Bruterfolg der betroffenen Arten auswirken und im Extremfall sogar zur Aufgabe des Brutplatzes führen. Störungen durch Mikrokopter in einer Pinguinkolonie sind anhand von Verhaltensaufzeichnungen noch in einer Flughöhe von 50 m nachgewiesen (Rümmler *et al.*, 2015). Der Grad der Auswirkung ist abhängig von der z. B. jahreszeitlich variierenden Empfindlichkeit und Anzahl von Robben und Vögeln, der Geschwindigkeit und Lautstärke des Flugobjektes, dem Abstand des Start- und Landplatzes und der Flughöhe. Biologische und insbesondere ornithologische Kenntnisse sind beim Einsatz von Drohnen zur Einschätzung der ortsgegebenen Empfindlichkeiten unabdingbar. So ist z. B. für Microkopter (klein, elektrisch betrieben) ein horizontaler und vertikaler Mindestabstand von 100 m in der Diskussion. Derzeit werden Leitlinien für den Einsatz von Drohnen in der Antarktis (inkl. Abstandswerte zu Tierkolonien) international erarbeitet und diskutiert (bei IAATO, SCAR, COMNAP und ATCM/CEP).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 4 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Allerdings bestehen Wissenslücken und Unsicherheiten.

Diese Bewertung erfolgt unter der Voraussetzung, dass ein wissenschaftliches Interesse vorliegt und nur eine Drohne von erfahrenen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen mit fundierten verhaltensbiologischen Kenntnissen unter Einhaltung möglichst hoher Flughöhen (z. B. mehr als 50 m im Falle eines Micro-UAV) und Abständen beim Lande- und Startvorgang gesteuert wird bzw. programmiert wird.

Eine Drohne kann eine vorübergehende Beunruhigung am Brut- oder Ruheplatz bewirken. Es ist Beunruhigung durch die Sichtbarkeit des Flugobjektes selbst und durch den Lärm zu besorgen. Es sollte auf eine möglichst hohe Flughöhe, langsame Geschwindigkeit und geringen Geräuschpegel auch beim Start- und Landevorgang und ausreichend Abstand des Piloten zur Kolonie geachtet werden. Der Durchführende sollte ausreichend Abstand halten, damit Tiere und Tieransammlungen nicht beunruhigt und empfindliche Landpflanzen nicht betreten werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da durch Fliegen mit Luftfahrzeugen Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigt sowie von dem Bediener der Drohne Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a, d, e AUG).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Diese vorläufige Bewertung gilt nur für den Einsatz von Drohnen im Rahmen wissenschaftlicher Aktivitäten und nicht z. B. im Rahmen touristischer Tätigkeiten (vgl. Kapitel 3.4.9.4.6).

3.2.1.2.9.6 Hubschrauber, Flugzeug

Vogelbestände können aus der Luft erfasst werden, indem punktuelle Luftbildaufnahmen von Bord von Flugzeugen und Helikoptern aus erstellt werden. Kleinräumige Bestandsaufnahmen dienen meist der Fortführung von Langzeitdatensätzen (Wilson *et al.*, 2004), mit großräumige Kartierungen lassen sich Bestände ganzer Regionen ermitteln. Flüge mit digitaler Fotografie anstelle von Zählungen durch Personen erlauben größere Flughöhen und eine Reproduzierbarkeit der Zählergebnisse (Buckland *et al.*, 2012).

Störungen durch Helikopter und Flugzeuge beim Überflug von Vogelansammlungen sind in jedem Fall zu besorgen (Carstens *et al.*, 1999, Harris, 2005). Zählflüge werden auf einer konstanten Flughöhe von ca. 600 ft (ca. 183 m) und unter Einhaltung einer konstanten Geschwindigkeit von 90 - 100 kn (ca. 160 km/h) durchgeführt. Mit Drohnen und Satellitenbildern sind Alternativen vorhanden, die einige Anwendungsbereiche abdecken.

Vorläufige Bewertung und Begründung nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da durch Fliegen mit Luftfahrzeugen Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a AUG).

Es sind vorübergehende Störung und Beunruhigung durch das Flugobjekt selbst und Lärm zu besorgen. Die Resolution 2 (2004) *Guidelines for aircraft near concentrations of birds* sollte nach Möglichkeit eingehalten werden. Für die Durchführung der wissenschaftlichen Flug-Surveys muss eine Ausnahmegenehmigung beantragt werden, sofern eine vertikale Flughöhe von 610 und eine horizontale Flughöhe von 460 m nicht eingehalten werden kann. Nach Abschluss des jeweiligen Flug-Surveys sind die Vorgaben der Guideline wieder einzuhalten.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.1.2.9.7 Satelliten

Um beispielsweise ein Monitoring von in Kolonien brütender Vögel großräumig und effizient durchführen zu können, werden (panchromatische) Bildaufnahmen von Satelliten hinsichtlich Vogelart, Lage und Größe von Brutkolonien mithilfe unterschiedlichster fernerkundlicher Methoden ausgewertet (Mustafa *et al.*, 2012).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Es sind keine Schutzgüter betroffen.

3.2.1.3 Fallbeispiel – Ornithologische Felduntersuchung „Kombination“

Methodische Vorgabe: „Fang (Netz, Schlingen), Blutabnahme, Markieren und Magenspülungen“

Die Aneinanderreihung mehrerer Methoden bewirkt möglicherweise kumulative Effekte, die schwierig zu bewerten sind. Einsatzbedingungen wie die Empfindlichkeit des Ortes, Jahres- bzw. Brutzykluszeit, Vogelart, Vogelansammlungen in der Nähe, Häufigkeit der Anwendung und weitere einsatzspezifische Parameter wirken im Einzelfall konkret auf die Bewertung ein, weshalb die lokalen Gegebenheiten und einsatzspezifischen Parameter bei der Bewertung unbedingt zu berücksichtigen sind.

Zur Einschätzung kumulativer Effekte bei der Kombination mehrerer Methoden wird hier zunächst das Ergebnis der vorläufigen Bewertung der einsatzunabhängigen Einzelmethoden betrachtet (Kapitel 3.2.1.2):

- Fang: „eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-2)“ - Kapitel 3.2.1.2.1
- Blutabnahme: „bedingt vertretbar (Gruppe C)“ – Kapitel 3.2.1.2.3.1.
- Beringung: „eingeschränkt unbedenklich (Gruppe B-2)“ - Kapitel 3.2.1.2.6.1
- Magenspülung: „bedingt vertretbar (Gruppe C)“ – Kapitel 3.2.1.2.4

Bereits durch den Fang entsteht für das Individuum ein sehr starker Stress. Die Untersuchungsdauer inklusive der Blutabnahme beim Vogel beträgt bei erfahrenen Bearbeitern weniger als 15 min. Die Magenspülung bei Pinguinen beansprucht weitere 5-15 min. Es besteht für den Vogel Verletzungsgefahr bei der Blutabnahme, der Magenspülung und in sehr geringem Maße bei der Beringung und der Handhabung allgemein. Mindestens eine Nahrungslieferung geht der Brut durch die Magenspülung verloren.

Benachbarte Tieransammlungen können beunruhigt werden, sofern nicht ausreichend Abstand eingehalten wird. Bei der Fanglogistik können Landpflanzen geschädigt und niedergetreten werden.

Aufgrund der nicht bekannten Aufsummierung der Einzelwirkungen ist bei Kombination mehrerer Methoden besondere Aufmerksamkeit auf die Minimierung der Einzelwirkung zu achten.

Die Kombination mehrerer Methoden wird hier mindestens mit der „höchsten“ vorläufigen Bewertung einer Einzelwirkung eingestuft, da eine Aufhebung von Einzelwirkungen nicht anzunehmen ist. Vielmehr ist durch die Anwendung mehrerer Methoden eine Kumulation der Effekte in Form von Verschlimmerung zu besorgen. Durch die eingesetzten Methoden und deren Kombination entsteht sehr starker Stress und ein Risiko für die Gesundheit des Tieres. Es bestehen Wissenslücken zur möglichen Steigerung von Stress bei der Kombination bzw. Aneinanderreihung von Methoden. In jedem Fall wird jedoch die Dauer der Untersuchung verlängert.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die eingesetzten Methoden haben Auswirkungen auf Tierarten oder deren Populationen hinsichtlich auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität. Es bestehen zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4,5 AUG).

Von einer erheblichen Schädigung ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt wird, zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

Es werden Vögel gefangen, berührt und es besteht das Risiko der Verletzung (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG). Es können weitere Vogel- und Robbenansammlungen beunruhigt werden, Landpflanzen geschädigt und der Lebensraum von Arten oder Populationen verändert werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d-f). Durch die Fanglogistik (z. B. Befestigung des Netzes) und Bewegung der Bearbeiter können Landpflanzen geschädigt werden. Dies erfolgt jedoch durch einzelne Personen bzw. sehr kleine Arbeitsgruppen, so dass keine erheblichen nachteilige Veränderung des Lebensraums von Arten und Populationen zu erwarten sind.

Bewertung entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird das Fallbeispiel in seiner Methodenkombination als **bedingt vertretbar (Gruppe C)** eingestuft **(**Kapitel 2.1.5). Bearbeiter sollten Erfahrung in allen angewandten Methoden besitzt, andernfalls wird die Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft.

Die Bewertung dieses Fallbeispiels setzt die Berücksichtigung mindestens der nachfolgenden Mitigationsmaßnahmen voraus.

Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden. Zu Tieransammlungen sollte so große Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden, auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Das Einschleppen nicht-heimischer Arten ist durch geeignete Maßnahmen wie das Desinfizieren von Schuhen, Kleidung und Material bei erstmaliger Anwendung im AV-Gebiet zu vermeiden.

Bearbeiter müssen ausreichend praktische Erfahrung in allen angewendeten ornithologischen Arbeitsmethoden nachweisen. Ist das nicht der Fall, dürfen die Arbeiten nur unter unmittelbarer Anleitung und Anwesenheit eines erfahrenen Supervisors stattfinden.

Die Zeit des Vogels in der Fangvorrichtung und die Untersuchungszeit sind so kurz wie möglich zu halten. Die Zahl der Fänge sollte auf das wissenschaftlich notwendige Maß begrenzt und die Möglichkeiten von Beruhigungsmaßnahmen erwogen werden (z. B. Augen abdecken bei Pinguinen). Die Freilassung des Vogels sollte behutsam und ggf. nach einer Erholungsphase vorgenommen werden.

Die Zahl der Vögel, an denen eine Magenspülung durchgeführt wird, ist auf ein Minimum zu beschränken. Beim Einführen des Schlauchs zur Zugabe des Spülmittels ist besondere Vorsicht und Erfahrung gefragt, um mitunter tödliche Verletzungen zu vermeiden. Nach Möglichkeit sollte nicht immer am gleichen Individuum oder Brutpaar die Magenspülung durchgeführt werden, um den Nahrungsausfall für die Brut auf verschiedene Nester zu verteilen.

Blutabnahmen sind auf ein Minimum hinsichtlich Häufigkeit der Durchführung und vor allem Volumenabnahme zu beschränken. Die entnommene Blutmenge darf 1 % des Körpergewichts nicht übersteigen. Nach der Blutabnahme ist durch geeignete Maßnahmen eine Ruhephase (z. B. in einer verdunkelten Box) sicherzustellen, damit sich der Vogel geschützt regenerieren kann. Die wissenschaftliche Vorgehensweise, etwa die Auswahl der Monovette zur Blutabnahme, ist stets mit modernstem veterinärmedizinischem Material und Methoden durchzuführen. Die Kombination der Methoden ist auf ein Minimum von Tieren zu beschränken.

3.2.2 Robbenbiologische Forschungsmethoden

3.2.2.1 Einleitung

Tätigkeiten, die sich unmittelbar auf die Erforschung oder Nutzung antarktischer Robben nach dem Gesetz zu dem Übereinkommen vom 1. Juni 1972 zur Erhaltung der antarktischen Robben (CCAS-Gesetz) beziehen, bedürfen keiner Genehmigung nach AUG (§ 3 Abs. 2 AUG). Allerdings besteht eine Unterrichtungspflicht an das Umweltbundesamt (§ 3 Abs. 3 AUG).

Das CCAS-Gesetz (Gesetz zu dem Übereinkommen vom 1. Juni 1972 zur Erhaltung der antarktischen Robben vom 27. Januar (BGBI. 1987 II S. 90), das zuletzt durch Artikel 206 der Verordnung vom 29. Oktober 2001 (BGBI. I S. 2785) geändert worden ist, hat zum Ziel, den Robbenbestand der Antarktis zu erhalten. Es verbietet den Fang und die Tötung von Robben, für kommerzielle Zwecke, bietet aber die Möglichkeit, eine Erlaubnis zum Fang und zur Tötung von Robben für wissenschaftliche Zwecke zu erteilen. Genehmigungsbehörde zur Erteilung einer Erlaubnis gemäß Art. 3 Abs. 2 Satz 1 des CCAS-Gesetzes ist das Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Das CCAS-Gesetz findet auf die Meere südlich von 60°S Anwendung und schließt die Robben Südlicher Seeelefant (*Mirounga leonina*), Seeleopard (*Hydrurga leptonyx*), Weddellrobbe (*Leptonychotes weddellii*), Krabbenfresserrobbe (*Lobodon carcinophagus*), Rossrobbe (*Ommatophoca rossi*) und Südliche Pelzrobbe (*Arctocephalus* sp.) ein. Neben dem CCAS-Gesetz ist das USP mit seinen Maßnahmen zum Schutz von Flora und Fauna in der Antarktis für die Arbeit an Robben relevant.

Durch das AUG ist die Rossrobbe (*Ommatophoca rossii*) besonders geschützt. Dennoch kann eine Genehmigung für das Töten, Verletzen, Fangen oder Berühren einer Rossrobbe für einen zwingenden wissenschaftlichen Zweck erteilt werden, wenn das Überleben oder die Erholung der Art oder der örtlichen Population nicht gefährdet wird und wenn im Falle des Verletzens, Fangens oder Berührens, soweit möglich, Methoden angewandt werden, die nicht zum Tod führen (§ 17 Abs. 4 AUG). Die ursprünglich ebenfalls im AUG besonders geschützten und aufgelisteten Arten der Gattung Arctocephalus (Pelzrobben) sind aus dem USP, Anhang A der Anlage II gestrichen worden (*ATCM XXIX - CEP IX Edinburgh, 2006, M4: De-listing of Fur Seals as Specially Protected Species*). Das AUG ist bislang nicht entsprechend angepasst worden und stellt weiterhin „alle Arten der Gattung Arctocephalus (Pelzrobben)“ unter besonderen Schutz (§ 17 Abs. 4 AUG).

Der Anwendungsbereich des AUG bei Robbenforschungsarbeiten betrifft beispielsweise den Aufbau und Einsatz von Messgeräten, die Durchführung von Zählflügen sowie logistische Tätigkeiten. Eine vorläufige Bewertung dieser Tätigkeiten wird hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG vorgenommen. Außerdem ist das Beunruhigen von Robbenansammlungen gemäß § 17 Abs. 1 Nr. 2 AUG verboten. Da dies insbesondere bei Zählflügen eine unvermeidliche Folge der wissenschaftlichen Tätigkeit ist, kann eine Ausnahmegenehmigung durch das Umweltbundesamt erteilt werden (§ 17 Abs. 2 Satz 1 AUG in Verbindung mit § 17 Abs. 1 Nr. 2 a AUG).

Das internationale und multidisziplinäre Schwerpunktprogramm „Packeisrobben“ (*Antarctic Pack Ice Seals*, APIS) startete 1996 mit der Untersuchung der Bedeutung der Spitzenprädatoren im Nahrungsnetz der antarktischen Packeiszone und deren Interaktionen mit ihrer biologischen und physikalischen Umwelt. Die umfassende Auswertung des APIS-Programms wurde 2012 abgeschlossen (Southwell *et al.*, 2012; Berichte und Abundanzen der lokalen Surveys[5]). Demnach beheimatet die antarktische Packeiszone mindestens die Hälfte aller Robben weltweit und über 80 % der pinnipeden Biomasse. Vier Robbenarten gelten als stark Packeis assoziiert: Krabbenfresserrobben, Weddellrobben, Rossrobben und Seeleoparden. Außerdem zählen die subantarktischen Arten Südlicher Seeelefant und Antarktische Pelzrobbe in diesem Kontext zu den „Antarktischen Robben“.

Die *Encyclopedia of Marine Mammals* schätzt den Bestand von Krabbenfresserrobben auf 7 bis 14 Millionen Tiere (Boyd, 2009). In der Auflage von 2002 werden Gesamtbestandsangaben von Weddellrobben mit 100.000 – 1.000.000 Tieren, Rossrobben mit 10.000 - 100.000 Tieren, Seeleoparden mit 10.000 - 100.000 Tieren und vom Südlichen Seeelefanten 100.000 - 1.000.000 Tieren angegeben. In der 2. Auflage von 2009 legt man sich nicht mehr auf Zahlen fest. Die Bestandsangaben beziehen sich immer auf Weltpopulationen, belastbare Bestandzahlen für das AV-Gebiet sind nicht vorhanden. Aus heutiger Sicht sind Bestandzahlen und Bestandstrends früherer Untersuchungen aufgrund zu unterschiedlicher Zählmethoden und Methoden der Extrapolation nicht vertrauenswürdig (Southwell *et al.*, 2012). Die in den APIS-Surveys erhobenen Abundanzen sind die derzeit besten Angaben für die entsprechenden regionalen Untersuchungsgebiete. Erst wenn zukünftig genau diese Surveys im jeweils gleichen Gebiet wiederholt werden, können belastbare Trends für die entsprechende Region ermittelt werden. Die historisch begründete methodische Heterogenität bei der Durchführung von Robbenzählungen hat dazu geführt, dass die Vergleichbarkeit von Daten aus unterschiedlichen methodischen Ansätzen nur sehr eingeschränkt, bisweilen auch gar nicht, gewährleistet ist. Die Unsi-

[5] http://www.seals.scar.org aufgerufen am 14.04.2015

cherheit bei der Schätzung von zirkumpolaren Beständen wird durch das immer noch begrenzte Wissen über die Verhaltens- und Bewegungsmuster der antarktischen Robben im dreidimensionalen Raum verstärkt. Derzeit liegen für die Bestandseinschätzung antarktischer Robbenarten jeweils geringe Besorgnis „*least concern*“ vor (Tabelle 7).

Tabelle 7: Gefährdungsstatus antarktischer Robben

Art	Rote Liste Status IUCN	
Krabbenfresserrobbe *Lobodon carcinophaga*	Status: Least Concern ver 3.1 Pop. trend: unknown	
Weddellrobbe *Leptonychotes weddellii*	Status: Least Concern ver 3.1 Pop. trend: unknown	
Rossrobbe *Ommatophoca rossii*	Status: Least Concern ver 3.1 Pop. trend: unknown	besonders geschützte Art nach § 17 Abs. 4 AUG
Seeleopard *Hydrurga leptonyx*	Status: Least Concern ver 3.1 Pop. trend: unknown	
Südlicher Seeelefant *Mirounga leonina*	Status: Least Concern ver 3.1 Pop. trend: unknown	
Antarktische Pelzrobbe *Arctocephalus gazella*	Status: Least Concern ver 3.1 Pop. trend: increasing	

Alle: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. ‹www.iucnredlist.org›. Downloaded on 09 April 2015

Durch den Einsatz moderner Satelliten-Trackingsysteme konnte entdeckt werden, dass **Rossrobben** weite Nahrungsausflüge nach Norden unternehmen und in weit größeren Tiefen jagen als bisher vermutet (Blix & Nordøy, 2007). Dort jagen sie vor allem Tintenfische (60 %), aber auch Fische (20 %), Crustaceen (10 %) und benthische Invertebraten (10 %; Southwell *et al.*, 2012). Rossrobben kehren nur zum Gebären und zum Fellwechsel ins Packeis zurück. Die wenigen Beobachtungen von Rossrobben stammten meist aus dem Packeis. Dies stütze lange Zeit die Annahme, dass Rossrobben selten sind und v. a. und ausschließlich im dichten Packeis leben (z. B. Gilbert & Erickson, 1977, verschiedene Autoren in Carstens *et al.*, 1999). Im Frühling und Sommer ist die Verteilung der Rossrobben ans Packeis geknüpft, denn dort werden die Jungen von Mitte Oktober bis November geboren (div. Autoren in Stewart *et al.*, 2007). Junge Rossrobben bleiben vermutlich ganzjährig pelagisch (Stewart, 2007). Im Rahmen von APIS wurden lokale Bestandszählungen vorgenommen, Schätzungen der Population für die Gesamtantarktis liegen nicht vor (Stewart, 2007). Bekannte Informationen zum Lebenszyklus antarktischer Robben und Verbreitungsmodelle wurden kürzlich von Siebert *et al.* (2014) zusammengestellt. Insgesamt ist jedoch über die Ökologie und Verbreitung der Rossrobbe wenig bekannt (Bornemann *et al.* in CCAMLAR 2015).

Seeleoparden sind solitäre Tiere, die gewöhnlich in der Nähe von Packeis rund um den antarktischen Kontinent beobachtet werden. Mit Hilfe von Satellitentelemetrie beginnt man gerade erst, die Ökologie des Seeleoparden zu entschlüsseln. Es scheint, dass zumindest einige adulte Seeleoparden den Winter nicht im Packeis sondern im offenen Oberflächenwasser verbringen (Nordøy & Blix, 2009). Dieselben Autoren nehmen an, dass Seeleoparden sich im Winter daher nicht nur von Krill, sondern auch von Pinguinen, jungen Krabbenfresserrobben und verschiedene Fischarten ernähren. Dies widerspricht der bisherigen Annahme, dass Krill die Hauptnahrungsquelle im Winter darstellt. Ebenso sprechen die kurzen (‹ 2 min) und flachen (‹ 40 m) Tauchgänge, die an einem Individuum im Winter registriert wurden, für andere Nahrungsquellen als Krill, der sich im Untersuchungsgebiet um diese Jahreszeit in größeren Wassertiefen aufhält (Nordøy & Blix, 2009). Besondere Verhaltensbeobachtungen und physiologische Erkenntnisse über z. B. die Wachstumsrate und das Isotopensignal der Vibrissen und das Hörvermögen von Seeleoparden verdankt man einem an der australischen Küste aufgetauchten Tier, das mehrere Jahre im Zoo von Sydney gehalten und untersucht werden konnte (Hall-Aspland *et al.*, 2005, Tripovich *et al.*, 2011, Hocking *et al.*, 2013).

Die Bindung von **Krabbenfresserrobben** an das Packeis wird durch setellitentelemetrische Untersuchungen bestätigt. Southwell *et al.* (2012) fassen die Ergebnisse mehrerer Autoren im APIS-Review zusammen: Die Verbreitung von Krabbenfresserrobben ist auch im Winter von der Verbreitung von Krill und von ozeanischen Fronten abhängig. Tauchtiefenaufzeichnungen liefern Werte zwischen 40 m und 140 m, der Rekord liegt bei 713 m. Die Tauchtiefen variieren mit der Jahres- und Tageszeit, was wahrscheinlich aus der vertikalen Wanderbewegungen der Beute resultiert. Die Studie von Southwell *et al.* (2008) belegt für Krabbenfresserrobben, dass die groben Bestandsschätzung früherer Jahre sehr ungenau sind. Die Hochrechnung auf das gesamte Verbreitungsgebiet auf Basis von Surveys in der Ostantarktis erreichen für Krabbenfresserrobben Werte zwischen 0,7 und 1,4 Millionen Tieren. Zirka 50 % der zirkumpolaren Population leben im Weddellmeer. Forschungsschwerpunkte zielen wie bei allen antarktischen Robben neben den Fragen zur Lebensspanne und -zyklen darauf ab, möglichst genaue Bestandsangaben zu erheben. Diese wiederum liefern ein Maß, wieviel Fisch, Krill und andere Beute von antarktischen Robben konsumiert wird (Southwell *et al.*, 2008). Verlässliche Bestandszahlen sind zusammen mit ökologischen Parametern einzelner Arten erforderlich, um einen Schutzstatus festzulegen (*Annex 8: Guidelines for CEP Consideration of Proposals for New and Revised. Designations of Antarctic Specially Protected Species under Annex II of the Protocol; ATCM XXVIII - CEP VIII Stockholm, 2005*).

Die Ergebnisse aus Sichtungen und Satellitentelemetrie stimmen darin überein, dass sich **Weddellrobben** vorrangig am Fest- und Packeis in Küstennähe aufhalten (Southwell *et al.*, 2012). An der Antarktischen Halbinsel werden sie im Sommer regelmäßig an den Küsten der Süd-Shetlandinseln beobachtet (Abbildung 3). Weddellrobben tauchen bis 450 m tief, um an ihre Beute zu gelangen. Diese kann sowohl Benthos (Fische, Crustaceen) als auch Plankton (Fische, Cephalopoden, Crustaceen) umfassen. Die Tauchmuster unterscheiden sich entsprechend mit Beute, Gebiet und Jahreszeit (Davis *et al.*, 2004). Weddellrobben können im Eis überwintern, da sie in der Lage sind, Atemlöcher mit ihren Zähnen offen zu halten. Sie sind bekannt für ihre komplexen Unterwasserrufe (Doiron *et al.*, 2012).

Abbildung 3: Weddellrobbe auf Winterlandeis mit Zügelpinguinen im Hintergrund

Antarktische Halbinsel

Die Untersuchung der Fortpflanzungszyklen, Lebensdauer und Gewichtsveränderungen während der Fortpflanzungsperiode **Antarktischer Pelzrobben** sind Teil des Prädatoren-Monitoringprogramms von CCAMLR. Die Fortpflanzungsgebiete liegen v. a. auf Süd-Georgien, wo die Schätzungen des Bestandes bis zu 4 Millionen Individuen reichen (95 % der Weltpopulation). Antarktische Pelzrobben ernähren sich vor allem von Fisch, den sie auch in antarktischen Gewässer jagen, also nicht hauptsächlich von Krill (Guinet *et al.*, 2001). Im späten Sommer wechseln viele Tiere das Fell an den Küsten der Antarkischen Halbinsel und deren vorgelagerten Inseln (Süd-Orkneys, Süd-Shetland Inseln).

Der Südliche Seeelefant verbringt fast 78 % seiner Lebenszeit tauchend im Meer, 7 % an der Wasseroberfläche, gut 15 % ausruhend an Land (McIntyre *et al.*, 2010). Er ist keine typische Packeisrobbe, sondern hält sich eher im freien Wasser auf, wo er sich überwiegend von Tintenfischen ernährt, die er zum Teil aus großen Tiefen erbeutet. Allerdings wurde von Bouvetøya (Biuw *et al.*, 2010) von der Iles Kerguelen (Bailleul *et al.*, 2007) und Macquarie Island (Field *et al.*, 2004) gezeigt, dass Südliche Seeelefanten zur Nahrungssuche ebenso antarktische Schelf- und Packeisgebiete aufsuchen. Der Antarktische Silberfisch *Pleuragramma antarcticum* wurde als wichtiger Bestandteil des Beutespektrums südlicher Seeelefanten erkannt (Daneri & Carlini, 2002). Für Seeelefanten ist nachgewiesen, dass ihr Tauchverhalten von Meereisgegebenheiten und der Wassertemperatur abhängig ist (McIntyre *et al.*, 2014).

Allgemein ist das Tauchverhalten von Robben von der Verfügbarkeit ihrer Nahrung abhängig, die wiederum entsprechend ozeanographischer Bedingungen unterschiedlich verteilt ist. Daher halten sich Robben gerne an sogenannten *Hotspots* auf. Dies sind Gebiete, in denen unterschiedliche Wasser-

massen aufeinander treffen und Grundlage für erhöhtes Nahrungsaufkommen schaffen. Das Seegebiet des Filchner-Grabens ist wahrscheinlich ein solcher Hotspot, worauf Wanderwege und Verweildauer von besenderten Seeelefanten hindeuten (Biuw *et al.*, 2010).

Nach wie vor besteht Forschungsbedarf zum Hörvermögen antarktischer Robben, um Belastungen durch Lärm genauer bewerten zu können. Zudem zeigt eine Untersuchung von Reichmuth *et al.*, (2013), dass alle Studien zum Hörvermögen von Robben für Luftschall maskiert sind und die Hörbereiche ohne die Effekte der Hintergrundgeräusche interpretiert wurden. Die Wahrnehmung von Geräuschen durch die Tiere ist von vorherrschenden Witterungsbedingungen (v.a. Wind) beeinflusst.

Antarktische Robben können durch touristische und logistische Aktivitäten sowie Methoden anderer Disziplinen beeinträchtigt werden. Insbesondere seismische Methoden mit Geräten mit niedrigen Frequenzen wie z.B. Echolote zur Profilierung des Meeresbodens und sehr hohe Lärmpegel bergen ein potentielles Risiko für Robben (SCAR, 2002). Diese Geräte werden allerdings seltener in Packeisregionen und nicht im Winter eingesetzt, wodurch die meisten antarktischen Packeisrobben während der sensiblen Geburts- und Laktationsphase wenig betroffen sind. Größeres Risiko besteht bei seismischen Surveys in Küstennähe in den Sommermonaten. Es ist nicht bekannt, welche Signale ihrer Beute durch seismische Untersuchungen maskiert werden (passives Hören) und wenn, ob sich das negativ auf Robbenbestände auswirkt. Man sollte vorsorglich davon ausgehen, dass sich die modellierten Maskierungseffekte negativ auf die intraspezifische Kommunikation auswirken und das Potential haben, die Populationsentwicklung negativ zu beeinflussen.

Wie sich atmosphärische Bedingungen der Zukunft auf sensible Gebiete wie z. B. *Hotspots* - ozeanische Bereiche mit einer besonders hohen Produktion - auswirken könnten, sollen gekoppelte Eis-Ozean-Modelle zeigen. Ein aktueller Forschungsschwerpunkt ist daher, den Ist-Zustand von Wassermassen genau zu dokumentieren, um zukünftige Schwankungen und mögliche Veränderungen sicher interpretieren zu können. Mögliche Veränderungen wirken sich auch auf antarktische Robben aus. Aus diesem Grunde werden Bestandsdichten und Verteilung, Verweildauer, Mobilität, Tauchverhalten und Nahrung von Robben untersucht. Zusammen mit Forschungen zur Bodentopographie, Hydrographie und biologischen Prozessen wird die wissenschaftliche Grundlage geschaffen, mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Hydrographie und die Biodiversität abzuschätzen. Robben sind hierbei selbst sowohl Forschungsinhalt als auch Träger für Messgeräte ozeanographischer Untersuchungen. An Robben befestigte ARGOS CTD-Transmitter zeichnen die Wassertemperatur und den Salzgehalt in der jeweiligen Tauchtiefe einer Robbe auf. Die Tauchtiefendaten geben Aufschluss über die bevorzugten Wassertiefen während der Tauchgänge der Robben und lassen damit Rückschlüsse auf die Tiefenverteilung etwaiger Beutevorkommen zu. Die schnell zur Verfügung stehenden Daten können z. B. an Bord eines Forschungsschiffes unmittelbar für die Ausrichtung geplanter Netzfänge für Fische und Tintenfische genutzt werden. Mit ozeanografischen Messgeräten ausgestatte Robben können wesentlich zum Erkenntnisgewinn über Wassermassen, Ozeanfronten und Packeiformationen in schwierig zugängigen Meeresgebieten beitragen (Charrasin *et al.*, 2008).

Interdisziplinäre Ansätze sind (nicht nur) in der Meeresforschung notwendig, um den Zusammenhang zwischen ozeanographischen und den biologischen Prozessen, wie Produktion, pelago-benthische Kopplung und trophische Interaktionen zu verstehen. Nur mit dem Verständnis der Sensibilität eines biologischen Systems können Veränderungen in den abiotischen Parametern – bedingt durch mögliche Klimaveränderungen – eingeordnet werden.

3.2.2.2 Methodenbeschreibung und vorläufige Bewertung robbenbiologischer Forschungsmethoden

Im Folgenden werden gebräuchliche wissenschaftliche Untersuchungsmethoden zu Robben vorgestellt und vorläufig hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Schutzgüter gemäß § 3 Abs. 4 AUG und

§ 17 AUG vorläufig bewertet. Eine Einschätzung der Methode anhand der Kriterien von Carstens *et al.* (1999) wird vorgenommen (vgl. Kapitel 2.1.5).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG

Alle Tätigkeiten, die schädliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit und Produktivität von Robbenarten und deren Populationen und zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen besorgen lassen, sind verboten (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

Es ist verboten, Robbenansammlungen zu beunruhigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a-d AUG). Sichtbare Kennzeichen, dass Robbenansammlungen bzw. eine Robbe gestört oder beunruhigt sind, ist das Anheben des Kopfes und Hinwendung zur Störquelle. Je nach Maß der Beunruhigung wird der Kopf wieder abgelegt, der Vorderkörper angehoben und bei einigen Arten zusätzlich mit Lautäußerungen gedroht. Bei weiterer Steigerung der Störung kann mit Angriff oder Flucht reagiert werden. In Tieransammlungen kann die Menge der Tiere, die Verhaltensreaktionen zeigen, ein Hinweis auf die Größe der Störung sein.

§ 17 Abs. 7 AUG delegiert Bewertungen von wissenschaftlichen Tätigkeiten an Robben an das Gesetz zu dem Übereinkommen vom 1. Juni 1972 zur Erhaltung der antarktischen Robben (CCAS-Gesetz). Dadurch liegt die Genehmigung zur Tätigkeit des Fangen, der Immobilisierung und der Beproben einzelner Robben nicht in der Zuständigkeit des AUG.

3.2.2.2.1 Beprobung mit notwendiger Immobilisation

Für das Aufkleben von externen Geräten (z. B. Sender, Kamera) zur Durchführung physiologischer und morphologischer Untersuchungen (Entnahme von Haarproben, Vibrissen, Blut) ist derzeit noch eine Immobilisation bzw. Anästhesie der Robben unvermeidbar. Der Fang erfolgt zumeist nach pharmakologischer Distanzimmobilisation. Die Injektionsanästhesie wird mit einem Blasrohr oder einem Druckluftgewehr intramuskulär gesetzt. Die Dosis der benötigten Präparate (z. B. Ketamin, Xylazin, Hyaluronidase oder Tiletamin/Zolazepam; mdl. Bornemann, H. 2014; McMaho *et al.*, 2000) wird von einem erfahrenen Tierarzt durch Abschätzung des Gewichtes der Robbe artspezifisch ausgewählt. Die Immobilisation kann medikamentös verstärkt, verlängert und bei einigen Präparaten aufgehoben werden. Während der Narkose wird die Robbe tierärztlich überwacht (Vitalfunktionen).

Vereinzelt wird bei Robben auch die Inhalationsnarkose mit Hilfe einer Atemmaske angewendet. Bis die Narkose eintritt, steht die Robbe unter sehr starkem Stress durch Annäherung und Fang. Die Inhalationsmethode kann aber von Vorteil sein, wenn Untersuchungen geplant sind, die eine längere Narkosezeit benötigen (bis zu 2 h). Zumeist werden mehrere Methoden während einer Untersuchung an einem Tier kombiniert.

Eine Narkotisierung sollte nur von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen mit ausreichender Erfahrung in der Methodenanwendung an Robben ausgeführt werden. Dies kann z. B. ein ausgebildeter Tierarzt mit waffentechnischer Sachkunde oder ein Biologe mit nachgewiesener Sachkunde in der Immobilisation und in der Handhabung von Robben (Pinnipedia) und im Umgang mit Narkosewaffen sein.

Die richtige Dosierung der Pharmazeutika und die Überwachung der Narkose müssen gewährleistet sein. Es ist sicherzustellen, dass die Robben nach Setzen der Narkose bis zum Wirkungseintritt nicht ins Wasser flüchten können. Die Zahl der zu narkotisierenden Robben sollte auf die wissenschaftlich unbedingt erforderliche Zahl begrenzt sein. Die Dauer der gesamten Untersuchung und der Narkose sollte möglichst kurz gehalten werden. Laktierende Robbenmütter sollten vorsorglich nicht narkotisiert werden, da es zu schwer abschätzbaren Veränderungen in der Pharmakokinetik der eingesetzten Präparate kommen könnte. Bei der Auswahl der Versuchsrobbe sollte die unmittelbare Nähe von

Fortpflanzungsaggregationen von Robben (oder Pinguinen), sofern diese im Untersuchungszeitraum und Untersuchungsgebiet vorhanden sind, vermieden werden. Eine Annäherung an die Tiere auf dem Eis sollte grundsätzlich zu Fuß erfolgen. Eingesetzte logistische Hilfsmittel (z. B. Forschungsschiff, Helikopter, Skidoo) sollten in einem ausreichend großen Abstand gehalten werden. Eine feste Abstandsangabe ist hierbei nicht möglich, denn die Reaktion von Tieren auf eine Störung ist von der Größe der Störung und der Tierart, dem Alter, der Jahreszeit und anderen Einzelfallfaktoren abhängig. Als Richtwert können mehrere hundert Meter angenommen werden.

Eine Anästhesie (Narkose) oder pharmakologische Immobilisation stellt grundsätzlich einen nicht normalen physiologischen Zustand für den Organismus dar und ist dementsprechend mit Risiken behaftet, die nach dem heutigen Wissensstand zwar minimiert aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden können. Es besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres aufgrund physiologischer Belastungen. In seltenen Fällen verstirbt eine Robbe, wenn die schlechte gesundheitliche Kondition eines Tieres nicht durch äußere Anzeichen erkennbar oder die Dosierung des Narkosemittels zu hoch war. Durch die Narkose verursachte Komplikationen (z. B. Atemstillstand) können i. d. R. durch einen erfahrenden Tierarzt durch weitere Medikation, physische Stimuli und Intubation, kontrolliert werden.

Eine Narkose zur Immobilisation muss nicht immer notwendig sein. Weibliche und junge Antarktische Pelzrobben können für einige Untersuchungen auch ohne Narkose immobilisiert werden (Hoffman & Forcada, 2012). Dazu sind immer mindestens zwei Bearbeiter notwendig, damit die Robbe sicher festgehalten und beprobt werden kann. Eine Person setzt sich kniend auf den Rücken der Antarktischen Pelzrobbe, während eine andere die notwenigen Beprobungen (z. B. Blutentnahme) durchführt. Die Flossen werden mit den Knien des ersten Helfers festgehalten und mit Hilfe eines Stockes und einem Brett wird verhindert, dass die Pelzrobbe den Kopf dreht und zubeißt (J. Forcada, Email vom 02.12.2014). Diese Fangmethode dauert weniger lang als eine chemische Narkose und ist ein CCAMLR-Standardverfahren für Pelzrobben.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Zu Tieransammlungen sollte soviel Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden.

Bei jedem Fang besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres (Verletzungsrisiko). Beim Fang ohne Narkose entsteht sehr starker Stress aufgrund des wissenschaftlichen Eingriffs (Definition nach Carstens *et al.*, 1999). Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Diese vorläufige Bewertung setzt die Erfahrung und tierärztliche Ausbildung der Bearbeiter bzw. Sachkunde der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in den angewandten Methoden und die

Beschränkung auf ein Minimum von Untersuchungstieren voraus. Andernfalls lautet die vorläufige Bewertung „sehr kritisch (Gruppe D)“. Es sollten nicht mehr Robben narkotisiert werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

Alle Untersuchungsmethoden, die eine Immobilisation erfordern, um überhaupt angewandt werden zu können, werden im Folgenden als mindestens **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft.

3.2.2.2.1.1 Haarproben

Die Haaranalyse gibt Aufschluss über kurz- bis mittelfristige, kumulative, retrospektive Beutespektra auf Basis der Zusammensetzung der stabilen Isotope. Meist wird im Bereich des unteren Rückens eine partielle Haarprobe (ca. 2 x 2 cm) gewonnen, indem die Haare ca. 2 cm oberhalb des Ansatzes gekürzt werden. Vibrissen (Tasthaare) werden oberhalb der Haarwurzel abgeschnitten oder ganz entnommen, um einen Abgleich der Isotopensignatur am basalen (=jüngsten) Ende des Tasthaares mit den im Blut zu untersuchenden Isotopen darstellen zu können.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als bedingt vertretbar (Gruppe C) eingestuft sofern einen Immobilisation notwendig ist, andernfalls als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) da nur kurzfristiger Stress zu besorgen ist.

3.2.2.2.1.2 Gewebe- und Blutentnahme vom lebenden Tier

Die Entnahme von Gewebe- und Blutproben ist Grundlage für physiologische (z. B. Isotopen- oder Fettsäureanalytik), genetische (z. B. DNA-Populationsstudien) und ökologische (z. B. Nahrungsspektrum) Untersuchungen. Im Blut können Biomarker Informationen zu Beutetieren liefern, die innerhalb weniger Tage vor der Blutentnahme gefressen wurden. Die Blutabnahme setzt eine Immobilisation der Robbe voraus.

Bei der Blutabnahme werden einer Robbe ca. 30 ml Blut entnommen. Die Venenpunktion erfolgt entweder an der intravertebralen Epiduralvene oder an einer Interdigitalvene der Hinterflipper. Um das Tier dabei nicht zu verletzten, ist Erfahrung notwendig. Zudem sollten modernste veterinärmedizinische Methodiken (Kanülen- bzw. „Monovetten“-auswahl, Reduzierung des Infektionsrisikos) eingesetzt werden. Eine Blutabnahme zur Untersuchung von Biomarkern etc. zur Interpretation des Beutespektrums ist weit weniger belastend für das Tier als eine Magenspülung. Die Auswirkungen der Blutabnahme selbst werden als vernachlässigbar eingeschätzt (Mellish *et al.*, 2010).

Biopsie ist ein Verfahren zur Entnahme von Fett- und Hautgewebe. Das Gewebe liefert Informationen zur DNA und zu eventuellen Schadstoffen, die im Fett von Robben oder Walen eingelagert sind.

Bei antarktischen Warmblütern wie Seeelefanten wird dabei mit Hilfe eines Geschosses ein Hohlpfeil in die Speckschicht eines Tieres tief eingeschossen. Der Pfeil wird durch Annäherung und schnelles Herausziehen zusammen mit der ausgestanzten Gewebeprobe zurückgeholt.

Eine Muskelbiopsie dient der Diagnostik von Erkrankungen. Bei einer offenen Biopsie wird nach örtlicher Betäubung ein Hautschnitt angelegt und der Muskel freigelegt. Danach wird eine Muskelgewebeprobe (etwa 0,5 cm^3) entnommen und die Wunde nach der Blutstillung wieder durch Nähte verschlossen. Wundheilungsstörungen und Infektionen sind möglich. Weniger invasiv ist die Stanzbiopsie. Hierbei wird mit einer Biopsienadel eine kleine Muskelgewebeprobe durch die Haut hindurch entfernt. Diese Methode dient zur Gewinnung sehr kleiner Gewebeproben.

Die Gewebe- und Blutentnahme erfolgt oft in Kombination mit der Instrumentierung einer Robbe mit einem Satellitensender. In diesem Fall muss die Robbe immobilisiert werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Bei Beprobung ohne Narkose entsteht ein sehr starker Stress aufgrund des wissenschaftlichen Eingriffs. Das Herausstanzen einer Gewebeprobe verletzt das Tier und es besteht ein Infektionsrisiko. Vor allem männliche Seeelefanten sind durch intraspezifische Rivalitäten oftmals verletzt, so dass angenommen werden kann, dass bei einer zusätzlichen Verletzung bei einem gesunden Tier keine bedeutende Auswirkung auftritt. Nachfolgende Infektionen sind dennoch nicht ausgeschlossen.

Diese vorläufige Bewertung setzt immer die Erfahrung und tierärztliche Ausbildung der Bearbeiter bzw. Sachkunde der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in den angewandten Methoden und die Beschränkung auf ein Minimum von Untersuchungstieren voraus. Andernfalls lautet die vorläufige Bewertung „sehr kritisch (Gruppe D)“. Es sollten nicht mehr Robben behandelt werden als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig.

3.2.2.2.1.3 Magenspülungen

Zur Analyse des Mageninhalts können Magenspülungen durchgeführt werden. Dazu wird eine Robbe nur so tief narkotisiert, dass der Schluckreflex erhalten bleibt, damit ein Schlauch eingeführt werden kann. Der Magen wird mit Wasser soweit aufgefüllt und gedehnt, bis der Inhalt nach außen tritt. Es gibt heute schonendere Methoden, um Untersuchungen zur Nahrungsökologie durchzuführen, z. B. Blut-, Haar- und Vibrissenanalyse, Isotopen- und Biomarkeranalyse aus Kot, Mandibel Accelerator (MAC) oder Bildaufzeichnung am Tier angebracht. Zudem können über Magenspülungen nur Aussagen über wenige Stunden zuvor aufgenommene Nahrung liefern und von Robben, die gerade aus dem Wasser kamen, da Robben sehr schnell verdauen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Es besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres (Verletzungsrisiko) durch die Nakose und Einführung des Schlauches. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft. Es sollten nicht mehr Robben behandelt werden als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig (Kapitel 2.1.5)

3.2.2.2.1.4 Markierungen

Flossenclips (*Flipper tags*)

Das Setzen von Flossenmarken an Robben gehört zu den Standardmethoden bei CCAMLR. Die Markierungen dienen der Wiedererkennung von Individuen bei Langzeituntersuchungen z. B. zur Populationsdynamik. Sie müssen nach einigen Jahren erneuert werden. Die Flossenclips aus Plastik oder Metall entstammen landwirtschaftlichen Markierungsmethoden bei Rindern. Bei Robben werden diese in der Schwimmhaut an den Schwanzflossen befestigt, indem ein Dorn durch die Haut penetriert und auf der Gegenseite geschlossen wird. Die Durchstichstelle sollte möglichst desinfiziert werden, da sie sich entzünden kann. Die Anbringung sollte nur durch eine in der Methode erfahrene Person erfolgen und es sollten nur so wenige Tiere wie für die Untersuchung unbedingt notwendig markiert werden.

Gelegentlich wurden bei Untersuchungen zur Beeinträchtigung von Robben Verhaltensänderungen beim Ausruhen (*haul-out behaviour*) bedingt durch visuelle Markierungen wie Flossenclips und Verletzungen als Folge von Infektionen nach einem Clipverlust festgestellt (Walker *et al.*, 2012). Die Studien, die Walker *et al.* (2012) in ihrem Review zu Effekten von Markierungen an marinen Säugetieren berücksichtigen, weisen nicht auf Auswirkungen auf Überlebensrate und Wachstum der Tiere hin.

Nicht immer ist eine Narkose zum Setzen einer Flossenmarkierung notwendig, da zumeist Jungtiere getagged werden. Werden ältere Tiere mit Flossenclips versehen, so geschieht dies meist in Verbindung mit dem Aufsetzen eines Transmitters und dann unter Narkose (vgl. Kapitel 3.2.2.2.1).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Zu Tieransammlungen sollte möglichst soviel Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden.

Die Störung von Ansammlungen (antarktische Warmblüter, Landpflanzen) im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode ist unvermeidbar, führt aber nach heutigem Kenntnisstand nicht zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes oder Populationen. Robben, die markiert werden, stehen kurzfristig unter sehr starkem Stress aufgrund des wissenschaftlichen Eingriffs. Die angebrachte Markierung beeinträchtigt dauerhaft und kann zu Infektionen führen. Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als sehr kritisch „Gruppe D“ eingestuft. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (vgl. Kapitel 2.1.5). Es sollten nicht mehr Robben behandelt werden, als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig.

Farbe, Haarbleiche, Rasur

Die Farbmarkierung ist Teil einer wissenschaftlichen Gesamtaufnahme und wird nicht für sich angewendet, sondern in Verbindung mit weiteren Untersuchungen. Die Markierung mit Farbe ist temporär und dient der schnellen Erkennung von Robben in einem Studienzeitraum. Zur Markierung muss die Robbe gefangen werden oder sich ihr zumindest sehr nah genähert werden. Es können Pinsel an Verlängerungen und Farbpistolen verwendet werden, um den Abstand zu vergrößern. CCAMLR empfiehlt Haarbleichmittel an gefangenen, nicht narkotisierten Pelzrobben einzusetzen, was bis zum nächsten Fellwechsel anhalten soll. Farbe wird ggf. zusätzlich zu anderen Markierungsmethoden wie Flossenclips oder Tags aufgetragen und hält nur eine sehr begrenzte Zeit.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Zu Tieransammlungen sollte möglichst soviel Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Es werden einzelne Warmblüter berührt, gegebenenfalls kurzzeitig gefangen und ggf. oberflächlich verletzt. Durch die wissenschaftliche Methode an sich erfolgt keine Beunruhigung durch Fahrzeuge oder Lärm im Zusammenhang. Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode. Entsprechend der Beurteilungskriterien wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) eingestuft (vgl.

Kapitel 2.1.5). Es sollten nicht mehr Robben behandelt werden, als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig.

Brandzeichen, Gefrierbrand

Brandkennzeichen werden insbesondere bei Langzeitstudien eingesetzt. Brandeinwirkungen von 3-4 Sekunden hinterlassen auf Robben ca. 5-10 cm hohe und breite Kennzeichen, die über Dekaden sichtbar sind (McMahon *et al.*, 2006). Gefrierbrand ist deutlich weniger lange sichtbar. Meist werden junge Robben gekennzeichnet, die Brandwunden wachsen mit (McMahon *et al.*, 2006). Im letzten Jahrzehnt war Brandkennzeichnung v. a. aus ethischen und tierschutzrechtlichen Gründen von den Genehmigungsbehörden verschiedener Länder abgelehnt worden (McMahon, 2007). Die aktuelle Diskussion über Markierungsmethoden stellt durchaus Vorteile von Brandzeichen heraus (McMahon, 2007). Brandzeichen sind keine invasive Kennzeichnung und entlassen keine Fremdstoffe wie Plastikclips ggf. in die Umwelt. Ist die Brandwunde erst einmal abgeheilt sind keine weiteren Effekte für das Tier vorhanden. Es wurden keine Unterschiede in der Überlebensrate bei Tieren mit Brandzeichen festgestellt. Es sind physiologische Effekte (z. B. Anzahl der weißen Blutzellen) nachgewiesen (Walker *et al.*, 2012). Verhaltensänderung der markierten Robbe in der Zeit der Wundheilung sind aufgrund des Schmerzes wahrscheinlich (McMahon, 2007). Eine optisch ästhetische Beeinträchtigung des nicht wissenschaftlichen Beobachters ist gegeben.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Zu Tieransammlungen sollte möglichst so großer Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Störung von Ansammlungen (antarktische Warmblüter, Landpflanzen) im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode ist unvermeidbar, da Robben i. d. R. in Gruppen ruhen. Diese kurze Störung führt nach heutigem Kenntnisstand nicht zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes oder der Populationen. Robben, die markiert werden, stehen aufgrund des wissenschaftlichen Eingriffs kurzfristig unter sehr starkem Stress. Es besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres, sogar die Überlebensrate kann herabgesetzt sein. Daher wird entsprechend der Beurteilungskriterien die Methode als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (vgl. Kapitel 2.1.5). Bearbeiter benötigen Erfahrung in der Handhabung dieser Methode, andernfalls wird die morphologische Untersuchung als **sehr kritisch** (Gruppe D) eingestuft (Kapitel 2.1.5). Es sollten nicht mehr Robben behandelt werden als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig.

Subkutaner Transponder

Ein subkutaner Transponder, ein PIT-tag (*Passive Integrated Transponder*), ermöglicht eine automatisierte Individualerkennung von Tieren. Die Transponder werden mit einem sterilen Applikator direkt unter die Haut gesetzt. Die Einstichstelle sollte desinfiziert werden, um das Risiko einer Infektion zu verringern. Der Chip ist von einem Glasmantel umgeben, damit er nicht von dem Gewebe des Tieres abgestoßen wird, er verwächst mit dem Gewebe. In seltenen Fällen wandert der Chip von der Einstichstelle weg ohne Komplikationen zu verursachen. Die Nutzung von Chips zur Erkennung gehört bei Haustieren seit Jahren zur Routine. Bei Robben wird der Chip oberhalb des Schwanzes in der Mitte des Rumpfes subkutan gesetzt. Auslesegeräte müssen bis mindestens 40 cm an den Chip angenähert werden, was z. B. mit ferngesteuerten Minifahrzeugen geschehen kann (LeMaho *et al.*, 2014).

Beim Setzen des PITs werden sinnvollerweise Begleitdaten erhoben (z. B. Blutprobe, Entnahme eines Sinneshaares, morphologische Vermessungen) und externe Geräte oder Markierungen (Satellitensender, Flossenclips) angebracht.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Zu Tieransammlungen sollte möglichst so großer Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden auf dem Weg zu den Robben auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Es werden einzelne Warmblüter berührt, gegebenenfalls kurzzeitig gefangen und unwesentlich verletzt. Durch die wissenschaftliche Methode an sich erfolgt keine Beunruhigung durch Fahrzeuge oder Lärm im Zusammenhang. Bearbeiter benötigen Erfahrung in dieser Methode. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Es sollten nicht mehr Robben behandelt werden als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig sind.

3.2.2.2.1.5 Anbringung externer Geräte

Die Entwicklung sogenannter **Bio-Logger** hat in den letzten Jahrzehnten die Möglichkeiten der robbenbiologischen Forschung sehr stark erweitert. Die Möglichkeit, viele Daten digital zu speichern und im gleichen Zuge immer kleinere und leichtere Geräte zu bauen, öffneten insbesondere bei marinen Säugern und Vögeln neue Forschungsansätze (Muramoto *et al.*, 2004).

Externe Geräte können genutzt werden, um die Ökologie schwer verfolgbarer Tiere zu erforschen (z. B. Rossrobbe: Blix & Nordøy, 2007). Verschiedene Messeinheiten können miteinander kombiniert

werden. Instrumentierte Robben können so als mobile ozeanografische Messgeräte eingesetzt werden (Charrasin *et al.*, 2008). Das Anbringen externer Geräte an Robben (und Pinguinen) zählt zu den Standardmethoden bei CCAMLR. Die Geräte werden je nach Fragestellung mit verschiedenen Messeinheiten ausgestattet. So gibt es SDR (*Satellite-linked Dive Recorders*) zur Aufnahme von Tauchgangsvariablen, MAC (*Mandible Accelerometer*) zur Messung der Kieferbewegung als Parameter des Fressverhaltens, CTD-ARGOS-Satellitentransmitter zur Erfassung ozeanographischer Größen und vieles mehr.

Die Transmitter werden mit Kunstharz auf den Hinterkopf der Robben geklebt. CCAMLR empfiehlt für die Fixierung von Geräten größer 100 g eine Kombination aus Kunstharz, Nylonnetz und Kabelbindern. Inzwischen kann ein Satellitensender allein durch 2-Komponenten-Kleber z. B. Araldite zuverlässig fixiert werden. Die empfohlene Position bei Robben, bei CCAMLR speziell der Antarktischen Pelzrobbe, ist eine Anbringung auf der Rückenmittellinie auf Höhe des Schädels. Um den Wasserwiederstand möglichst gering zu halten, wird als Ort der Anbringung der Hinterkopf einer Robbe empfohlen. Die Verweildauer der Geräte an den Tieren wird durch den Zeitpunkt des Haarwechsels bestimmt. Zur Anbringung muss das Fell entfettet werden, damit der Kleber hält. Dazu wird reines Aceton in geringen Mengen verwendet. Es sollten möglichst kleine Einheiten mitgeführt werden, damit das Risiko einer unbeabsichtigten Freisetzung des Stoffes in die Umwelt minimiert wird. Tiere, die nach dem Ende des Haarwechsels instrumentiert werden, tragen den Transmitter daher für maximal ein Jahr. Danach geht das Gerät im Zuge des nächsten Haarwechsels verloren. Die Transmitter und ihr Batteriebesatz verbleiben dann in der Umwelt, vermutlich zumeist in der marinen Umwelt.

Externe Geräte sind eine Alternative zur Magenspülung und zu Magentemperatursonden für nahrungsökologische Untersuchungen und für akustische Untersuchungsmethoden in der ozeanographischen Forschung. Die Anbringung externer Geräte an Robben setzt i. d. R. die Immobilisation der Tiere voraus. Bei kleineren Robben kann zur notwendigen passgenauen Anbringung der externen Geräte die Narkose hinderlich sein, da narkotisierte Tiere ihre natürliche Form aufgrund der totalen Muskelentspannung verändern (Arcalis-Planas *et al.*, 2015).

CTD-ARGOS Satellitentransmitter

Mit ARGOS-CTD-ausgestattete Robben ermöglichen z. B. auf Fischvorkommen zu schließen, indem ozeanographische Daten der *in situ* Hydrographie mit Tauchtiefen korreliert werden. Die Sonden messen Wassertiefe, Salzgehalt und Wassertemperatur in schwer zugänglichen Bereichen, z. B. unter dem Packeis. Die zusätzliche Aufnahme der Positionsdaten erlaubt eine Rekonstruktion der horizontalen Wanderbewegungen der Robben. Geräte, die ihre Daten via Satellitensystem übertragen, müssen nicht wiedergefangen werden. Die Größe und das Gewicht eines Transmitters sind v. a. abhängig von der gewünschten Sendeleistung (Batteriebesatz). Es werden zahlreiche Produkte auf dem Markt angeboten, teilweise sind Eigenherstellungen der Forschungsinstitute im Einsatz. Die Transmitter fallen mit dem nächsten Fellwechsel ab.

Kiefer-Beschleunigungsmesser

Beschleunigungsmessung in 3d-Achsen sind eine neuere Methode zur Untersuchung der Nahrungsökologie (*Bio-Logger devices*: z. B. http://utbls.aori.u-tokyo.ac.jp/Bio-logging_Devices.html).

Ein „*Mandibel Accelometer*“ (MAC, „Kieferschlag-Sensor“) kann zur Untersuchung des Fressverhaltens von Robben durch Aufzeichung der Kiefer- und Kopfbewegungen eingesetzt werden. Er ist ungefähr fingergroß und registriert, wann die Robbe das Maul öffnet. Auf Basis dieses Nahrungsaufnahmeverhaltens soll auf die räumliche und zeitliche Verteilung besonders produktiver Zonen (*hotspots*) im Südpolarmeer geschlossen werden. Für Nahrungsuntersuchungen wurden bislang häufig Magenspülungen durchgeführt oder Temperatursonden im Magen positioniert (Kuhn & Costa, 2006). Die MAC-Methode jedoch ist abgesehen vom Fang und Wiederfang des Tieres nicht invasiv. Es wird daher

angenommen, dass das Gerät für das Tier wenig belastend ist (Naito *et al.*, 2010). *Mandible Accelerometer* (MAC), die bei Untersuchungen an Weddellrobben eingesetzt werden, sind 15 mm im Durchmesser, 53 mm lang, und 18 g schwer (Naito *et al.*, 2010). Diese werden nach Fang und Narkotisierung der Robbe am Haar unterhalb der Mitte des unteren Kiefers mit Araldite Kleber und Nylonnetz angebracht. MACs werden meist zusammen mit Kameras und Tiefenmessern an Robben eingesetzt (Naito *et al.*, 2010). Zur Gewinnung der Daten müssen die Robben wiedergefangen werden. Gelingt dies, verbleibt das Gerät nicht in der Umwelt.

Diverse Data-Logger und Kameras

Externe Geräte werden für spezielle Einsätze mit mehreren Messeinheiten kombiniert. Ein DSL-Logger (*Digital still image logger*) wurde von Naito *et al.* (2010) einer Weddellrobbe auf dem Kopf befestigt. Die so gewonnenen Bildaufnahmen werden mit den Daten, die z. B. ein MAC aufzeichnet, in Verbindung gebracht, um letztendlich ein Bild des Jagdverhaltens und Nahrungsspektrums einer Robbe zu bekommen (Watanabe *et al.,* 2003). Zukünftig können auch entsprechende Kameras mit Infrarotblitzvorrichtung ausgestattet werden, um das Verhalten der Robben unter Wasser weiter aufzuschlüsseln. Nach heutigem Wissensstand wird Infrarotlicht weder von Robben noch von der Beute wahrgenommen.

Kameras können an Robben befestigt werden, um 3D-Bewegungsmuster, Informationen zu Jagdverhalten, Revierkämpfen, Nachwuchspflege etc. zu erhalten (Naito *et al.*, 2010; Watanabe *et al.*, 2003). Die Kameras werden ggf. zusammen mit Satellitensendern und Datenloggern am Kopf der Robbe befestigt (Davis *et al.*, 2004; Muramoto *et al.*, 2004). Speziell Kameras werden auf einer Platte befestigt, damit sie leicht abgenommen werden können. Diese Befestigungsstrukturen bleiben bis zum nächsten Haarwechsel an der Robbe.

Die technische Entwicklung hinsichtlich der Verkleinerung der Gerätschaften schreitet rasant voran. Durch das Tragen externer Geräte sind verschiedene Sofort-Reaktionen (Richtungsänderung, Schwanzschlagen, Beschleunigen, Abtauchen) bei marinen Säugern beobachtet worden. Jedoch stehen keine vergleichbaren Studien zur qualitativen Auswertung potentieller Langzeitauswirkungen zur Verfügung (Walker *et al.*, 2012).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Verbleiben die Logger/Transmitter in der Umwelt sind § 21 ff. AUG betroffen.

Zu Tieransammlungen sollte so großer Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden.

Die Anzahl der Logger/Transmitter, die ggf. in der Umwelt verbleiben, ist in Anbetracht der Größe des betroffenen Gebietes wahrscheinlich unbedeutend. Dennoch sollten möglichst alle Geräte wieder eingesammelt werden.

Bei jedem Fang und der Besenderung besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres (Verletzungsrisiko). Beim Fang ohne Narkose entsteht sehr starker Stress aufgrund des wissenschaftlichen Eingriffs, da die Tiere länger als 30 min festgehalten werden (Definition nach Carstens *et al.*, 1999). Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5). Diese vorläufige Bewertung setzt die Erfahrung und tierärztliche Ausbildung der Bearbeiter bzw. Sachkunde der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in den angewandten Methoden voraus. Andernfalls lautet die vorläufige Bewertung **sehr kritisch** (Gruppe D). Es sollten nicht mehr Robben mit Sendern versehen werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.2.2.1.6 Interne Geräte

In der robbenbiologischen Forschung werden interne temporäre Sensoren, z. B. Magensonden, eingesetzt, um ein Maß der Beutemenge eines Tieres zu erhalten (Kuhn & Costa 2006). Dazu muss die Robbe gefangen und betäubt werden. Verschluckte Geräte wie *Gastro-thermo recorder* sowie operative Implantate werden heute i. d. R. nicht mehr eingesetzt, sondern sind durch technische Neuentwicklungen wie z. B. den o. g. MAC ersetzt worden, die bessere Ergebnisse liefern.

Interne Geräte bergen immer ein großes Risiko für die Gesundheit des Tieres, das zur Legung und Entferung der Geräte narkotisiert werden muss. Interne Geräte sollten im Rahmen moderner Forschungsansätze durch externe Geräte und nicht invasive Beprobung – z. B. MAC, Isotopen- und Biomarkeranalyse aus Kot, Fell, Vibrissen, Blut, Bild- und Videoaufnahmen - ersetzt werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Verbleiben die Geräte nach dem Tod des Tieres in der Umwelt sind § 21 ff. AUG betroffen.

Während der Beprobung der Robben können weitere Tieransammlungen beunruhigt werden, von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist dadurch nicht auszugehen, da die Tätigkeit zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Zu Tieransammlungen sollte so großer Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden.

Bei jedem internen Gerät besteht ein starkes Risiko für die Gesundheit des Tieres (Verletzungsrisiko). Die Tiere werden länger als 30 min festgehalten (Definition nach Carstens *et al.*, 1999)). Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) muss die Methode daher als bedingt

vertretbar (Gruppe C) eingestuft werden. Aufgrund heute zur Verfügung stehender Alternativen und dem sehr hohen Risiko für die Gesundheit des Tieres wird in dieser Studie von den Bewertungskriterien nach Carstens et al. (1999) abgewichen und interne Geräte vorläufig als **sehr kritisch** (Gruppe D) bewertet (Kapitel 2.1.5).

3.2.2.2.1.7 Morphologische Untersuchungsmethoden

Nach der Immobilisation werden neben physiologischen Parametern wie Herzschlagfrequenz auch morphologische Daten erhoben. Dabei wird das Tier vermessen und gewogen. Bei Jungtieren kann die Untersuchung ggf. ohne chemische Immobilisation erfolgen (McMahon *et al.*, 2005).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl und aufmerksame Bewegung erfahrener Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Zu Tieransammlungen sollte so großer Mindestabstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden.

Bei jedem Fang mit Narkose und hier in Kombination mit morphologischen Untersuchungen besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres (Verletzungsrisiko). Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5). Diese vorläufige Bewertung setzt die Erfahrung und tierärztliche Ausbildung der Bearbeiter bzw. Sachkunde der Wissenschaftler in den angewandten Methoden voraus. Andernfalls lautet die vorläufige Bewertung „sehr kritisch (Gruppe D)“. Sofern keine Narkose notwendig ist, etwa bei jungen Robben, wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) bewertet. Es sollten nicht mehr Robben mit Sendern versehen werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.2.2.1.8 Töten

Das Töten von Tieren zur Erhebung wissenschaftlicher Daten ist sehr kritisch und ist nicht mehr *state of technology*. Dennoch lassen sich Ereignisse konstruieren, wo Alternativmethoden nicht zielführend sind und das Töten eines Tieres notwendig sein könnte, etwa bei der Ursachen- und Verlaufsforschung eines Massensterbens mit z. B. der Schadstoffuntersuchung in der Leber.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden. Es besteht keine Besorgnis darüber, dass durch die Entnahme einzelner Tiere, aasfressenden Vögeln wie Skuas die Nahrungsgrundlage in einer Art und Weise entzogen wird, dass schädliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen entstehen.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Die gezielte Tötung ist entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999; Kapitel 2.1.5) als **sehr kritische** (Gruppe D) Methode eingestuft. Es sollten nicht mehr Tiere getötet werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.2.2.1.9 Audiometrie

Untersuchungen zum Hörvermögen antarktischer Robben dienen der bioakustischen Grundlagenforschung und sind notwendig, um potentielle Schäden durch anthropogene Lärmquellen, z. B. akustische Messmethoden, evaluieren zu können. Fundierte audiometrische Kenntnisse zum Hörvermögen antarktischer Warmblüter sind erforderlich, um beispielsweise die Wirksamkeit vorsorglicher Mitigationsmaßnahmen zu hydroakustischer Forschungsmethoden und sonstigen Lärmbelastungen in der Antarktis zu beschreiben. Das Hörvermögen antarktischer Robben ist Forschungsgegenstand rezenter Untersuchungen, allerdings sind bisher nur wenige Arten audiometrisch untersucht worden (Houser *et al.*, 2007; Tripovich *et al.*, 2011; Kindermann *et al.*, 2007). So ist bekannt, dass ein in Gefangenschaft vermessener junger Seeleopard im Bereich 1-4 kHz und bei 4 kHz am sensitivsten hörte (Tripovich *et al.*, 2011). Auch ist bekannt, dass sich der Hörbereich in Bezug auf die Lautstärke bei Robben mit dem Alter kaum verändert (Southall *et al.*, 2005).

Audiogramme werden bei Robben (und Walen) erstellt, indem die Tiere entweder trainiert werden auf Tonstimuli auf eine bestimmte Art und Weise zu reagieren oder neurophysiologische Techniken verwendet es werden (Wolski *et al.*, 2003; Houser *et al.*, 2007). Im Zoo von Sydney wurde das Audiogram eines Seeleoparden ebenfalls mit Hilfe neurophysiologischer Methoden erstellt (Tripovich *et al.*, 2011).

Neurophysiologische Messungen nehmen die bioelektrische Reaktion auf akustische Reize auf, die von der Gehörperipherie (Innenohr, Hörnerv und Hirnstamm) erzeugt werden (Messung auditorischer evozierter Potenziale, AEP). Die Tiere müssen für diese Messungen chemisch immobilisert werden (vgl. Kapitel 3.2.2.2.1) Als Messelektroden werden entweder subkutane Nadelelektroden oder Napfelektroden an einer rasierten und fettfreien Stelle auf der Kopfhaut angebracht (Kindermann *et al.*, 2007). Die Robbe muss für diese Untersuchung ca. 1 Stunde immobilisiert werden. Die Möglichkeit der Anwendung einer Inhalationsnarkose besteht. Die Robbe muss vor Unterkühlung geschützt werden, z. B. durch Bedecken der Extremitäten mit Schnee.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet,

lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch geeignete Ortswahl, richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung zusätzlich minimiert werden.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG; CCAS).

Beim Fang und der Narkose besteht ein Risiko für die Gesundheit des Tieres. Es entsteht sehr starker Stress aufgrund des wissenschaftlichen Eingriffs und die Tiere werden länger als 30 min festgehalten (Definition nach Carstens *et al.*, 1999). Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5). Diese vorläufige Bewertung setzt die Erfahrung und tierärztliche Ausbildung der Bearbeiter bzw. Sachkunde der Wissenschaftler in der angewandten Methode voraus. Andernfalls lautet die vorläufige Bewertung **sehr kritisch** (Gruppe D). Es sollten nicht mehr Robben audiometrisch untersucht werden als unbedingt für die wissenschaftliche Untersuchung notwendig.

3.2.2.2.2 Beprobung ohne Immobilisation

3.2.2.2.2.1 Einsammeln von totem Gewebe

Erbrochenes, Kot, Gewebe von Todfunden werden zum Beispiel für DNA-, Schadstoff- oder Isotopenanalysen eingesammelt und stellt eine Alternative zur Blutabnahme und anderen Methoden, die dem Erkenntnisgewinn zur Nahrungs- und Populationsökologie dienen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist. Durch richtiges Verhalten mit Einhalten von Mindestabständen kann die potentielle Auswirkung minimiert werden. Es besteht keine Besorgnis darüber, dass durch die Entnahme einzelner Tierorgane, aasfressenden Vögeln die Nahrungsgrundlage in einer Art und Weise entzogen wird, dass schädliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen entstehen.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d AUG).

Zu Tieransammlungen sollte soviel Mindestabstände eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen außerhalb der eigentlichen Untersuchung beunruhigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Es werden keine lebenden Tiere berührt und keine Ansammlungen von Tieren beunruhigt, sofern ausreichend großer Abstand zu den lebenden Tieren eingehalten wird. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **unbedenklich** (Gruppe-A) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.2.2.2.2 Zählungen vom Land oder Schiff aus

Für Zählungen oder Monitoringaufgaben werden Robben an Land oder auf Eis aus der Entfernung mit einem Fernglas oder Spektiv gezählt (Pfeiffer & Peter, 2003).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Population ist nicht auszugehen, da die Tätigkeit von einzelnen Personen durchgeführt wird und die Anwesenheit der Bearbeiter zeitlich befristet, lokal sehr begrenzt und vorübergehend ist.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch die Benutzung von Land- und Wasserfahrzeugen und Menschen zu Fuß beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b, d, Abs. 2 und Abs. 3 AUG).

Zu Tieransammlungen sollte ausreichend große Mindestabstände eingehalten werden, damit keine Tiere oder Tieransammlungen beunruhigt, gestört oder beeinträchtigt werden. Es sollte vermieden werden auf empfindliche Landpflanzen zu treten.

Es werden keine lebenden Tiere berührt und keine Ansammlungen von Tieren beunruhigt, sofern ausreichend großer Abstand zu den Tieren eingehalten wird. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird das Beobachten aus der Ferne daher als **unbedenklich** (Gruppe A) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.2.2.2.3 Zählungen aus der Luft

Luftgestützte Zählungen von Robben werden z. B. auf dem Meereis, an Küsten und über offenen Wasser unternommen, um belastbare Bestandszahlen und Verteilungsmuster zu erhalten. Diese können sowohl per Hubschrauber als auch mit einem kleinen Flugzeug, z. B. mit der Polar-6, vorgenommen werden. Es wird in den letzten Jahren darauf geachtet, dass dabei international methodisch kongruent vorgegangen wird, damit Zahlen vergleichbar und Trends erkennbar werden (Bester & Odendaal, 2000). Es können entweder Fotos von einem Flugzeug aus angefertigt, um später ausgewertet zu werden oder direkte Zählungen durchgeführt werden (Southwell, 2005). Ebenfalls können sogenannte Drohnen für Robbenzählungen aus der Luft eingesetzt werden (vgl. Kapitel 3.3.2.2.5.1).

Bei Robbenzählungen aus dem Hubschrauber werden durch im Fenster befestigte kalibrierte Abstandsmarken, die Robben in virtuellen Streifen gezählt und Begleitparameter wie GPS-Position, Grad der Eisbedeckung etc. aufgenommen. Damit diese auf Artniveau bestimmt werden können ist es notwendig, in einer niedrigen Höhe zu fliegen. Bei einer Flughöhe von ca. 60 m und einer Geschwindigkeit von ca. 60 Knoten über Eis ist eine Differenzierung der Arten möglich, weshalb dies international methodisch angewendet wird (Bester & Odendaal, 2000).

Störungen durch Helikopter und Flugzeuge beim Überflug von Tieransammlungen sind zu besorgen (Carstens *et al.*, 1999, Harris, 2005). Eine Abnahme von Verhaltensreaktionen von Robben und Pinguinen konnte bei steigenden Abstand zur Fluglinie eines Helikopters beobachtet werden: erst bei ca. 800 m Distanz ist keine weitere Abnahme der Fluchtreaktionen erkennbar, die Flughöhe selbst war dabei weniger entscheidend (Southwell, 2005). Allerdings wurden diese Ergebnisse bei Helikopterflügen in 130 m Höhe und einer Geschwindigkeit von 90 Knoten erzielt.

Zunehmend werden Zählungen mit Hilfe von fliegenden Trägerplattformen, sog. Drohnen, vorgenommen. Eine ausführliche Beschreibung und die vorläufige Bewertung mit der Begründung sind in Kapitel 3.2.1.2.9.5.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Es sind vorübergehende Störung und Beunruhigung durch das Flugobjekt selbst und Lärm zu besorgen, deren Effekte innerhalb von Tagen bis Wochen verschwunden sein dürften.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Robbenansammlungen durch die Benutzung von Luftfahrzeugen beunruhigt werden können. Es ist ein Einvernehmen mit dem BfN herzustellen und die Genehmigung zu beschränken ist (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a; Abs. 2 und Abs. 3 AUG).

Die Zahl der Transekte sollte auf ein wissenschaftlich notwendiges Mindestmaß reduziert werden. Weiterhin sollten die Transekte in so großem Abstand zueinander liegen, dass jedes Tier möglichst nur einmal überflogen wird. Die Zählflüge sollten in zeitlichen Abständen von z. B. mehrere Wochen erfolgen, damit kumulative Effekte möglichst ausgeschlossen werden können. Es sollte vermieden werden, Kolonien im Sinne von Fortpflanzungsaggregationen von Robben oder Pinguinen zu überfliegen. Wo möglich sollten die *Guidelines for Aircraft near concentrations of birds* (Resolution 2, ATCM XXVII CEP VII Captown, 2004) und ausreichend Abstand (610 m vertikal, 460 m horizontal) beim Landen und Starten zu Ansammlungen von Tieren eingehalten werden.

Die Störung von Ansammlungen antarktischer Warmblüter im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode ist unvermeidbar, führt aber nach heutigem Kenntnisstand nicht zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes oder Populationen. Allerdings bestehen Wissenslücken und Unsicherheiten.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.2.2.2.4 Passive akustische Beobachtung unter Eis

Der südliche Ozean ist vergleichsweise unbeeinflusst von anthropogen verursachtem Lärm, was für die akustische Überwachung im Antarktischen Ozean genutzt wird. Für die Präsenzermittlung unauffälliger Arten wie der Rossrobbe ist dies eine geeignete Methode. Das passive Observatorium PALAOA erfasste z. B. die sirenenartigen Rufe der Rossrobben zeitweise als das dominanteste Geräusch unter Wasser in der Atka-Bucht, wo die Abhöreinrichtung stationiert ist (Kapitel 3.2.1).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffenes Schutzgut ist die Meeresumwelt (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 AUG).

Hinsichtlich möglicher Auswirkungen ist das Belauschen unter Wasser zeitlich befristet, passiv und von nicht messbarer Intensität.

Es werden keine einzelnen Tiere und Ansammlungen von Tieren im Zusammenhang mit passiven akustischer Beobachtung beunruhigt, gestört oder beeinträchtigt oder Pflanzen entfernt oder geschädigt. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **unbedenkliche Methode** (Gruppe A) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Ebenfalls in der Robbenforschung eingesetzte ferngesteuerte Mini-Fahrzeuge (PIT-Ausleser) und fliegende Trägerplattformen wurden bereits in Kapitel 3.2.1.2.9.4 und 3.2.1.2.9.5 beschrieben und vorläufig bewertet.

3.2.2.3 Logistik zur Durchführung der Robbenforschung

Robbenbiologische Methoden benötigen eine Ausgangsplattform, die ein Forschungsschiff, eine Forschungsstation, Feldcamps, Flugzeuge, Helikopter oder eine Kombination mehrerer logistischer Hilfsmittel sein kann (Kapitel 3.5.3). Zum Aufsuchen von Einzeltieren auf dem Eis werden Skidoos und Helikopter eingesetzt. Für stromverbrauchende Methoden im Feld, z. B. Audiometrie, ist der Einsatz eines Generators notwendig. Gelegentlich werden verdunkelte Kabinen, z. B. ein überdachter Nansen-Schlitten o. ä., benötigt, um Bildschirme abzulesen zu können. Beim Bau von Messstationen im Feld wie passives akustisches Monitoring werden weitere logistische Mittel eingesetzt. Flugkörper, die für Zählungen aus der Luft eingesetzt werden emitieren Klima relevante Gase und produzieren Lärm.

Die Beschreibung und vorläufige Bewertung der logistischen Mittel erfolgt ab Kapitel 3.5.

3.2.3 Methoden der Walforschung

3.2.3.1 Einleitung

International ist für den Schutz und die Erhaltung von Walen die *International Whaling Commission* (IWC) zuständig. Der eindeutige Zweck der Konvention ist laut Präambel der ICW „die gesunde Erhaltung der Walbestände sicherzustellen und zugleich eine geordnete Entwicklung der Walfangindustrie zu ermöglichen." Die IWC ist die einzige internationale Organisation, die befugt ist, den Walfang und den Schutz der Wale weltweit zu regulieren. Der wissenschaftliche Walfang darf nur dann gestattet werden, wenn wissenschaftlich bedeutsame Ergebnisse angestrebt werden, die sich durch bisherige Daten und/oder nichttödliche (Fang-)Techniken so nicht erzielen lassen. Die Antarktis ist Teil der 1994 von der IWC beschlossen Walschutzzone des Südlichen Ozeans (*Southern Ocean Whale Sanctuary* SOWS).

Aktuelle Forschungsschwerpunkte zielen derzeit vor allem auf Erkenntniszuwachs zu Bestandszahlen und Verhaltens- und Lebensweise einzelner Arten und möglichen Bedrohungen durch anthropogene Umweltveränderungen (Scheidat *et al.*, 2011; Andrews *et al. 2008;* Zitterbart *et al.*, 2013; Van Opzeeland *et al.*, 2013). Viele Wal-Wissenschaftler sind in der *Southern Ocean Research Partnership* (SORP; http://www.marinemammals.gov.au/sorp aufgerufen am 08.05.2015) als internationales Konsortium vereint, um in enger Zusammenarbeit mit der IWC und mit Hilfe von Satellitentagging den Status antarktischer Wale zu untersuchen. SORP bindet hierzu auch Sichtungen touristischer Unternehmungen ein, um einen möglichst umfassenden Katalog von Walindividuen zu erstellen.

Zu den antarktischen Walen zählen mindestens acht Bartenwalarten und sieben Zahnwalarten (Boyd, 2009). Die aktuellen Daten zu Auftreten und Abundanz von Walen in der Antarktis haben kürzlich Siebert *et al.* (2014) zusammengefasst. Diese basieren auf der Auswertung von Bestandserhebungen sowie Fangdaten, die von IWC und CCAMLR gesammelt wurden. Die Bestandszahlen haben große Unsicherheiten, da diese zumeist aus Modellierungen mit schwacher Datengrundlage stammen und da reale Surveys nur selten und dann für begrenzte Regionen durchgeführt werden (Scheidat *et al.*, 2011).

Insgesamt liegen weniger verlässliche Angaben für Zahnwale als für Bartenwale vor, was am unterschiedlichen Tauchverhalten und der unterschiedlichen Reaktion gegenüber Schiffen (und Flugobjekten) liegen kann. Bei visuellen Bestandserhebungen weisen viele Bartenwalarten deutlichere Unterschiede in ihren jahreszeitlichen Antreffraten auf (Siebert *et al.*, 2014, Williams *et al.*, 2014).

Markierungen an Walen, zur Wiedererkennung von Individuen z. B. bei Langzeitstudien zur Populationsentwicklungen, sind unüblich. Zum einen eitern Fremdgegenstände aus der Walhaut heraus und zum anderen besitzen viele Wale natürliche individuelle Kennzeichen: Flecken bei Blauwalen, Schwielen bei Glattwalen, Risse in Rücken- oder Schwanzflosse bei Delfinen, Schwarzweißmuster

der Buckelwal-Flukenunterseite. Es gibt jedoch Möglichkeiten, Markierungen an den Fluken oder auf dem Rücken von Walen anzubringen.

Die Abhängigkeit des Auftretens von Walen in der Antarktis hängt mit der Eisausbreitung und der Nahrungsverfügbarkeit zusammen (Scheidat *et al.*, 2011). Dabei scheinen sich verschiedene Walarten in unterschiedlichen Gebieten wahrscheinlicher aufzuhalten (Williams *et al.*, 2014). Die Hauptnahrung der Wale in der Antarktis ist Krill sowie Krill fressende Tiere. Die Entwicklung von Krill (*Euphausia superba*) ist eng mit dem Meereis verknüpft. Sollte die Meereisausbreitung im Verlauf einer globalen Erwärmung abnehmen, könnte sich dies negativ auf die antarktischen Walbestände auswirken wird (Tyan & Russel, 2008).

3.2.3.2 Methodenbeschreibung und vorläufige Bewertung von Forschungsmethoden an Walen

Bisher ist keine nachteilige Wirkung aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen an Walen auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 Nr. 1 AUG bekannt. Die notwendige Logistik (Schiff, Helikopter) verursacht Lärm und Abgase, die, bei Reduzierung auf das für die Durchführung des Forschungsprogramms notwendige Mindestmaß, keine erheblichen nachteiligen Wirkung auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 Nr. 2 und Nr. 3 AUG erwarten lassen. Sofern für die wissenschaftliche Untersuchung die Anzahl der Versuchstiere begrenzt wird, sind keine schädlichen Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tierarten oder deren Populationen oder zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen zu erwarten (§ 3 Abs. 4 Nr. 4 und Nr. 5 AUG).

Sichtbare geringfügige Störungen beinhalten unter anderem die Änderung der Schwimmrichtung und Schwimmgeschwindigkeit sowie die Änderung der Atemfrequenz. Unter einer mehr als geringfügigen Störung sind Reaktionen wie die langfristige Unterbrechung wichtiger Verhaltensweisen (Nahrungssuche, Vokalisation), das weiträumige Verlassen des Gebietes sowie die Trennung eines Mutter-Kalb-Paares zu verstehen (Anhang II).

Beeinträchtigungen an Walen und antarktischen Warmblütern, die nicht im Focus der gerade durchgeführten Forschung stehen, durch logistische Hilfsmittel, z. B. Helikopterflüge, sind denkbar und müssen im konkreten Einsatz mit Mitigationsmaßnahmen versehen werden. Bei der Treibstoffversorgung zur Stromerzeugung bei Langzeitinstallationen ist darauf zu achten, dass kein schädlicher Stoff in die Umwelt tritt (Kapitel 3.5.3.24).

Abgefallene Sender und Verankerungen verbleiben in der Meeresumwelt, es ist jedoch unbekannt, ob dies im AV-Gebiet ist. Ggf. werden jedoch durch die abgefallenen Messinstrumente und den darin enthaltenen Energiequellen keine erheblichen Schädigungen der Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 erwartet. Die Anzahl der abfallenden Sender ist sehr klein in einem sehr großen Gebiet.

Im Folgenden werden gebräuchliche wissenschaftlichen Untersuchungsmethoden an Walen vorgestellt und auf ihre Einzelwirkungen gemäß § 17 AUG mit Hilfe der Bewertungsstufen nach Carstens *et al.,* (1999) bewertet.

3.2.3.2.1 Sichtungsmethoden

Walsurveys werden häufig im Rahmen von ohnehin stattfindenden Fahrten und Flügen durchgeführt. Gezielte Surveys werden von Schiffen und Helikoptern mit dem international anerkannten und etablierten Linientransekt-Distanzverfahren/ *„Line transect" Distance Sampling* (Sichtbarkeit der Tiere auf der Transsektlinie) vorgenommen (Rankin *et al.*, 2005). Dabei werden Wale von extra eingesetzten Beobachtern aus dem Krähennest eines Schiffes, von der Brücke und während speziell durchgführter Helikopterflüge auf Transeketen erfasst. Die wissenschaftlichen Zählungen nach der Distant Sampling Methode sind an bestimmte Flughöhen gebunden, um einheitliche Datensätze zu ermitteln (Standardverfahren). Die Flüge werden auf einer konstanten Flughöhe von ca. 600 ft (ca. 183 m) und

unter Einhaltung einer konstanten Geschwindigkeit von 90 - 100 kn (ca. 160 km/h) durchgeführt. Aufgrund der hohen Kosten der Flug-Surveys und der meist sehr begrenzten Möglichkeiten (zeitlich und witterungsbedingt) ist die Anzahl der durchgeführten Transekte gering.

Eine moderne Möglichkeit die Präsenz von Walen zu ermitteln, ist ein vom AWI entwickeltes Kamerasystem zur automatisierten Blasdetektion von Walen im Infrarotbereich (IR). Dies kann Tag- und Nacht und innerhalb eines breiten Witterungsfensters Wale detektieren. Das Kamerasystem ist als Mitigationsmaßnahme z. B. vor Einsatz seismischer Geräte (vgl. Anhang II) insbesondere in Kombination mit einer Beobachtergruppe gut geeignet.

Die Identifizierung einzelner Wale kann anhand von Fotoidentifikation erfolgen, bei der einzelne Wale an besonders markanten Zeichnungen, Narben oder Verletzungen erkannt werden können. Einzelne Arten, wie z. B. Buckelwale, haben individuelle Zeichnungen an der Schwanzfluke, anhand derer die Tiere beim Abgleich ihrer Muster mit Internetdatenbanken identifiziert werden können, z. B. *College of the Atlantic* (COA) *Antarctic Humpback Whale Catalogue* und *Antarctic Killer Whale Photo-Identification Catalog*. Auf diese Weise werden langfristig populationsökologische Erkenntnisse gewonnen. Visuelle Beobachtungsmöglichkeiten an Einzeltieren können lokal durch Unterwasserkameras erfolgen (Mathias *et al.*, 2009).

Während der Messflüge und beim Betrieb einer schiffsgestützten Beobachtungsplattform entstehen Emissionen (Kapitel 3.5.3.8 und Kapitel 3.5.3.12).

3.2.3.2.1.1 Flugsurveys

Vorläufige Bewertung und Begründung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Mögliche Auswirkungen der Überflüge von Flugobjekten wie Helikopter sind kurzfristig und gering. Es sind vorübergehende Störung und Beunruhigung durch das Flugobjekt zu besorgen.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG kann im Einzelfall betroffen sein. Dies ist der Fall, wenn mit Vogel- oder Robbenansammlungen zu rechnen ist und diese durch Fliegen mit Luftfahrzeugen beunruhigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a AUG).

Die Resolution 2 (2004) *Guidelines for aircraft near concentrations of birds* sollte nach Möglichkeit eingehalten werden. Für die Durchführung der wissenschaftlichen Flug-Surveys muss eine Ausnahmegenehmigung beantragt werden, da eine vertikale Flughöhe von 610 und eine horizontale Flughöhe von 460 m bei der Untersuchungsmethode nicht eingehalten werden kann. Nach Abschluss des jeweiligen Flug-Surveys sind die Vorgaben der Guideline wieder einzuhalten.

Es ist zu erwarten, dass die Effekte einer Störung oder Beunruhigung innerhalb von Stunden bis Tagen reduziert sind. Des Weiteren haben Flugzeuge und Helikopter das Schädigungspotential aufgrund der in Kapitel 3.5.3.8 und Kapitel 3.5.3.12 beschriebenen Einzelwirkungen die Schutzgüter gemäß AUG negativ zu beeinflussen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.3.2.1.2 Schiffsurveys inklusive Infrarot-Kamera

Vorläufige Bewertung und Begründung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG). Schiffe haben das Schädigungspotential aufgrund der in Kapitel 3.5.3.8 beschriebenen Einzelwirkungen die Schutzgüter gemäß AUG negativ zu beeinflussen. Es ist zu erwarten, dass potentielle Veränderungen innerhalb von Wochen bis Monaten reduziert sind.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Tieransammlungen durch die Benutzung von Wasserfahrzeugen beunruhigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG).

Es sind vorübergehende Störung und Beunruhigung durch das Schiff und aufgrund von Lärm zu besorgen. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode daher als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft, da Störungen von Ansammlungen (antarktische Warmblüter) im Zusammenhang mit der wissenschaftlichen Methode unvermeidbar sind, aber nach heutigem Kenntnisstand nicht zu einer dauerhaften Beeinträchtigung des Lebensraumes oder Populationen führen (Kapitel 2.1.5).

3.2.3.2.1.3 Drohnen

Mit der rasch voranschreitenden Entwicklung autonom fliegender Plattformen („Drohnen“) bietet sich zukünftig die Möglichkeit, Wale auch in der Antarktis weniger beeinträchtigt visuell aus der Luft zu erfassen, solange ein (geringer) Mindestabstand zu den Tieren eingehalten wird. Weitere Erläuterungen und die vorläufige Bewertung erfolgte bereits in Kapitel 3.2.1.2.9.5.

3.2.3.2.2 Passive akustische Beobachtung

Hydrophone nehmen Laute auf, die Wale zur intraspezifischen Kommunikation, zur Jagd oder zur Navigation einsetzen. Akustische Aufnahmen können zur Unterscheidung der Unterarten Blau- und Zwergblauwal dienen (Rankin *et al.*, 2005). Die akustische Unterwasserstation PALAOA z. B. lokalisiert ganzjährig Wale von einer festen Position. Hydrophone können in passive und automatischen Messstationen und Unterwasserplattformen integriert sein sowie als externe Geräte an Walen angebracht sein. Die vorläufige Bewertung des jeweiligen Trägers und die erforderliche Logistik erfolgt in den entsprechenden Kapiteln, das Hydrophon selbst ist im Kapitel 3.1.2.6.2.2.2 behandelt.

3.2.3.2.3 Gewebeentnahme, Biopsie

Die Entnahme von Gewebe- und Blutproben ist Grundlage für physiologische (z. B. Fettsäureanalytik), genetische (z. B. Geschlecht, Populationsstatus) und ökologische (z. B. Nahrungsspektrum) Untersuchungen. Im Blut können Biomarker Informationen zu Beutetieren liefern, die innerhalb weniger Tage vor der Blutentnahme gefressen wurden. Die Entnahme von Gewebe am freischwimmenden lebenden Wal wird ausführlich bei Carstens *et al.* (1999) beschrieben. Zur Beprobung muss sich dem Wal mit einem schnellen kleinen Boot auf wenige Meter genähert werden, was aufgrund von Lärm und Bewegung Verhaltensänderung auslösen kann. Mit Hilfe eines Geschosses, das maximal 2 cm in die Haut des Wales eindringen kann, wird eine sehr kleine (< 300 mg) Hautprobe herausgeschnitten. Das Geschoss löst sich und wird mit einem Schwimmkörper an der Wasseroberfläche gehalten und eingesammelt. Die Reaktionen der Wale sind wenig beschrieben, können aber wohl mit dem Verankern eines externen Gerätes verglichen werden. Diese reichen von keiner Reaktion, über Schwanzschlagen, schneller Schwimmen bis zu aggressiven oder Vermeidungsverhaltensänderung (Hauser *et al.*, 2010; Hazen *et al.*, 2012; Walker *et al.*, 2012). Alternativen sind mit einer Kotanalyse oder Untersuchungen des Walblases bei einigen Forschungsansätzen gegeben.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Die Besorgnis, dass die Methode zu einer erheblichen Gefährdung von Walen beiträgt ist sehr gering. Insbesondere, wenn nicht mehr Wale behandelt werden als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig sind. Sollte es zu Veränderungen in der Verbreitung führen, so sind diese innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen reversibel.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da der Wal verletzt wird. Zudem können Walansammlungen durch die Benutzung von Wasserfahrzeugen beunruhigt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 1, Nr. 2 b AUG).

Der Wal wird geringfügig verletzt, es ensteht bei Annäherung kurzfristiger Stress und die Beunruhigung durch Fahrzeuge oder Lärm ist zu besorgen. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5). Alternatve Methode für einige Fragestellungen wie DNA Analyse können das Einsammeln von Geweben, die nach dem *breaching* an der Wasseroberfläche treiben, und Kotproben sein.

3.2.3.2.4 Anbringung externer Geräte

Die Entwicklung sogenannter Bio-Logger und Transmitter hat in den letzten Jahrzehnten die Möglichkeiten der (meeres-)biologischen Forschung sehr stark erweitert. Die Möglichkeit viele Daten digital zu speichern, via Satellite oder VHF zu übertragen und im gleichen Zuge immer kleinere und leichtere Geräte zu bauen, eröffneten auch der Walforschung neue Forschungsansätze (Hazen *et al.*, 2012).

Externe Geräte an Tieren ermöglichen die Verfolgung von Individuen via Satellit, um Erkenntnisse zu Wanderverhalten, Nahrungstauchgängen, Ruhephasen, Beziehungen von Gruppen und Individuen zueinander u. v. m. zu erhalten (Zerbini *et al.*, 2006; Hauser *et al.*, 2010). Man kann heute sogenannte Tags art- und forschungsansatzspezifisch bei Herstellern im Internet bestellen. Die Verweildauer beträgt nach Herstellerangaben bis zu 400 Tage. Die Transmitter werden am Tier verankert indem diese mit Druckluftgewehren geschossen oder einem Stab in die Fettschicht gestochen werden. Diese Anker können aus Plastik, Urethan oder Titanium sein (Abbildung 4). Das Verfolgen der Wale zum Setzen der Tags und auch die Datengewinnung bei UKW Übertragung erfolgt im Sendebereich der Funksignale mit kleinen Booten (Zerbini *et al.*, 2006).

Abbildung 4: Beispiele von Verankerungen für Sendern an Walen

© http://wildlifecomputers.com aufgerufen am 12.05.2015

Die Datenübertragung kann mittels ARGOS-Satellitensystem oder VHF erfolgen. Die Sensoren übertragen je nach Ausstattung Tauchtiefe, -zeit, Beschleunigung, Wassertemperatur, Salzgehalt, GPS-Position, Lichtsensoren. Extern können auch Kameras an Walen angebracht werden (Aoki *et al.*, 2013). Oft sind die Verankerungen so konzipiert ist, dass sich das Gerät nach einiger Zeit löst, aufschwimmt und mittels GPS-Ortung gefunden und geborgen werden kann. Die Verankerungen eitern mittelfristig aus der Haut des Wals heraus (diverse Autoren in Carstens *et al.*, 1999). Die Verankerungen können mit kupferfreiem Anti-Fouling beschichtet sein, um das Ansiedeln sessiler Meeresorganismen wie Seepocken zu vermeiden.

Alle Transmitter benötigen Batterien als Energiequelle, die sofern diese nicht wieder aufgenommen werden, in der Umwelt verbleiben.

Es bestehen Unsicherheiten bezüglich des Effekts aller Anbringungstechniken, da anzunehmen ist, dass Studien, die einen wesentlichen negativen Effekt feststellen, seltener veröffentlicht werden als solche, die keine oder geringe negative Auswirkungen nachweisen. Langfristig werden regelmässig Hautveränderungen („Beulen“) auf der Haut der Meeressäuger beobachtet (O. Andrew, Marine Programm Manager Conservation International; mdl. 2016).

Die Methode der Anbringung und die Auswahl der Tags variieren von Untersuchung zu Untersuchung stark. Die Befestigung mit sogenannten *sucction cup tags* verbleiben nur für wenige Tage bis Wochen am Tier und sind für die meisten Fragestellungen nicht geeignet. Die Einführung von Standardmethoden beim *Tagging* mariner Säuger (und Vögel) und ein einheitliches Reportsystem könnte helfen, mögliche Auswirkungen zu minimieren (Walker *et al.*, 2012).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Die Besorgnis, dass die Methode zu einer erheblichen Gefährdung von Walen beiträgt ist sehr gering. Insbesondere, wenn nicht mehr Wale behandelt werden als für die wissenschaftliche Arbeit unbedingt notwendig sind.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da der Wal verletzt wird. Zudem können Walansammlungen durch die Benutzung von Wasserfahrzeugen beunruhigt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und Nr. 2 b AUG).

Der Wal wird durch das Anbringen der Tags geringfügig verletzt. , es ensteht Bei Annäherung an das Tier entsteht kurzfristiger Stress. Außerdem ist eine Beunruhigung durch Fahrzeuge oder Lärm zu besorgen. Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.3.2.5 Einsammeln von totem Gewebe: Kot und Gewebe

Kot und Gewebe von toten Tieren werden für Schadstoffanalysen, Isotopen- und DNA-Analysen eingesammelt. Mageninhalte einzelner Totfunde oder gestrandeter Wale geben Hinweis zum Nahrungsspektrum, allerdings sind Strandungen in der Antarktis sehr selten. Kot- und Hautproben werden unter zur Hilfenahme von Eimern von der Wasseroberfläche geschöpft. Die Hinzunahme historischer Daten und Gewebeanalysen von Museumsexponaten kann Aufschlüsse über die Langzeitentwicklung einer Population geben (Kemper *et al.*, 2008).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Die Entnahme von Gewebeproben aus Walknochen in besonders geschützten Gebieten, insbesondere wenn die Walknochen zum Schutzgut des Ortes zählen, sollte vermieden oder auf ein Minimum reduziert werden. Es besteht keine Besorgnis, dass aasfressenden Tieren die Nahrungsgrundlage dermaßen entzogen wird, dass es dadurch zu Veränderungen käme.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß und mit Wasserfahrzeugen beunruhigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b, d AUG).

Zu Ansammlungen von Tieren sollte Abstand gemäß den Besuchsrichtlinien eingehalten wird.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **unbedenklich** (Gruppe A) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.2.3.3 Logistik zur Durchführung von Walforschung

Meeresbiologische Methoden an antarktischen Walen benötigen eine Trägerplattform, die normalerweise ein Forschungs- oder Kreuzfahrtschiff ist. Je nach Forschungsaufgabe werden werden Flugobjekte und kleine Boote unterstützend eingesetzt. Der Betrieb von Schiffen, Booten und Flugobjekten produziert zahlreiche Schall- und klimarelevante Emissionen über und unter Wasser. Die vorläufige Bewertung der logistischen Mittel erfolgt in Kapitel 3.5.3.9.

3.3 Methoden und Geräte der terrestrische Ökosystemforschung

3.3.1 Einleitung

3.3.1.1 Geographie

Der antarktische Kontinent liegt südlich des 60. südlichen Breitengrades und ist vollständig von einem Meer, dem Südlichen Ozean, umgeben. Zur terrestrischen Antarktis gehören neben dem antarktischen Festland zahlreiche vorgelagerte Inseln. Der nördlichste Punkt des antarktischen Festlandes ist Prime Head, 23 km nordwestlich der Hope Bay im Norden der Antarktischen Halbinsel, auf 61°03,6´S. Die Südlichen Shetlandinseln reichen mit dem winzigen Seal Island (60°58′S; 55°24′W), eine von zahlreichen vorgelagerten subantarktischen Inseln über das AV-Gebiet nach Norden hinaus.

Die Fläche der Antarktis beträgt 13.829.430 km², eingeschlossen die Schelfeisgebiete und die vorgelagerten Inseln. Schelfeisgebiete bedecken eine Gesamtfläche von 1.183.590 km². Das Festland, ohne diese Gebiete und Inseln hat eine Fläche von 12.272.800 km². Die Fläche des gesamten antarktischen Kontinents entspricht ca. 1,3-Mal der Fläche Europas. Geographisch wird der antarktische Kontinent durch das ca. 3.300 km lange Transantarktische Gebirge in die Ost- und Westantarktis geteilt. Die Ostantarktis nimmt mit über 8 Millionen km² den weitaus größten Teil des Festlandes der Antarktis ein, während die Westantarktis sich in Form eines rund 2.000 km langen Subkontinentes nach Norden in die Antarktische Halbinsel und die ihr vorgelagerten Süd-Shetlandinseln bis zur Drakestraße erstreckt. Die höchste Erhebung in der Antarktis ist der Mt. Vinson mit 4.892 m in den Ellsworth Mountains in der Westantarktis.

Ein Großteil der Antarktis ist von einem Eisschild und von Gletschern bedeckt. Der mächtige Eisschild zeigt eine langsame Fließbewegung in Richtung der Ränder des Kontinents. Nur ca. 0,32 % bzw. 44.890 km² des antarktischen Kontinents sind eisfrei (*British Antarctic Survey*, 2005). Die eisfreien Gebiete im Inneren des Kontinents beschränken sich im Wesentlichen auf sogenannte Nunataks, Berggipfel, die aus dem Eisschild herausragen sowie wenige eisfreie „Oasen" wie die Trockentäler im Bereich von Viktorialand. Auf der Antarktischen Halbinsel beträgt der Anteil der eisfreien Gebiete ca. 3 %. Diese sind meist auf die Küstennähe der Halbinsel begrenzt.

3.3.1.2 Klima

Bedingt durch die geografische Lage und physikalische Faktoren wie hohe Albedo, geringe Luftfeuchte und die Isolation durch den Südlichen Ozean, ist die Antarktis der kälteste Kontinent der Erde. In der kontinentalen Antarktis liegen die Jahresdurchschnittstemperatur bei –55 °C. Die Ostantarktis weist extrem kaltes kontinentales Klima auf. Es gibt keine Monate und auch keine Tage, an denen Temperaturen über Null Grad Celsius erreicht werden. Die tiefste meteorologisch gemessene Lufttemperatur der Erde wurde am 21. Juli 1983 mit –89,2 °C bei der russischen Station Vostok registriert. Die durchschnittliche Niederschlagsmenge an der Vostok-Station beträgt 20,8 mm, wobei der meiste Niederschlag zwischen April und September gemessen wurde. Das Klima der Antarktischen Halbinsel ist hingegen deutlich milder. So gibt es dort 1-4 Monate mit einem monatlichen Temperaturdurchschnitt über Null und ca. 6-100 Tage mit Temperaturen über Null. Die durchschnittliche Jahrestemperaturen schwanken zwischen -2,3° C (Almirante Frey Station) und -5,3° C (Rothera Station) sowie Niederschlagsmengen zwischen 400 und 1.000 mm pro Jahr.

3.3.1.3 Geologische Entwicklungsgeschichte

Während des frühen Känozoikums (› 100-60 MA) begann der Großkontinent Gondwana sich aufzuspalten, wodurch die ersten großen ozeanischen Hindernisse für die Ausbreitung von terrestrischen Arten gebildet wurden (Fütterer, 1986; Torsvik *et al.*, 2008). Die Antarktis driftete in dieser Zeit in die südliche Polarregion. Die polare Lage des Kontinents, welche unweigerlich mit saisonalen Zeiten völliger Dunkelheit verbunden ist, führte nicht sofort zu einem massiven Aussterben der terrestrischen Fauna und Flora, und lange Zeit erhielt sich ein südlich-gemäßigter Regenwald (Crame, 1992; Francis

et al., 2008). Auch nachdem die Bildung des Eisschildes begonnen hatte zeigten diese Biota bis etwa 8-10 MA lokale Expansionen. Erst im frühen Miozän wurde die Antarktis schließlich durch die weitere Öffnung und Vertiefung der Drake-Passage (28-23 MA) und die Trennung des Tasman Rückens (33,5 MA) vollständig isoliert (Lawver & Gahagan, 2003; Livermore *et al.*, 2005, Scher & Martin, 2006). Diese tektonischen Prozesse führten nicht nur zur Beseitigung der letzten Landbrücken mit den südlichen Kontinenten, sondern auch zur Entstehung des Antarktischen Zirkumpolarstroms, jener Tiefwasserströmung um den antarktischen Kontinent in dessen Folge sich der Südliche Ozean und die Polarfrontzone bildete . Im weiteren Verlauf wurden die Antarktis und ihre vorgelagerten Inseln von den anderen Kontinenten klimatisch und ozeanographisch isoliert. Dies schaffte die Plattform für die Entwicklung von distinkten antarktischen Lebensgemeinschaften, die an das Überleben in dieser südlichen Polarregion angepasst sind (Barnes *et al.*, 2006).

3.3.1.4 Biodiversität

3.3.1.4.1 Biogeographie

Biogeographische Arbeiten unterteilen die Antarktis in drei biogeographische Regionen: die kontinentale, maritime und subantarktische Region (Chown & Convey, 2006). Die **kontinentale Antarktis** ist bei weitem die größte Region, sie schließt den kontinentalen Bereich der West- und Ostantarktis, die Ostseite und den südlichen Teil der Antarktischen Halbinsel und die Balleny Inseln ein. Die **maritime Antarktis** umfasst typischerweise die Westseite der Antarktischen Halbinsel südwärts bis Alexander Island, ca. 72° S (dies ist nicht identisch mit der geologischen Region der Westantarktis, welche die gesamte Halbinsel einschließt) die South Shetland Inseln und South Orkney Inseln sowie die isolierten Inseln Bouvetøya und Peter I Øy. Neuere Arbeiten haben eine viel deutlichere Grenze zwischen der Antarktischen Halbinsel und der kontinental Antarktis gefunden: Das Fehlen einer Überlappungszone auf Art Ebene von verschiedenen taxonomischen Gruppen ist sehr auffallend. Studien an antarktischen Nematoden und nicht parasitischen Milben haben gezeigt, dass es keine Überlappungszone für diese Gruppen gibt (Adams *et al.*, 2014, Convey *et al.*, 2014) und dass nur eine einzelne Springschwanzart (Collembola) in beiden Regionen zu finden ist (Greenslade, 1995). Andere Gruppen, wie z. B. Bärtierchen (Tardigrada) zeigen ein intermediäres Niveau bezüglich gemeinsamer Arten (ca. 50 %, Convey & McInnes, 2005). Im Gegensatz dazu zeigen Moose ein anderes Biodiversitätsmuster mit sehr geringem (‹ 5 Arten) oder überhaupt keinem Endemismus für den gesamten Kontinent. Der Unterschied in der Artenzusammensetzung zwischen den beiden Regionen ist so robust, dass Chown & Convey (2006) eine eigene biogeographische Grenze vorschlagen. Sie nennen die Grenze die „Gressitt Linie“ bezugnehmend auf die umfangreiche Arbeit, die J. L. Gressitt in dieser Region geleistet hat. Die dritte Region der **subantarktischen Inseln** liegt nördlich von 60° S und reicht von der südlichen Grenze der Zwergstrauchvegetation bis zur südlichen Grenze der geschlossenen Phanerogamen Vegetation (Holdgate, 1970). Von diesen drei Zonen weisen die subantarktischen Inseln die höchste Diversität auf, gefolgt von der maritimen und der kontinentalen Antarktis.

3.3.1.4.2 Vegetation

Ausgedehnte Vegetationsgemeinschaften finden sich in der Antarktis nur in der biogeographischen Region der maritimen Antarktis. Nennenswert sind die Vegetationsformationen mit der Antarktischen Schmiele, meist assoziiert mit Moospolster der Art *Sanionia uncinata*, daneben Moospoltergesellschaften ohne die beiden höheren Pflanzenarten sowie ausgedehnte Flechtenheiden (*Himantormia lugubris-Usnea aurantiaco-atra*-Gesellschaft), die eine substanzielle Biomasse von bis zu 2000 g Trockengewicht pro m² aufbauen und eine Ausdehnung von mehreren hundert Quadratmetern erreichen können (Fretwell *et al.*, 2012, Peatet *et al.*, 2007, Schroeter *et al.*, 2013). Die Antarktische Schmiele erfährt bedingt durch die Klimaveränderung eine Erweiterung ihres Verbreitungsgebietes

auf der Antarktischen Halbinsel und in Assoziation mit den Moospolstergesellschaften (Torres-Mellado *et al.*, 2011).

Vegetationsformationen in der kontinentalen Antarktis beschränken sich auf kleinräumige Moospolsterassoziationen und Flechtenheiden in den eisfreien Bereichen der Küste oder der Nunataks. Hier sind vor allem die epilithischen Flechtengemeinschaften zu erwähnen.

Flechten sind die artenreichste taxonomische Gruppe der terrestrischen Antarktis, die auch die extremsten Ökosysteme besiedelt. Aufgrund der Symbiose zwischen Pilz und Grünalgen bzw. Cyanobakterien und weiteren physiologischen sowie anatomischen Anapassungen sind diese Organismen fähig, Lebensräume wie Trockentäler und Nunataks bis 87° S zu besiedeln (Green *et al.*, 2011). Bedingt durch die extremen Umweltfaktoren gelangen Organismen in diesen Lebensräumen an ihre Grenze und selbst geringe Störungen können ein Überleben des Organismus schwer beinträchtigen oder gar verhindern. So weisen einige Flechtenarten eine Wachstumsrate von nur 0,007 bis 0,01 mm pro Jahr und ein errechnetes Alter bis über 6.000 Jahre auf (Green *et al.*, 2012).

Die eisfreien terrestrischen Lebensräume in der Antarktis werden von relativ wenigen Organismengruppen besiedelt. Als photosynthetisch aktive Organismen kommen vor allem Kryptogamen wie Flechten, Moose, Lebermoose und Algen und darüber hinaus auch Cyanobakterien vor. Daneben finden sich in der Antarktis auch zwei natürlich vorkommende Blütenpflanzen: die antarktische Perlwurz (*Colobanthus quitensis*) und die antarktische Schmiele (*Deschampsia antarctica*). Ihre Verbreitungsgebiete sind auf die maritime Antarktis begrenzt und erstrecken sich von den South Orkney Inseln bis zu den Terra Firma Inseln an der südwestlichen Antarktischen Halbinsel bis ca. 68° 42' S. Insgesamt konnten für die Antarktis mehr als 380 Flechtenarten, mindestens 106 Moosarten sowie 11 Lebermoosarten nachgewiesen werden (Bednarek-Ochyra *et al.*, 2000, Ovstedal & Smith, 2001, Ochyra *et al.*, 2008). Die überwiegende Zahl der Arten findet sich in der maritimen Antarktis (› 350 Flechtenarten, › 87 Moosarten, 11 Lebermoose), während für die im Sommer eisfreien terrestrischen Lebensräume in der kontinentalen Antarktis bisher 88 Flechtenarten, 28 Moosarten und nur eine Lebermoosart nachgewiesen sind (Bednarek-Ochyra *et al.*, 2000, Ovstedal & Smith, 2001, Ochyra *et al.*, 2008).

3.3.1.4.3 Terrestrische Fauna

Die Fauna der terrestrischen Ökosysteme in der Antarktis ist hauptsächlich durch Tardigraden, Rotiferen, Nematoden, Collembolen und Milben repräsentiert. In den Süßgewässern ist hauptsächlich die Gruppe der Crustaceen vertreten. Betrachtet man die drei biogeographischen Regionen, so konnte die überwiegende Zahl der terrestrischen Arten in der maritimen Antarktis nachgewiesen werden (› 48 Rotifera, 24 Tardigraden, 29 Nematoden, 12 Collembola und 36 Acarina). Zusätzlich kommen in dieser Region zwei Dipterenarten (*Belgica antarctica, Parochlus steinenii*) vor. Die kontinentale Antarktis zeigt wie bei den Kryptogamen eine verminderte Biodiversität mit 13 Rotiferen-, 18 Tardigraden-, 14 Nematoden-, 12 Collembolen- und 29 Acarinaarten (Huiskes *et al.*, 2006, Russell *et al.*, 2014).

Die terrestrische Fauna der Antarktis ist auf die eisfreien Habitate und auf Bodennähe begrenzt. Beide Dipterenarten sind flugunfähig oder sehr eingeschränkt flugfähig und ihr gesamter Lebenszyklus läuft in Bodennähe ab. Besiedelte Habitate sind die verschiedenen Böden, sublithische Ökosysteme, Vegetation wie z. B. Moospolster und Risse bzw. Spalten in Gesteinen. Die dichteste Besiedelung durch Bodenorganismen findet sich in Moospolstern. In einer Studie von Russell *et al.* (2014) konnten Dichtezahlen für terrestrische Invertebraten von mehreren tausend Individuen pro 100 cm^3 festgestellt werden. Alle Organismengruppen zeigen Anpassungen an die hier herrschenden extremen Witterungsverhältnisse. Diese Anpassungen umfassen Verhaltensweisen, Entwicklungsabläufe und vor allem ihre Physiologie (Convey & Block, 1996). Weitere stenöke Anpassungen dieser Tier-

gruppen sind geringe Wachstums-, Vermehrungs- und Ausbreitungsraten. Einher mit diesen Adaptionen an extreme Verhältnisse geht eine verminderte Flexibilität der Organismen bei sich ändernden Bedingungen (Temperaturanstieg, Wasserverfügbarkeit) oder Störungen (z. B. Bodenerosion durch Trampelpfade).

Um große Temperaturfluktuationen zu tolerieren und mehrfache Auftau- und Gefrierereignisse zu überleben, haben Collembolen mehrere Überlebensstrategien entwickelt (Burn, 1984). Zum einen nutzen sie Temperaturen über Null Grad im kurzen antarktischen Sommer, um ihre Aktivitäten für Wachstum, Entwicklung und Fortpflanzung zu maximieren, und in einigen Fällen wird sogar die Metabolismusrate erhöht (McGaughran *et al.*, 2011). Zum anderen wird Kältetoleranz durch sogenanntes *supercooling* erreicht, d. h. Collembolen halten Körperflüssigkeiten in flüssiger Phase unter dem Gefrierpunkt von Wasser. Die beiden Dipterenarten zeigen neben ähnlichen Verhaltensstrategien wie Collembolen eine andere Strategie, um Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes zu tolerieren: sie verwenden Frostschutzmittel wie Glycerol, Erythritol, Trehalose, Glucose, Fructose und Mannitose, um ein Gefrieren der Körperflüssigkeiten zu verhindern (Convey & Block, 1996).

Im terrestrischen Habitat der Antarktis leben keine Wirbeltiere ganzjährig. Robben kommen zum Fellwechsel, zum Ruhen und zur Fortpflanzung an Land. Die übrige Zeit des Jahres verbringen sie im Meer. Vögel kommen ebenfalls zum Brüten, Mausern, Ruhen und zur Nahrungssuche an Land. Die meiste Zeit des Jahres verbringt ein Großteil der antarktischen Vogelarten jedoch auf dem offenen Ozean. Weitere Informationen zu antarktischen Warmblütern und die Bewertung der eingesetzten Forschungsmethoden werden in Kapitel 3.2 ausgeführt.

3.3.1.4.4 Nicht-heimische Arten

Die potentielle und tatsächliche anthropogene Einschleppung antarktisfremder Arten stellt eine deutliche Gefahr für das empfindliche Ökosystem Antarktis und seiner Biodiversität dar. Nicht-heimische Arten können auf Nahrungsnetze und biologische Gemeinschaften schwerwiegend Einfluss nehmen. Eingeschleppte Arten zeigen bei sich ändernden Umweltbedingungen oft einen kompetitiven Vorteil gegenüber heimischen an Extreme angepasste stenöke Arten. Dies kann dazu führen, dass Arten komplett aus dem Habitat verdrängt werden oder eine massive Reduzierung erfolgt. Autochthone antarktische Gemeinschaften erholen sich aufgrund des Klima und den damit verbundenen Fortpflanzungs- und Wachstumsraten nur sehr langsam oder überhaupt nicht von Veränderungen.

Zunehmende Tourismus- und Forschungsaktivitäten erhöhen die Wahrscheinlichkeit, nicht-heimische Arten unbeabsichtigt einzuschleppen (Lee & Chown, 2009, Russel *et al.*, 2013). Bereits eingeschleppte Arten wurden durch Baumaterial (Holz), Nahrungsmittel, Container und Personen versehentlich eingeführt (Braun *et al.*, 2014, Litynska-Zajac *et al.*, 2012, Osyczka, 2010, Osyczka *et al.*, 2012).

Steigende Temperaturen sowie die zunehmende Zahl touristischer und wissenschaftlicher Aktivitäten gerade im Gebiet der Antarktischen Halbinsel lassen befürchten, dass nicht-heimische Tiere und Pflanzen aus nördlicheren subantarktischen Regionen in die neue Lebensräume eingeschleppt werden und sich dort etablieren (Chown *et al.,* 2012). Im Rahmen des SCAR *Life Science Programms Evolution and Biodiversity in the Antarctic* (EBA) wurde eine Datenbank für Antarktische und Subantarktische Flora und Fauna eingerichtet. Diese Datenbank listet nach Daten von Frenot *et al.* (2005) insgesamt 199 nicht-heimische Arten, davon über 100 Pflanzenarten, rund 70 Wirbellose, einige Fisch-, vereinzelt Vogel- und acht Säugetierarten, die aus nördlichen Gebieten eingeschleppt wurden oder auf natürlichem Wege eingewandert sind.

Südlich von 60° S wurden bis jetzt „nur“ zwei höhere Pflanzenarten (*Poa annua* und *Poa pratensis*), sechs Wirbellosearten, darunter zwei Dipteren-, eine enchytraeide Wurmart, drei Collembolen, Pilze und Flechten eingeschleppt (Tabelle 8; Frenot *et al.*, 2005, Chwedorzewska, 2008, Hughes *et al.*,

2010, Osyczka, 2010, Litynska-Zajac *et al.*, 2012). Alle eingeschleppten Arten sind assoziiert mit Orten verstärkter menschlicher Aktivität wie touristische Anlandungsplätze und Forschungsstationen (Frenot *et al.*, 2005, Chown *et al.,* 2012). Untersuchungen von Chown *et al.* (2012) an Besucher und Besucherinnen (Touristen/ Touristinnen und Wissenschaftler/ Wissenschaftlerinnen) der Antarktischen Halbinsel in der Saison 2007 – 2008 zeigen, dass an Kleidung und Schuhen pro Person durchschnittlich 9,5 Samen von Gefäßpflanzen hafteten. Von insgesamt 360 gefundenen Arten ist die Pflanzenfamilie der Poaceae (Süßgräser) mit 47 % aller Samen am stärksten vertreten.

Tabelle 8 Auszug aus der Bestandsaufnahme eingeschleppter Samen durch Besuche der antarktischen Halbinsel in der Saison 2007- 2008, Frenot *et al.,* 2005

Familie	Anzahl der Arten	Anzahl der gefundenen Samen	% von allen Arten	% von allen Samen
Poaceae	159	1.112	44,17	47,00
Papaveraceae	4	323	1,11	13,65
Cyperaceae	30	311	8,33	13,14
Asteraceae	42	132	11,67	5,58
Rosaceae	8	92	2,22	3,89
Plantaginaceae	12	55	3,33	2,32

Zur Minderung der Einschleppung werden auf Kreuzfahrtschiffen seit einigen Jahren strenge *biosecurity*-Maßnahmen umgesetzt, wenn Passagiere an Land gehen (Kapitel 3.4.8). Außerdem wird verstärkt über die Gefahren durch invasive Arten aufgeklärt, damit in Zukunft Vorfälle vermieden werden wie 2011 auf Deception Island geschehen, als eine religiös orientierte Gruppe versuchte Gerste auszusäen.

Eine Überwachung zur Vermeidung der Einschleppung nicht-heimischer Arten durch Tourismus- und Forschungsaktivitäten ist sehr empfohlen (Schwarzbach *et al.,* 2014).

Das vorsätzliche Verbringen nicht-heimischer Tiere, Pflanzen und Erde in die Antarktis bedarf einer Genehmigung, die nur begründet erteilt werden darf, z. B. für wissenschaftliche Versuchszwecke (§ 18 Abs. 5 AUG).

3.3.1.4.5 Logistik der terrestrischen Forschung

Geräte und Verfahren der terrestrischen Ökosystemforschung werden von landgestützten Transportmitteln (Skidoo, Pistenbully o. ä.), bootsgestützt (Süßwasserkörper), luftgestützt (Glaziologie, Meteorologie etc.) oder von Forschungsstationen eingesetzt. Temporäre Einrichtungen z. B. zur Beprobung subglazialer Seen und Großbohrstellen auf dem Inlandgletscher erfordern eine Logistik, die der von festen Forschungsstationen gleicht.

Für Untersuchungen in abgelegenen Regionen der Antarktis müssen Material und Personen ggf. auf dem Luftwege transportiert werden. Der Betrieb von Schiffen, Booten und Flugobjekten produziert zahlreiche Schall- und klimarelevante Emissionen (Kapitel 3.5.3 ff.). Die vorläufige Bewertung der logistischen Mittel erfolgt in Kapitel 3.5.

3.3.1.5 Gletscher und Eisschilde

Die ersten kontinentalen Eisschilde entstanden vor rund 34 MA. Ausgehend von lokalen Eiskappen auf den Bergmassiven gab es im Laufe der nächsten 20 MA Expansionen und Kontraktionen dieser Eisschilde. Diese Schwankungen decken sich weitgehend mit den Croll-Milankovitch-Zyklen. Um etwa 15 MA wird eine weitere Abkühlung angenommen und es kommt zur Bildung eines dauerhaften antarktischen Eisschildes (Barrett, 2003; Payne *et al.*, 2006). Ab etwa 14 MA erreichte das Eisschild

seine maximale Ausdehnung, um dann vor ca. 13,5 MA auf die heutige Ausdehnung zurückzugehen. Es gibt zwei verschiedene Theorien über die Gründe, warum sich das Eis in dieser Zeit gebildet hat. Die erste nennt als Ursache die Trennung der Antarktis von den australischen und südamerikanischen Kontinenten und die damit verbundene Öffnung der ozeanischen Straßen, welche den Fluss der kalten zirkumpolaren Meeresströmungen im Südlichen Ozean erlauben. Dies führte zur thermischen Isolierung des Kontinents, zur Kühlung und zur Bildung von Meereis und dem Inlandeis. Die zweite Theorie legt mehr Gewicht auf die Rolle des globalen atmosphärischen CO_2, Erdumlaufbahnzyklen und Eis-Klima-Rückkopplungen. In diesem Szenario spielt die Öffnung der Meeresstraßen nur eine untergeordnete Rolle (DeConto & Pollard, 2003). Während der jüngsten geologischen Periode, dem Quartär, entwickelten die polaren Eismassen ihren charakteristischen Zyklus, in dem der langsame Aufbau bis zur vollen Vergletscherung von einem schnellen Schmelzen des Eises und interglazialen Bedingungen gefolgt wurde. Diese häufigen Änderungen in der Ausdehnung der Eisschilde haben ihre Ursache vor allem in der zyklischen Änderungen der Umlaufbahn der Erde um die Sonne (Croll-Milankovitch Zyklen). Die einflussreichsten Zyklen sind einerseits die veränderliche Neigung der Erdachse zur Umlaufbahn (Schiefe der Ekliptik) mit einer Periode von ca. 41.000 Jahren und die Änderung der Exzentrizität (Variation des Radius der Erdumlaufbahn um die Sonne) mit einem Zyklus von 100.000 Jahren.

Die Eisschilde und die Gletscher bedecken mehr als 99 % der Kontinentallandmasse. Die derzeitige Ausdehnung des Eisschildes und der Gletscher beträgt 12.272.800 km², Schelfeisgebiete nicht mitgerechnet. Das Ross-Schelfeis ist das größte Schelfeisgebiet der Antarktis mit einer Ausdehnung von 472.960 km². Weitere größere Schelfeisgebiete sind das Filchner-Ronne-, Amery-, Larsen-, Fimbul-Riiser-Larsen- und das Shackleton-Schelfeis.

Der Eisschild in der Ostantarktis liegt auf einer großen Landmasse auf, wohingegen sich der Untergrund des Westantarktischen Eisschildes bis zu 2.500 Meter unter dem Meeresspiegel befindet. Ohne die Anwesenheit des Eises wäre diese Region weitgehend vom Meer bedeckt. Insgesamt liegen ca. 8,5 % des Eisvolumens unter dem Meeresspiegel. Das totale Eisvolumen der Schilde mit den Schelfeisgebieten beträgt 25,4 Millionen km³, davon umfassen die Schelfeisgebiete nur 0,7 Millionen km³. Flächenmäßig als auch volumenmäßig bildet der Ostantarktische Eisschild mit ca. 8 Millionen km² und 21,7 Millionen km³ den größten Anteil. Im Gegensatz dazu umfasst der Westantarktische Eisschild nur ca. 3 Millionen km³ (Douglas & Evans, 2010).

Für eine Betrachtung der Auswirkungen auf diese Komponente (Eismassenhaushalt, Änderung der Topographie, Fließgeschwindigkeit) sollten drei räumliche Einheiten unterschieden werden: der Bereich der Antarktischen Halbinsel, der Westantarktische und der Ostantarktische Eisschild. Letztere sind durch das transantarktische Gebirge getrennt.

Die Antarktische Halbinsel reicht am weitesten nach Norden, bis etwa 62,5° S, und ist der klimatisch sensitivste Bereich. Dort finden sich einzelne Gletscher und Eiskappen sowie mehrere kleinere Schelfeise. Der Ostantarktische Eisschild dagegen erreicht eine maximale Höhe von 4.030 m und eine maximale Eisdicke von 4.776 m. Die Oberflächentopographie im Innern ist relativ flach, weist aber dennoch einige lokale Dom-Strukturen auf. Mehrere lang gestreckte Rücken trennen einzelne Eisabflussgebiete voneinander ab. Zum Rand hin behindern Gebirgszüge den Eisfluss und führen zur Bildung von teils mehrere hundert Kilometer langen Eisströmen und Auslassgletschern, die Fließgeschwindigkeiten über hundert Meter pro Jahr erreichen können. Der Westantarktische Eisschild wird als mariner Eisschild bezeichnet, da der Felsuntergrund in weiten Teilen unter dem Meeresspiegel liegt. Die Oberflächentopographie des Eises weist drei Dom-Strukturen auf, und erreicht nie mehr als 2.400 m. Der Eisabfluss erfolgt vorwiegend über schnell fließende Eisströme, die in die beiden großen Schelfeise, das Filchner-Ronne-Schelfeis (Weddellmeer) und das Ross-Schelfeis (Rossmeer) münden (Mayer & Oerter, 2006).

Abschätzungen über Veränderungen des gesamten Antarktischen Eisschildes sind in jüngster Zeit durch Satellitenbeobachtungen des Oberflächenniveaus und solche der Schwerkraft des antarktischen Kontinents versucht worden. Die Beobachtungen der Höhenänderungen zeigen für das gesamte Innere der Ostantarktis nördlich von 82° S von 1992 bis 2003 eine leichte Anhebung des Niveaus durch vermehrten Schneefall, während in der Westantarktis relativ starke Absenkungen, also ein Massenverlust, dominieren. Die Massenverluste in den Küstenregionen sind durch Eisdynamik geprägt und können nur sehr schwer einbezogen werden.

Jüngste Daten auf der Grundlage der Höhenmessungen des Satelliten Cryosat-2, wodurch auch Massenveränderungen des Antarktischen Eisschildes bestimmt werden können, zeigen einen Massenverlust für den Zeitraum von 2010 bis 2013 für die Westantarktis von 137 Gt/Jahr, für die Antarktische Halbinsel von 23 Gt/Jahr und für die Ostantarktis von 3 Gt/Jahr. Der Massenverlust ist damit um 33 % größer als frühere Untersuchungen für den Zeitraum 2005-2010 ergeben haben (McMillan *et al.*, 2014).

Seit 2002 beobachten zwei Satelliten des GRACE-Projekts das Schwerefeld der Erde. Dadurch können Veränderungen der Masse der Eisschilde ermittelt werden. Diese Gravimetermessungen, bei denen auch die Regionen südlich des 82. Breitengrades berücksichtigt wurden, zeigen für den gesamten Eisschild eine Zunahme des Massenverlustes von 104 Gigatonnen pro Jahr zwischen 2002 und 2006 auf 246 Gt/Jahr in 2006-2009 und 250 Gt/Jahr in 2010 (Velicogna, 2009).

Bei der Frage nach den Ursachen der gegenwärtigen Veränderungen steht der Einfluss der globalen Erwärmung im Mittelpunkt. Dabei geht es sowohl um die Entwicklung der Lufttemperatur über dem Antarktischen Eisschild als auch um die Wassertemperatur des umgebenden Ozeans, da beide Medien Schmelzprozesse des Eisschildes beeinflussen. Die Massenzunahme ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf verstärkte Niederschläge zurückzuführen, die mit der globalen Erwärmung im Zusammenhang stehen. Der Hauptgrund für die Massenverluste des Antarktischen Eisschildes wird im Zusammenhang mit der Eisdynamik in den Küstenregionen gesehen. Entscheidend ist dabei die Rolle der Schelfeisgebiete.

Besonders das an die Amundsen-See angrenzende Schelfeis zeigte zwischen 1992 und 2001 starke Verringerungen der Eisdicke um bis zu 5,5 m pro Jahr. Die Ursache liegt in dem Abschmelzen an der Unterseite der Eisschelfe durch warmes Ozeanwasser mit Schmelzraten von 4-17 m pro Jahr. Seit 1992 gingen dadurch 92 Gigatonnen Eis pro Jahr verloren und die Eisschelfe verloren 1-7 % ihrer Mächtigkeit. Gleichzeitig hat sich die Aufsetzlinie zurückgezogen, und das Eis ist an der Außenkante zum Meer zunehmend abgebrochen. Die Folge war ein verstärkter Abfluss der Auslassgletscher aus dem Innern des Westantarktischen Eisschildes. Zwischen 1992 und 2001 hat sich dadurch die Oberfläche des Westantarktischen Eisschildes rund um die Amundsen-See um bis zu 59 cm pro Jahr abgesenkt (Shepherd *et al.*, 2004).

Andere Ursachen als an der Amundsen-See hatte die bekannte Auflösung des Larsen-B-Schelfeises an der Ostküste der Antarktischen Halbinsel im Jahre 2002, nachdem 1995 schon das kleinere Larsen-A-Schelfeis verschwunden war. Die Antarktische Halbinsel reicht am weitesten nach Norden und zeigte in den letzten 50 Jahren die stärkste regionale Erwärmung der Welt. Hier wurde seit den 1950er Jahren eine Erhöhung der Temperatur um fast 3° C bzw. 0,54 ° C pro Jahrzehnt gemessen (das globale Mittel liegt bei 0,11° C pro Jahrzehnt). Auch die Ozeantemperaturen sind im Sommer um über 1° C angestiegen. Bei der Auflösung des Larsen-Schelfeises hat das Oberflächenschmelzwasser, das in Gletscherspalten drang, wohl die entscheidende Rolle gespielt. An vielen Schelfeisgebieten ist beobachtet worden, dass sich Oberflächenspalten im Sommer mit Wasser füllen, das nach dem Wiedergefrieren die Spalten weiter nach unten aufsprengt, bis es zum Auseinanderbrechen eines Eisschelfs kommt. Beim Larsen-Schelfeis hat sich der Abfluss der Auslassgletscher in das Schelfeisgebiet nach dessen Auflösung und Abbrechen bis um das Achtfache erhöht (Rignot, 2011).

3.3.1.5.1 Anthropogene Belastungen auf Gletscher und Eisschilde

Die Eismassen der Westantarktis und der Antarktischen Halbinsel scheinen besonders auf klimatische Veränderungen zu reagieren (Cook *et al.*, 2005). Während die Ostantarktis stellenweise sowohl eine leichte Zunahme als auch eine leichte Abnahme der Eismassen durch die globale Erwärmung verzeichnet, zeigen die Massenbilanzen des Eises in der westantarktischen Region stark negative Tendenzen (Wingham *et al.,* 2006). Diese empfindlichen Gebiete sind auch jene Gebiete, die die intensivsten anthropogenen Aktivitäten, nämlich Forschung und Tourismus, aufweisen. Der in diesem Zusammenhang größte Einfluss touristischer Aktivitäten ist der erhöhte Ruß- bzw. CO_2-Ausstoß der zahlreichen Kreuzfahrtschiffe (Kapitel 3.4.6). Rußablagerungen können die Albedostrahlung von Gletschern ändern und gleichzeitig die Strahlungsabsorption erhöhen und so ein Auftauen der Oberflächen von den Eismassen beschleunigen. Inwieweit bodenbasierte Untersuchungsmethoden, wie z. B. Sprengseismik, Auswirkungen die Eisstruktur und lokale Veränderungen hervorrufen, ist bisher nicht bekannt.

3.3.1.6 Böden und freiliegende Gesteinsoberflächen

Bodenbildende Prozesse sind in der Antarktis auf die ca. 0,3 % eisfreie Fläche limitiert. Klimabedingt finden bodenbildende physikalische, chemische und biologische Prozesse in der Antarktis nur sehr eingeschränkt statt. Ein Großteil der wenigen eisfreien Fläche ist frei von jeglichem Bodensubstrat.

Der wichtigste Ausgangspunkt für die Bodenbildung ist physikalische Sprengung des anstehenden Gesteins durch Insolations- oder Frostverwitterung. Dabei führt der regelmäßige Temperaturwechsel zur Zerkleinerung des Gesteins (kryoklastische Verwitterung) (Blume & Bölter, 1993). Die entstehenden Verwitterungsprodukte können die Korngröße von Grobschluff bis Ton erreichen und sind vielfach durch Kryoturbation geprägt.

In der Westantarktis werden die täglichen Temperaturschwankungen durch einen höheren Bewölkungsgrad gemildert. In der extrem ariden Ostantarktis findet Frostverwitterung aufgrund des Wassermangels kaum statt. Lediglich die Lösungs- und Rekristallisationsprozesse im Bodenskelett führt zu einer gelegentlichen Durchfeuchtung (Blume *et al.*, 2010).

Alle Arten der chemischen Verwitterung sind in der Antarktis stark eingeschränkt. Einzig endolithische Flechten bilden einen Ansatzpunkt für hydrolytische Prozesse.

Bodenkundlich unterscheiden sich die Habitate der maritimen und kontinentalen Antarktis sehr stark (Bölter *et al.*, 1994; Thomas *et al.*, 2008). In Küstennähe oder im maritimen Teil der Antarktis (Antarktische Halbinsel und vorgelagerte Inseln) steht Schmelzwasser für die meiste Zeit während des Sommers zur Verfügung (Thomas *et al.*, 2008) während im kontinentalen Teil oder in Hochlagen Wasser nur für wenige Tage oder in manchen Jahren überhaupt nicht zur Verfügung steht.

Trotz der sehr langsam und eingeschränkt ablaufenden bodenbildenden Prozesse konnten verschiedene Bodenarten (Kryosole, Gelisole) in der Antarktis identifiziert werden. In der Frostschuttzone sind meist nur arktische[6] Rohböden mit einem direkt auf der Verwitterungsdecke entwickelten Oberboden zu finden. Auf Hangrückenlagen mit mehr als zwei Monaten ohne Schneebedeckung sind lehmige Leptosole entstanden (Blume & Bölter, 1993). Sie werden als Gelic Leptosols bezeichnet (Blume *et al.*, 2010). Im Bereich der polaren und subpolaren Zone hat sich durch glaziale Sedimentation, an den Unterhängen aus Moränenschutt ein schluffig-sandiges bis lehmiges Substrat, das Gelic Regosol gebildet. Solche Initialböden haben sich zum Teil durch Entkalkung und Verbraunung zu Gelic Cambisols (Arktische Braunerden) (Campbell & Claridge, 1987) bzw. durch die Akkumulationen und der Transport organischen Materials zu Gelic Podsol (Schroeter *et al.,* 2013) weiterentwickelt.

[6] geologischer Begriff, der ebenfalls antarktische Rohböden erfasst

Das organische Material kann aus Vogelkolonien oder auch aus Moos- und Flechtenpolstern stammen (Schroeter *et al.*, 2013).

Sowohl arktische Rohböden als auch arktische Braunerden sind in den eisfreien Gebieten der maritim geprägten Westantarktis zu finden. Podsolierung, Auswaschung von Eisen- und Aluminiumionen oder Huminstoffen und deren Anreicherung in tieferen Bodenhorizonten, sind von Bölter *et al.* (1994) sowohl in Böden der kontinentalen als auch der maritimen Antarktis nachgewiesen worden. Blume *et al.* (2010) erwähnen für Bereiche rezenter sowie ehemaliger Pinguinkolonien sogenannte Ornithosole, sehr nährstoffreiche, stark versauerte und häufig podsolierte Böden.

Freiliegende Gesteinsoberflächen sind Habitat für epilithische Organismen. Die am südlichsten gelegenen Nunataks, die von Organismen besiedelt sind, finden sich auf 87° S in der Ostantarktis (Peat *et al.*, 2007).

Bei den Böden als terrestrische Habitate handelt es sich um flächenmäßig sehr kleine und begrenzte Ökosysteme. Eisfreie terrestrische Ökosysteme in der Antarktis sind als „Habitatinseln“ zu verstehen, isoliert voneinander durch das Meer oder Eis (Frenot *et al.*, 2005).

Beide Aspekte sind Gründe, die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf diese Systeme besonders zu beachten. Bedenkt man zusätzlich, dass die größten Flächen mit Bodenökosystemen auf der Antarktischen Halbinsel konzentriert sind und hier auch die umfangreichsten touristischen und wissenschaftlichen Aktivitäten stattfinden, so ist ein besonderes Augenmerk auf den Schutz der Böden zu legen.

3.3.1.6.1 Anthropogene Belastungen auf Böden und freiliegende Gesteinsoberflächen

Direkte Auswirkungen auf Böden sind Verfestigung durch Fahrzeuge und Wegkonstruktion in der Nähe von Stationen, Erosion durch Trampelpfade, Kontaminierung durch nicht sachgerechte Entsorgung von Substanzen oder Altlasten und direkter Habitatverlust durch Verbauung bei den Stationen und Landepisten.

Bis in die späten 1980iger Jahre wurde der auf Forschungsstationen anfallende Abfall in lokale Deponien oder auf dem Wintermeereis entsorgt. Die meisten dieser Deponien wurden nicht dokumentiert (Hull & Bergstrom, 2006). Es wird geschätzt, dass ca. 1-10 Millionen m³ Müll in der Antarktis deponiert wurden und möglicherweise ein ebenso großes Volumen von kontaminierten Böden durch Öle (Hull & Bergstrom, 2006). In derselben Publikation geben Hull & Bergstrom (2006) einen guten Überblick über die verschieden Ursachen von Kontaminationen in der Antarktis, wobei sie zwischen weitreichenden atmosphärischen Immissionen, Altlasten und unvermeidbaren Emissionen aus den unterschiedlichen operativen Abläufen und Unfällen unterscheiden.

Untersuchungen in Bezug auf Überfrequentierung durch Menschen zu Fuß zeigen, dass die Böden der maritimen Antarktis schon durch relativ niedrige Intensität gestört werden (*trampling*). Entlang von Trampelpfaden wird die Makroporosität und Struktur der obersten Zentimeter des Bodens verändert und zusätzlich wird die Wasserspeicherkapazität, Permeabilität und Wasserinfiltration vermindert (Cole, 2004). Nur 100-300 Spaziergänge sind nötig, um eine Schädigung hervorzurufen. Wird die „Trampling-Intensität“ weiter erhöht, kommt es zur Verdichtung des Bodens und u. a. geht die Collembolen-Häufigkeit zurück (Tejedo *et al.*, 2012).

Bisher werden terrestrische antarktischer Lebensräume lediglich in größeren Ansammlungen geschlossener Vegetation geschützt. Der Schutz erfolgt entweder durch das Ausweisen als *Antarctic Specially Protected Areas* (ASPAs) oder als Bereiche mit Betretungsverbot in den *Visitor Site Guidelines* für die jeweiligen Anlandungsorte (Russel *et al.*, 2013).

3.3.1.7 Süßgewässer und Subglaziale Seen

Die Vielfalt der Binnengewässer in den Polarregionen ist verhältnismäßig groß. Stehende Gewässer reichen von kleinen Süßwasserkörpern (Tümpel- und Brackwasserseen) über große Seen bis zu Epischelf-Seen, die einzigartig für die Antarktis sind. Epischelf-Seen sind Süßwasserkörper, die zwischen dem Land und dem Rand des Eisschelfs liegen, wo frisches Wasser aus der Gletscherschmelze oder von einem anderen Binnengewässer entwässert und das kältere, dichtere Meerwasser überlagert. Folglich sind sie Gezeitensüßwasserseen. Außer den Süßwasserseen gibt es in der Antarktis noch Salzwasserseen, deren Salzgehalt im Bereich von Brackwasser bis zu hypersaliner Sole (etwa 10facher Salzgehalt des Meerwassers) reicht. Einige der Salzwasserseen sind meromiktisch, das heißt, sie sind permanent durch starke chemische und physikalische Gradienten geschichtet. Im tieferen Gewässerbereich (Monimolimnion) herrschen permanent anaerobe Verhältnisse.

Die Süßwasserseen sind meist auf die Küstenregionen und die Randbereiche des Eisschildes begrenzt. Eine Ausnahme bilden die Seen in den Trockentälern von Viktoria Land. Wegen der großen Unterschiede in der mittleren Jahrestemperatur zwischen maritimer Antarktis, West- und Ostantarktis ist die zeitliche Ausdehnung der Eisbedeckung der Seen sehr unterschiedlich. Es gibt Seen, die nur einen Teil des Jahres vom Eis bedeckt sind, und Seen, die permanent von einer bis zu 3 m dicken Eisschicht bedeckt sind. Da die Eisdecke die physikalischen und biologischen Prozesse in den Seen stark beeinflusst, ist das Ausmaß und die Dicke der Eisdecke ein äußerst wichtiger Parameter für die Biogeochemie antarktischer Seen (Gibson *et al.*, 2006).

Alle bisher untersuchten Binnengewässer in der Antarktis werden von einer mikrobiellen Schleife (*microbial loop*) dominiert, d. h. ihr Stoffkreislauf im Nahrungsnetz zeichnet sich dadurch aus, dass gelöste organische Kohlenstoffverbindungen durch Bakterien aufgenommen und entlang der klassischen Nahrungskette an Phytoplankton-Zooplankton-Nekton weitergereicht werden. Dabei gibt es vergleichsweise wenig Zooplankton und keine Fische. Phytoplankton ist in der Regel dominant und besteht neben Bakterien aus einer kleinen Zahl von Phytoflagellaten-Arten, heterotrophen Flagellaten sowie Wimperprotozoen (Thomas *et al.*, 2008). Süßwasserseen sind Gebiete mit besonderer biologischer und wissenschaftlicher Bedeutung und –sofern vorhanden – in Managementplänen besonders geschützt (z. B. Kroner Lake in Deception Island ASMA Nr. 4). Antarktische Süßwasserkörper sind meromiktisch, das bedeutet sie weisen eine permanente Schichtung auf und es kommt zu keiner Durchmischung dieser Schichten im Laufe des Jahres. Im tieferen Gewässerbereich herrschen (Monimolimnion) permanent anaerobe Verhältnisse.

Fließgewässer beschränken sich in der Antarktis auf wenige kleinere Bäche, die im Verlauf des kurzen Südsommers fließen. Der größte Fluss (40 km lang) ist der Onyx River im Wright-Tal, der in den Lake Vanda im südlichen Victoria Land fließt. Sein jährliches Entwässerungsvolumen variiert zwischen Null und 15 Millionen m³. Der Fluss fließt nur im Sommer und in einigen Jahren ist der Wasserstand so niedrig, dass er den See nicht erreicht (Thomas *et al.*, 2008; Verleyen *et al.*, 2012).

Subglaziale Seen wird eine entscheidende Rolle bei vielen Prozessen zugeschrieben, die in der Vergangenheit und heute das Antarktische Eisschild beeinflussen (ATCM 36, 2013). Durch eine verbesserte Kartierung des antarktischen Kontinents sind seit den 1970er Jahren mehr als 379 subglaziale Seen identifiziert worden (Wright & Siegert, 2012). Göller *et al.* (2016) nutzen moderne Fernerkundungsmethoden und modellieren, dass es ca. 1.300 subglazialen Seen in Antarktis gibt.

Bestandsaufnahmen und Charakterisierungen der bekannten Seen haben gezeigt, dass sie sich in Alter, Größe und Entwicklungsgeschichte unterscheiden. Entwicklungsfaktoren sind u. a. der Eisdruck, die Eisbewegung, die Eis-Wasser-Grenzschicht, den Wärmeaustausch mit dem Untergrund und tektonische Prozesse. Die Ausdehnungen reichen von der Größe des Vostok-Sees (dieser besitzt ungefähr die Größe und Tiefe des Lake Ontario) bis hin zu kleinen und flachen Gewässern, die mehr als subglaziale Sümpfe zu bezeichnen wären (Priscu *et al.*, 2003). Es wird vermutet, dass diese Seen seit Jahrtausenden isoliert sind, auch wenn die letzten Untersuchungen gezeigt haben, dass sie in

der Tat nicht alle diskrete Wasserkörper sind, sondern ein zusammenhängendes Netz bilden, das ein Drainagesystem darstellt. Dieses, so wird angenommen, wird in regelmäßigen Abständen vollständig durchgespült (Wingham *et al.*, 2006).

Erste Berichte über mikrobielles Leben unter antarktischem Eis, nachgewiesen in Eisbohrkernen, Wasser- oder Sedimentproben, stammen von Karl *et al.* (1999), Priscu *et al.* (1999, 2008), Christner *et al.* (2001, 2006) und Lanoil *et al.* (2009). Aus den Sedimentproben des Kamp Ice Stream 2001 konnten erstmals Organismen mit einer Individuendichte von 2 – $4x10^5$ (cell/g) isoliert werden (Lanoil *et al.,* 2009).

2013 gelang es US-Amerikanischen Forschern dem subglazialen Lake Whillans (*Whillans Ice Stream Subglacial Access Research Drilling (*WISSARD) Projekt, http://www.wissard.org) Proben zu entnehmen. Biogeochemische und genomische Daten belegen das Vorhandensein eines mikrobiellen Ökosystems, das von Bakterien und Archaeen dominiert wird (Achberger *et al.* 2016, Christner *et al.,* 2014).

Am Vostok-See wurde die Wasserdynamik untersucht: das Gletschereis schmilzt dort an seinem nördlichen Ende und bringt den Süßwassereintrag in den See, während das Gefrieren von Wasser in der Mitte und am südlichen Ende Eis an der Basis der Eisschilde hinzufügt. Der Eiszuwachs in der Nähe des südlichen Endes des Sees wurde während der Eiskernbohrung an der Vostok-Station untersucht. An dieser Bohrstelle beginnt der Zuwachs des Eises bei 3.538 m (Rogers *et al*., 2013).

Auch die Untersuchung der in den Eisbbohrkernen des Eiszuwachses des Lake Vostok gefundenen Gensequenzen lassen auf ein mikrobielles Ökosystem schließen. Die untersuchten Metagenome stammen sind zu 94 % von Bakterien und zu 6 % von Eukaryoten (Shtarkman *et al.,* 2013).

Die Forschungsergebnisse deuten darauf hin das die die mikrobielle Gemeinschaft als Katalysator für die chemische Verwitterung des Gesteins fungiert und das Gesteinsmehl Nahrungs- und Energiequelle für die Mikroben darstellt (Skidmore *et al.,* 2005). Die Verwitterung insbesondere von Silikatgestein kann Mineralien freisetzen die Mikroorganismen als Nahrungsgrundlage dienen (Rogers & Bennett, 2004).

Die Untersuchungen untermauern darüber hinaus die These, dass die subglazialen aquatischen Gemeinschaften global relevante Vorkommen an Kohlenstoff und Mikroben enthalten, die in der Lage sind, die Lithosphäre sowie den Südlichen Ozean geochemisch und biologisch zu beeinflussen (Christner *et al.,* 2014; Wadham *et al.,* 2012; Lanoil *et al.,* 2009)

Wadham *et al.* (2008, 2012) und Lanoil *et al.* (2009) vermuten darüber hinaus, dass die Degradation von organischem Kohlenstoff zu Methan durch methanogene Archeen zu der Bildung von Methanhydraten geführt hat, die in der Größenordnung der arktischen Vorkommen ist und dadurch zur globalen Klimaerwärmung beitragen kann.

3.3.1.7.1 Anthropogene Belastungen auf Süßgewässer und subglaziale Seen

Untersuchungen zu den Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf Süßgewässer und subglaziale Seen fehlen nahezu vollständig. Die Auswirkungen und ihren Einfluss auf diese Ökosysteme abzuschätzen, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Im Gegensatz zu den eisfreien Ökosystemen liegen die limnischen Ökosysteme meist an unzugänglichen Stellen und sind daher weniger dem Einfluss menschlicher Aktivitäten ausgesetzt als z. B. Bodenökosysteme.

In Bezug auf die subglazialen Seen stellen sich neben den logistischen Problemen auch ethische Überlegungen betreffend dem Zugang zu einem der extremsten und unberührtesten Lebensräume der Erde. Um jegliche Kontamination mit Schadstoffen sowie nicht autochthonen Organismen dieser einzigartigen Ökosysteme zu vermeiden, wurden verschiedene Methoden entwickelt. Die u.a. beim

WISSARD-Projekt angewendete Bohrtechnik mit Heißwasser, scheint bis jetzt die erfolgversprechendste zu sein (Makinson *et al.*, 2015). Bei diesem Projekt wurde die Heißwasserbohrtechnik angewendet mit entsprechendem Filtersystem für organische und anorganische Partikeln. Zusätzlich wurde das Bohrloch mit UV bestrahlt und anschließend wurde das Wasser pasteurisiert um eine mikrobielle Kontamination zu verhindern. Außerdem wurden die Oberflächen von Kabeln, Schläuchen und Bohrlochausrüstung mit keimtötenden chemischen und UV-basierten Techniken gereinigt. Eine Studie aus dem Jahre 2004 zeigt, dass die Kontamination mit Bakterien an den Außenseiten von Eisbohrkernen höher ist als im Inneren. Diese Verunreinigungen sind im Wesentlichen auf die Art der Durchführung und eingesetzte Technik zurückzuführen (Christner *et al.*, 2004). Um jegliche Kontamination aquatischer subglazialer Ökosysteme zu vermeiden muss besonders auf die eingesetzten Methoden und Techniken sowie auf die verwendeten chemischen Substanzen geachtet werden (Priscu *et al.*, 2013). Zudem besteht zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit eines technischen Unfalls, der zu einer Verunreinigung führen kann (Lukin & Vasiliev, 2014).

3.3.1.8 Hypo- und endolithische Lebensräume

Eine besondere Organismengemeinschaft stellen die hypo- oder sublithischen und endolithischen Habitate in den Trockentälern von Victoria Land dar. Sogenannte sublithische (unter Steinen) Habitate sind oft die einzigen Stellen, an denen Organismengemeinschaften überleben können. Zum Beispiel kann Licht durch Quarzgesteinsbrocken dringen und sich in dem geschützten Bereich unterhalb autotrophe Gemeinschaften aus Moosen und Algen bilden (Khan *et al.*, 2011).

Die Gesteinsmatrix selbst kann von Organismen bewohnt werden, dies wird als endolithischer Lebensraum bezeichnet. Es wird zwischen chasmolithischer Besiedlung in den winzigen Rissen und Spalten des verwitterten Felsen und der cryptoendolithischen Besiedlung von Zwischenräumen poröser Gesteine unterschieden. Die endolithischen mikrobiellen Ökosysteme der Trockentäler der Antarktis gehören wahrscheinlich zu den langsamst wachsenden Organismen. Ihre Zellteilung dauert über ein Jahr und die Kohlenstoffumsatzzeiten erfordern mehrere tausend Jahre (Blackhurst *et al.*, 2005; Thomas *et al.*, 2008; De Los Rios *et al.*, 2005).

Eine Voraussetzung für die Etablierung endolithischer Gemeinschaften ist das Vorhandensein autotropher (photosynthetisierenden) Organismen, die das wenige Licht, das die Quarzkristalle durchdringt, nutzen können. Andererseits bieten endolithische Lebensräume einen gewissen Schutz vor den extremen Bedingungen an der Oberfläche der Felsen wie z. B. Abrieb, Strahlung, Austrocknung, extreme Temperaturen und die Fluktuation der Umweltparameter.

3.3.1.8.1 Anthropogene Belastungen auf Bodenorganismen

Menschliche Aktivitäten haben signifikante Auswirkungen auf die lokale Bodenfauna. Speziell in Gebieten mit geringer Vegetationsdeckung und zusätzlich hoher menschlicher Aktivität (z. B. touristische Besuche), ist eine Veränderung sowohl in der Artenzusammensetzung als auch in der Abundanz der Arten und Großgruppen zu beobachten. Die Wechselwirkungen waren am stärksten bei Collembolen (Springschwänze), Prostigmata (früher Actinedida; Milbentaxon), Oribatida (Hornmilben), aber auch bei Nematoden (Fadenwürmer) ausgeprägt (Russel *et al.*, 2013). Für epilithisch lebende Organismen kann eine längere Beschattung durch die Konstruktion von Stationen oder das Aufstellen von Messgeräten eine erhebliche Beeinträchtigung darstellen. Sublithische Gemeinschaften können alleine durch das Umdrehen des schützenden Gesteins vollkommen zerstört werden.

Beeinträchtigung oder Zerstörung durch Fahrzeuge und Wegkonstruktion in der Nähe von Stationen, Bodenverdichtung und Erosion durch Trampelpfade und Fahrzeuge, Kontaminierung durch nicht sachgerechte Entsorgung von Substanzen oder Altlasten, menschliche Störungen – aber auch durch Störungen von Vögeln und Robben - zu Fuß, Helikopter oder andere Einsatzgeräte sind möglich. Zu-

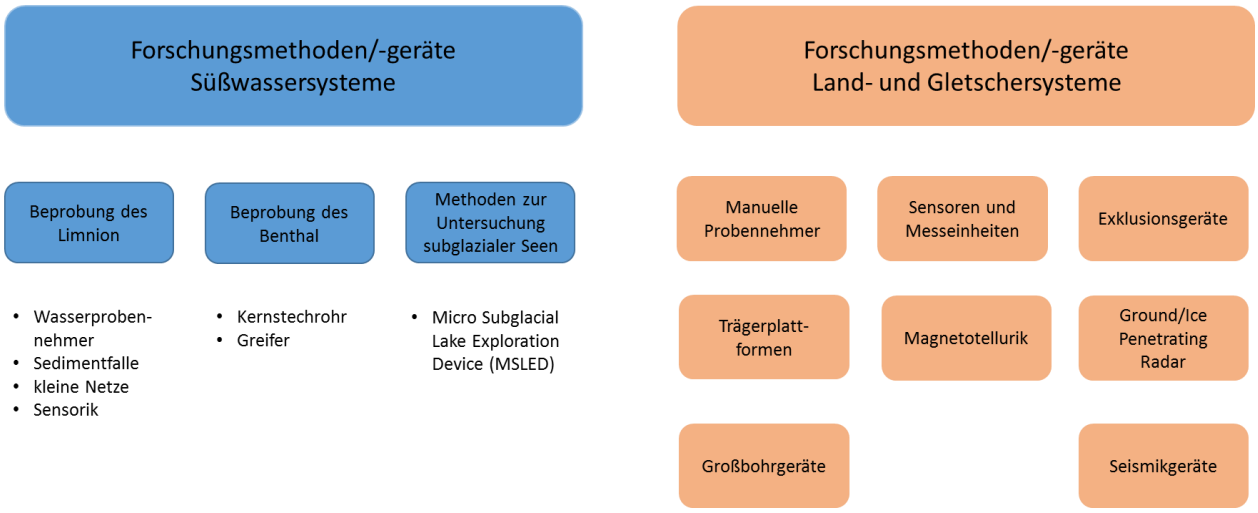
sätzlich wirkt der direkte Habitatverlust durch Verbauung und großflächige Abtragungen zur Materialgewinnung für Stations- oder Pistenbau erheblich negativ auf epilithische Organismen (Convey, 2005, Chwedorzewska, 2009, Luis, 2013).

3.3.2 Bündelung, Beschreibung und vorläufige Bewertung der terrestrischen Forschungsmethoden

Die terrestrische Forschung umfasst Bereiche der Glaziologie, Geophysik, Botanik, Zoologie und Limnologie. Methoden und Geräte der terrestrischen Ökosystemforschung sind im Folgenden entsprechend ihrer Charakteristik und ihres Einsatzbereiches in Gerätegruppen gebündelt (vgl. Kapitel 2.2.1; Abbildung 5).

Die Gerätegruppen werden mit ihren Forschungsschwerpunkten, technischen Details und möglichen Auswirkungen auf antarktische Schutzgüter beschrieben. Unter Berücksichtigung von Intensität, Besorgnis und Dauer werden die potentiellen Umweltauswirkungen auf relevante antarktische Komponenten vorläufig bewertet. Es wurden hier die antarktischen Komponenten Luft, Wasser (limnisch), Boden, Landeis, subglaziale Seen, limnisches Plankton und Benthos, Pflanzen, Bodenorganismen und Vögel herangezogen (Tabelle 2).

Abbildung 5 Bündelung terrestrischer Forschungsmethoden/-geräte



In der Antarktis heimische terrestrische und limnische Pflanzen genießen einen besonderen Schutz gemäß § 17 AUG, der sich aus Anlage II des USP („Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenwelt“) ableitet. Somit muss die Beurteilung von Auswirkungen der Aktivitäten zur Erforschung der terrestrische Umwelt, bei denen diese Schutzgüter beeinflusst werden können, neben § 3 Abs. 4 in Verbindung mit § 4 Abs. 3 AUG auch nach § 17 AUG bewertet werden. Beim Einbringen und dem Verbleib von Stoffen und Abfällen werden §§ 20, 21, 22 ff. AUG hinzugezogen.

Sowohl die beabsichtigten und unbeabsichtigten Wirkungen als auch methodentypische Wirkungen können zur Interaktion und Auswirkungen mit den Schutzgütern und den Organismen führen und sind daher bei der Beurteilung zu berücksichtigen. Unbeabsichtigte Wirkungen umfassen Resuspension, Störung oder Schädigung von anderen als den Zielorganismen, Habitatstörung bis –zerstörung, Verbleib oder Verlust von Materialien. Besonders muss hier auf die unbeabsichtigten Wirkungen, Resuspension und Schichtungsstörung im Zusammenhang mit dem limnischen Ökosystemen (Süßgewässer und subglaziale Seen) sowie auf die Bodenverdichtung und *trampling* bei den verschiedenen Gerätetypen und Methoden hingewiesen werden.

Geräte zur wissenschaftlichen Probenahme dienen der Entnahme von Substraten (Boden, Sedimente) oder einzelner Individuen. Die Entnahme kann manuell (meist bei Bodenproben oder bei Probenahmen von Individuen) oder maschinell (wie im Falle von Greifern und Corer) erfolgen. Greifer und Corer werden zur Beprobung von Sedimenten und des Benthos in Süßwasserkörpern eingesetzt.

Eine Probenahme kann sowohl ungerichtet als auch gerichtet vorgenommen werden. Bei der ungerichteten Probenahme wird eine bestimmte Menge (Fläche, Volumen, Masse) „blind“ entnommen. Ungerichtete Probennehmer werden sowohl in terrestrischen Habitaten sowie in Süßwassersystemen und subglazialen Seen eingesetzt. Geräte in dieser Gruppe entnehmen definierte Mengen an Untersuchungsmaterial, sind jedoch nicht organismenspezifisch.

Die gerichtete Probenahme dient der gezielten Entnahme in einem kleinteiligen Umfeld, um einzelne Individuen, bestimmte Gesteinsproben bzw. eine kleinräumige Organismengemeinschaft zu untersuchen. Dies sind z. B. Flechten von Gesteinsoberflächen, einzelne Bodenorganismen oder Individuen einer bestimmen Pflanzenart.

3.3.2.1 Forschungsmethoden/-geräte in Süßwassersystemen

3.3.2.1.1 Wasserprobennehmer, Sedimentfallen, kleine Netze und Sensorik zur Beprobung des Limnion

Die Beprobung der Freiwasserzone der antarktischen Süßwasserseen dient der biologischen oder biogeochemischen Untersuchung. Dazu werden Wasserprobennehmer, Sedimentfallen und kleine Netze im Wasser ggf. unter dem Eis eingesetzt. Außerdem können Sensoren und Messeinheiten physikalische und chemische Parameter erfassen.

Der Einsatz auf im Sommer eisfreien Seen erfolgt von einer Arbeitsschwimmplattform oder einem kleinen Boot. Der Einsatz einer schwimmenden Arbeitsplattform ist unter antarktischen Bedingungen nur begrenzt möglich. Die logistischen Anforderungen, eine Plattform an den Untersuchungsort (Süßwasserseen) zu bringen, sind oftmals sehr aufwendig und viele der Süßwasserseen sind zudem ganzjährig zugefroren. Bei Seen, die permanent zugefroren sind, erfolgt die Probenahme durch ein Bohrloch in der Eisdecke.

Vor allem das Einsatzgebiet steuert den notwendigen technischen und logistischen Aufwand, dessen Dimensionen sehr unterschiedlich sein können und einzeln bewertet werden müssen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehenden Auswirkungen

Begründung: Die Beprobung von Süßwassersystemen kann aufgrund von Habitatstörung, der Entnahme von Substrat und Organismen, dem unbeabsichtigten Einschleppen allochthoner Arten die Wasserqualität, die Wasserumwelt, Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität oder Populationen sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung und die Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosystem negativ beeinträchtigen (§ 3 Abs. 4 Nr. 2, 3, 4, 6, 7 AUG).

Die Probenahme erfolgt sehr lokal und zeitlich begrenzt. I.d.R. umfassen die Proben sehr kleine Volumina. Es ist anzunehmen, dass eventuelle Veränderungen die Integrität und Entwicklung des Ökosystems kaum beeinflussen und mögliche Veränderungen innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert sind.

Die minimalen Interaktionen durch Sensortechnik (Präsenz, Messvorgang) im Wasser des Limnion finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich kurz befristet. Es sind keine negativen Auswirkungen auf Schutzgüter zu besorgen.

Es ist darauf zu achten, dass durch die Probengeräte keine Resuspension im Benthal verursacht wird. Eine Durchmischung der Wassersäulenschichtung ist so weit wie möglich zu vermeiden durch die Art der Durchführung, die Reduzierung der Probenvolumina und –wiederholungen auf das Mindestmaß.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Durch die Benutzung von Wasserfahrzeugen, der Durchmischung des Limnion und der Entnahme limnischer Organismen kann der Lebensraum von Arten oder Populationen schädlich verändert werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b, f AUG).

Vogel- und Pflanzenansammlungen können ggf. durch die eingesetzte Logistik (oder Menschen zu Fuß) beunruhigt bzw. geschädigt werden (vgl. Kapitel 3.5.3).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird die Beprobung des Limnion als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Bei Einsatz einer schwimmenden Plattform sind Mitigationsmaßnahmen zu beachten: Den Verlust von Treibstoff unter allen Umständen in diesen hochempfindlichen Süßwasserökosystemen vermeiden und keinesfalls auf dem Süßgewässer tanken. Wenn möglich sollten Arbeitsplattformen mit Elektromotoren oder manuell angetrieben werden, um Lärmbelastung und Abgasemission zu vermeiden. Es ist ausreichend Abstand zu Tieransammlungen einzuhalten.

3.3.2.1.2 Kernstechrohre und Greifer zur Beprobung des limnischen Benthal

Die Bodenzone der antarktischen Süßwasserseen wird mit Kernstechrohren („Corer“) und Greifern beprobt. Forschungsschwerpunkte sind die Sedimente und die Benthosfauna (Meio- bis Nanofauna und Bakterien) und der Stoffkreislauf dieser Ökosysteme (*microbial loop*). Bei der Beprobung wird eine definierte Volumenmenge entnommen. Diese ungerichtete Probenahme ist Teil der Methodik.

Der Einsatz auf im Sommer eisfreien Seen erfolgt von einer Arbeitsschwimmplattform oder einem kleinen Boot. Bei Seen, die permanent zugefroren sind, erfolgt die Probenahme durch ein Bohrloch in der Eisdecke. Vor allem das Einsatzgebiet steuert den notwendigen technischen und logistischen Aufwand, dessen Dimensionen sehr unterschiedlich sein können und einzeln bewertet werden müssen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Bei der Beprobung des limnischen Benthals wird die stabile Schichtung (meromiktisches Gewässer, vgl. Kapitel 3.3.1.7) lokal durchbrochen, wodurch Auswirkungen auf die Wasserqualität, Wasserumwelt und auf Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie auf Gebiete mit besonderer Bedeutung zu besorgen sind (§ 3 Abs. 4 Nr. 2, 3, 4, 6 AUG).

Die Probenahme erfolgt sehr lokal auf die Probenahmestelle begrenzt mit einer niedrigen Intensität bei Proben mit geringen Volumina. Mit steigenden Probenvolumina im Verhältnis zur Seebodenfläche und Probenanzahl steigt die Besorgnis, dass das Ökosystem durch die Tätigkeit geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen hat.

Unbeabsichtigte Auswirkungen können Resuspension sowie Habitatstörung bis –zerstörung sein.

Die Stabilität der Schichtung wird durch das Herablassen/Heraufholen der Probengeräte verändert. Aufgrund der permanent niedrigen Temperaturen und langsamen Lebenszyklen der Organismen im meromiktischen Gewässer erfolgt die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands nur langsam.

Es ist darauf zu achten, dass durch die Probengeräte keine Resuspension im Benthal verursacht wird. Eine Durchmischung der Wassersäulenschichtung ist so weit wie möglich zu vermeiden durch die Art der Probenahme und die Reduzierung der Probenvolumina und –wiederholungen auf das Mindestmaß.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Durch die Benutzung von Wasserfahrzeugen, die Durchmischung des Limnion und die Entnahme limnischer Organismen kann der Lebensraum von Arten oder Populationen schädlich verändert werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b, f AUG).

Die Auswirkungen der Beprobung sind im Allgemeinen jedoch so gering, dass sie keine nachteilige Veränderung des Lebensraums „Süßwassersee“ bewirkt. Deshalb ist das Verbot nicht betroffen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird die Beprobung des limnischen Benthal mit Greifern und Kernstechrohren als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Diese Bewertung setzt voraus, dass keine erhebliche Schädigung von Landpflanzen durch Aktivitäten erfolgt, die notwendig sind, um die wissenschaftliche Methode durchzuführen (z. B. Fahrspuren zum Erreichen des limnischen Sees). Andernfalls wird die Methode als sehr kritische Methode (Gruppe D) eingestuft.

3.3.2.2 Forschungsmethoden/-geräte auf Land oder in Gletschern

3.3.2.2.1 Manuelle Probenehmer

Gerichtete Probenahmegeräte sind z.B. Hammer, Meißel, Pinzette, Pflanzenstecher oder andere Formen von Hand-Bodenprobenahmegeräten bzw. Exhaustoren (Ansaugprinzip). Diese werden in der terrestrischen Antarktisforschung für geologische, botanische und entomologische sowie physikalischen und chemischen Probenahmen eingesetzt. Auf diese Weise werden gezielt Individuen bestimmter Arten oder Gesteinsproben für wissenschaftliche Sammlungen bzw. Untersuchungen im Labor entnommen.

Ungestörte Bodenproben werden als kleine Erdkerne mit einem geschlossenen oder zu öffnenden (*Split-Tube-Sampler*) Edelstahlstechzylinder, Erdbohrstock oder Hohlmeißelbohrer entnommen. Ebenso eignen sich Handbohrgeräte (Permafrostbohrer) z. B. zur Gewinnung von Moospolsterkernen und ermöglichen die Schaffung von Bohrlöchern, wie sie bei der Sprengseismik benötigt werden (vgl. Kapitel 3.3.2.2.6.2).

Zur Untersuchung der antarktischen terrestrischen wirbellosen Fauna werden ungerichtete Probennehmer wie Boden- bzw. Organismenfallen, Malaise-Fallen und Eklektoren verwendet. Mit diesen Geräten wird nicht eine bestimmte Volumenmenge entnommen, sondern über eine bestimmte Zeitspanne, in der das Gerät im Ökosystem verbleibt, gefangen. Malaise-Fallen und Eklektoren kommen allerdings bedingt durch die geringe Artenzahl von Insekten (ausgenommen Collembolen) in der antarktischen Forschung nur selten zum Einsatz.

Durch Anwendung manueller Probenahmegeräte auf eisfreien Landflächen können Bodenstrukturen, Vegetation und Bodenorganismen beeinträchtig und Tieransammlungen beunruhigt werden.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Durch die Entnahme terrestrischer Organismen und Bodenproben sowie *trampling* sind Auswirkungen auf die Landumwelt sowie Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität zu besorgen (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4 AUG).

Bei kleinen Probenmengen sind die Veränderungen der Landumwelt (Zerstörung von Gestein) kleinskalig und lokal sehr begrenzt. Es wird daher keine Beeinflussung der Landumwelt erwartet, die nicht weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen auf die Integrität und Entwicklung des Ökosystems hat. Die einzelne Entnahme von Wirbellosen und Pflanzen lässt nicht erwarten, dass Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen in

einem Ausmaß verändert werden, dass geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen auf die Schutzgüter zu besorgen sind.

Zusätzliche Auswirkungen können durch logistische Notwendigkeiten (z. B. Fahrzeuge) entstehen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Die Entnahme terrestrischen Materials kann auf den Lebensraum von Arten oder Populationen schädlich wirken (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG). Diese Entnahme ist im Allgemeinen so gering, dass sie keine nachteilige Veränderung des Lebensraums bewirkt. Durch Niedertreten können Ansammlungen von Landpflazen geschädigt werden (§17 Abs. 2 Nr. e AUG).

Vogel- und Pflanzenansammlungen können ggf. durch die eingesetzte Logistik (oder Menschen zu Fuß) beunruhigt bzw. geschädigt werden (vgl. Kapitel 3.5.3).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird die Beprobung als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-1) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Im Falle von Aufsammeln endolithischer und epilithischer Organismen (Flechten, Grünalgen, Cyanobakterien), die mehrere Jahrtausende alt sind (epilithische Flechten auf Nunataks) und eine punktuelle Verbreitung aufweisen (endolithische Organismen in Quarzsteinen in den Dry Valleys) kann die Entnahme von Individuen die Verbreitung und Dichte dieser Pflanzen erheblich beeinträchtigen.

Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollte vermieden werden. Zu Ansammlungen von Vögeln sollten die Mindestabstände eingehalten werden.

3.3.2.2.2 Sensoren und Messeinheiten

Sensoren und Messsysteme werden als Nutzlast auf fliegenden und im Gelände installierten Geräteträgern temporär benutzt. Sie dienen z. B. der Erfassung meteorologischer, geophysikalischer und chemischer Parameter.

Das Bodeneinstichthermometer wird bei bodenbiologischen, -chemischen, -physikalischen Untersuchungen eingesetzt. Einstichsensoren werden weiterhin verwendet, um pH-Wert oder Bodenfeuchte zu bestimmen. Zur Messung werden die Geräte kurzfristig in den Boden eingeführt.

Kurzperiodische Sensoren und Breitbandseismometer sind Geräte zur Erfassung von Bodenverschiebungen über einen sehr weiten Frequenzbereich. Zum Einsatz kommen diese robusten Mobilgeräte zur digitalen Registrierung geophysikalischer Signale (z. B. Erdbeben, Bodenbewegungen) und damit zur Seismizitätserfassung, Strukturerkundung von Erdkruste und –mantel. Deutschland betreibt in der Antarktis drei Seismometerstationen, alle liegen im Umfeld der Forschungsstation Neumayer III.

Seismische Sensoren sind passive Geräte. Energie erhalten die Messeinrichtungen entweder direkt aus dem Netz von Neumayer III und durch Windgenerator bzw. Solarzellen. Breitband- und Vertikalseismometer werden auf Land- und Schelfeis eingesetzt und nach Gebrauch i.d.R. wieder abgebaut.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Landumwelt und Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4 AUG).

Die minimalen Interaktionen (Präsenz, Messvorgang) mit Boden und der Landumwelt finden in nächster Umgebung zum Gerät statt und sind zeitlich kurz/ sehr befristet. Es sind daher weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen auf die Schutzgüter zu besorgen.

Auswirkungen durch seismische Sensoren auf die Umwelt (Eis) sind nicht zu befürchten, da es sich um passive Messgeräte handelt und diese auch nicht in der Umwelt verbleiben oder Batterien enthalten. Zu Ansammlungen von Vögeln sollten die Mindestabstände eingehalten werden. Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollten vermieden werden.

3.3.2.2.3 Großbohrgeräte

Eisbohrtechniken mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen sind von Bentley *et al.*, (2009) ausführlich beschrieben. Im Wesentlichen werden Bohrtechniken im Eis in zwei Großgruppen unterteilt. Die eine gewinnt Eisschnitzel (sogenannte *cuttings*) oder pumpt geschmolzenes Wasser an die Oberfläche und die andere Technik gewinnt Eiskerne. Bei beiden Gruppen kann eine Trockenbohrung (*dry drilling*) oder eine Bohrung mit Bohrflüssigkeiten angewandt werden. Es ergeben sich differenzierte technische Herausforderungen an die Stabilisierung des Bohrloches, je nachdem, ob Bohrkerne entnommen werden sollen oder ob das Bohrloch dem Herablassen von Sensoren oder Probenehmern dient. Dementsprechend werden verschiedene Techniken angewendet (Tabelle 9).

Eiskernbohrungen sind die wichtigste Untersuchungsmethode zur Erforschung des Paläoklimas. Änderungen in der historischen Zusammensetzung der Atmosphäre können durch die Messung der Komposition von im Eis eingeschlossenen Luftblasen nachgewiesen werden. Die Daten von Eisbohrkernen der Vostok-Station und durch die Eiskerne der Kohnen Station (Dronning Maud Land -DML) sowie der Concordia-Station (Dome C) des *European Project for Ice Coring in Antarctica* (EPICA-Projektes) lassen u. a. Rückschlüsse auf die CO_2- und Methan-Konzentrationen zu, die bis 800.000 Jahre zurück datieren (Lüthi *et al.*, 2008). Dabei liegt die technische Herausforderung v. a. darin, den Bohrkern chemisch und physisch unverändert zu bergen.

Tabelle 9 Beispiele verwendeter Bohrtechnik von Großbohrprojekten in der Antarktis

Projekt	Bohrtechnik
EPICA1 Kohnen-Station	Eisbohrkerne für Klimaforschung Bohrflüssigkeit: Exxol® D40 (Reinpetroleum) Densifier: chlorierten Kohlenwasserstoffe HCFC 123 oder HCFC 141b
WISSARD2	Mehrere Bohrlöcher für Sensoren und Sedimentproben Heißwasserbohrer HWD (Sterilisation mit Filtration + UV)
Lake Ellsworth3	Wasser- und Sedimentproben des subglazialen Sees Heißwasserbohrer HWD (Sterilisation mit Filtration + UV)
ANDRILL4	Gesteins- und Sedimentbohrkerne für Klimaforschung Heißwasserbohrer (HWD) für Eis Bohrflüssigkeit für Sedimentbohrkern: Seewasser, Kaliumchlorid, Zuschlagstoffe: Xanthan, polyanionic Zellulosepolymer
WAIS5	Eisbohrkerne für Klimaforschung Bohrflüssigkeit: 30 % ISOPAK K + 30 % HCFC-141b
TALDICE6	Eisbohrkerne für Klimaforschung Bohrflüssigkeit: 80% Exxol® D40, Densifier: 20 % Solkane 141b (HCFC 141b)
Lake Vostock7	Eisbohrkerne für Klimaforschung, Wasserproben Offenhalten der Bohrlöcher z.B. 5G-1 mit Kerosin und Freon, Sterilisation für den Durchbruch zum Lake Vostock mit Ozon

Quellen: [1]Juterzenka & Spindler (2000) UVS DML, [2] NSF (2012), [3]BAS (2012) CEE, [4]ANDRILL (2006) CEE, [5]NSF (2001), [6]Frezzotti *et al.* (2005), IEE TALDICE, [7] Arctic and Antarctic Research Institute (AARI) (2014), IEE Lake Vostok

Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter durch Bohraktivitäten entstehen durch die begleitende aufwendige Logistik und den immensen Energiebedarf. So entstehen Emissionen von CO_2 und Luftschadstoffen durch die Generatoren und Verunreinigungen durch flüssige chemische Substanzen (z. B. Hydrauliköle), die bei Bohrungen verwendet werden. Weiterhin entstehen ggf. Abfälle durch das Verbleiben von Verrohrungen und Holz- u. Stahlkonstruktionen im Eis und es kommt ggf. zusätzlichen Beeinträchtigungen der Luftqualität durch Verdunstung der chemischen Bohrflüssigkeiten sowie zu Beeinträchtigungen der Ursprünglichkeit des Gebietes durch den Verbleib von Abwasser und ggf. Bohrflüssigkeit in der Gletscher- und Meeresumwelt (Juterzenka & Spindler, 2000, Frezzotti *et al.*, 2005). Zudem sind die Errichtung von Tanklagern, der Einsatz von Flug- und Fahrzeugen und die Einrichtung von Transversen notwendig.

Die logistischen Umweltbeeinträchtigungen großer Bohrstationen werden ausführlich im Kapitel 3.5.3.3 im Zusammenhang fester Stationen beschrieben und vorläufig bewertet.

Bohrprojekte, die in besonders sensiblen Gebieten wie z. B. den Dry Valleys durchgeführt werden (Dugan *et al.*, 2015), können insbesondere durch die logistischen Aktivitäten Auswirkungen auf die Verbreitung und Dichte von Pflanzen haben.

Kumulative Effekte können durch das wiederholte Nutzen des Bohrgebietes oder durch die Kombination mit anderen Aktivitäten z. B. Forschungen zu anderen Themen auftreten, die eine längere Nutzungsdauer des Gebietes und dadurch höhere Abgasemissionen und Abwassermengen zur Folge haben. Zusätzliche Logistik kann die Umweltbeeinträchtigungen entsprechend verstärken.

3.3.2.2.3.1 Trocken- und Heißwasserbohrung

Trockenbohrungen sind aufgrund des geringeren logistischen Aufwands und des verwendeten Materials mit geringeren Auswirkungen auf die Umwelt verbunden als Bohrungen mit chemischen Bohrflüssigkeiten. Trockenbohrungen können allerdings nur bis in eine Tiefe von ungefähr 500 m vordringen (Talalay, 2014). Durch Trockenbohrungen können keine qualitativen hochwertigen Eiskerne gewonnen werden und die Gefahr, dass das Bohrgestänge im Bohrloch stecken bleibt, ist groß. Die Bergung des Gestänges ist nur unter großem zeitlichem Aufwand und bislang nur unter Einsatz der umweltbedenklichen Chemikalie Ethylenglykol möglich. Alternativ verbleiben die Geräte in der Umwelt.

Tiefbohrungen für die Positionierung von Sensoren oder Probennehmern in tiefem Eis können mit einem Heißwasserbohrer (*Hot Water Drill*, HWD) durchgeführt werden (Tabelle 9). Heißwasserbohrungen sind mit einem enormen Treibstoffbedarf zur Erzeugung der großen Mengen heißen Wasser verbunden. Daraus resultiert eine vergleichsweise große Menge Emissionen, etwa von Dieselgeneratoren.

Bei der Wiederverwendung von Bohrlöchern werden diese allerdings mit einer Bohrflüssigkeit verfüllt, um sie in der nächsten Saison wieder nutzen zu können (NSF, 2012, AARI, 2014). Heißes Wasser als Bohrflüssigkeit sowie die Bohrgeräte bergen die Gefahr des Eintrags von Mikroorganismen in die Grenzschichten zwischen Eis und Gestein bzw. Küstenmeer oder in subglaziale Seen. Diese Gefahr kann durch die Sterilisation des Wassers und des Bohrgerätes vermindert werden (Siegert *et al.*, 2012). Die Sterilisation der Geräte erfordert den Einsatz großer Mengen Desinfektionsmittel. Häufig werden Trocken- und Heißwasserbohrungen kombiniert, um das Bohrgerät zu sichern.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind das Klima, die Luftqualität, die Land-, Gletscherumwelt und Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie die Ursprünglichkeit des Gebietes (§ 3 Abs. 4 Nr. 1, 2, 3, 4, 6 AUG).

Die Auswirkungen durch Abgasemissionen auf das Klima und die Luftqualität sind unter Umständen nicht unerheblich, jedoch räumlich und zeitlich begrenzt. Je nach verwendeter Stoffgruppe lässt der

Einsatz von Desinfektionsmittel Umweltauswirkungen besorgen. Schadstoffeinträge durch Leckagen und Havarien (Hydrauliköle, Treibstoffe) sind ebenfalls zu besorgen (vgl. Kapitel 3.5.3.12.2).

Bohrungen auf Eis führen zu räumlich und zeitlich begrenzten negativen Auswirkungen auf die Schutzgüter. In eisfreien sensiblen Gebieten wie z. B. Dry Valleys sind durch die notwendige Logistik Auswirkungen auf die Verbreitung von Pflanzen zu besorgen, die über viele Jahre bestehen.

Es besteht die Besorgnis des Verbleibens von Bohrgerätschaften oder umweltschädigenden Hilfsflüssigkeiten in der Umwelt im Schadensfall und bei Leckagen und wenn das Bohrloch nutzbar gehalten werden soll und mit Bohrflüssigkeit verfüllt wird (§ 21 ff. AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG sind ggf. zu berücksichtigen. Sofern nicht in Eis gebohrt wird, können Landpflanzen und deren Lebensraum durch Aktivitäten, die notwendig sind um Trockenbohrungen durchzuführen, erheblich geschädigt werden.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird Trockenbohrung auf Eis als **bedingt vertretbare Methode (Gruppe C)** und an Land als **sehr kritisch (Gruppe D)** eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.3.2.2.3.2 Bohrung mit chemischen Bohrflüssigkeiten

Bohrungen zur Gewinnung qualitativ hochwertiger Eisbohrkerne aus größeren Tiefen benötigen Hilfsflüssigkeiten (Bahr-Cohen & Zacny, 2009; Gerasimoff, 2003; Sheldon *et al.*, 2014a; Talalay *et al.*, 2014). Die Flüssigkeit stabilisiert das Bohrloch gegen den Eisdruck von außen. Gleichzeitig verhindert sie das Schließen des Bohrlochs und sichert so das Bohrgerät. Es ist technisch bislang nicht möglich, die verwendeten chemischen Bohrflüssigkeiten vollständig zurückzugewinnen. Bei der Planung des EPICA-Projektes ist man beispielsweise von einem Verbleib von ca. 40 t Bohrflüssigkeit in der Antarktis ausgegangen (Juterzenka & Spindler, 2000).

Eine Bohrflüssigkeit muss folgende Kriterien erfüllen:

- spezifische Dichte ähnlich der Dichte von Eis,
- geringe Viskosität,
- niedriger Gefrierpunkt,
- Schutz der menschlichen Gesundheit und Umwelt (Toxizität, Entflammbarkeit, biologische Degradation).

Die Qualität der Eiskerne ist stark von der eingesetzten Bohrflüssigkeit abhängig. Bisher eingesetzte chemische Bohrflüssigkeiten basierten auf Kerosinprodukten, Alkoholen, Estern oder neuerdings auf Silikonölen. Die umweltschädigende Wirkung variiert je nach chemischem Produkt. Sheldon *et al.*, (2014 a, b), Talalay (2014) und Talalay *et al.*, (2014) geben einen Überblick über die technischen, physikalischen und biologischen Parameter verschiedener Bohrflüssigkeiten (Tabelle 10).

Tabelle 10 Niedrigtemperatur-Bohrflüssigkeiten und deren Eigenschaften aus Sheldon *et al.* (2014 a, b), Talalay *et al.* (2014), ergänzt

	Hersteller	Bestandteil	WGK/Gefahrstoff-klasse	Flammpunkt (°C)	Viskosität (kin.) (mm^2/s, 20°C)	Dichte kg/m^3 bei 15 °C
Ethanol	u.a. Carl Roth 1	Wasser-Ethanol Mischung	WGK: 1 1	17	1,4	
DF-A, Jet A1, JP-8	u.a. Shell 2	Aromatische Kohlenwasser-stoffe	WGK: 2 2	› 38	1 – 2 (bei 40 °C)	775 - 840
Butylacetat	u.a. Scharr 3 BASF	Essigsäure - Butylester	GSK: 3, UN1123 4 WGK: 1 3	22	0,8	880
Exxsol™ D40	Exxon Mobil 4	gering -aromatische Kohlen-wasserstoffe	WGK: 1 2, GSK: 3, UN 1863 4	40 – 45	1.28 (25°C)	771
Loxa-nol®CA5308	BASF	alte Bezeichnung: Lusolvan® FBH		1316	76	9606
ISOPAR	Exxon Mobil	Isoparafinischer Kohlenwas-serstoff	WGK: 1 8	56 8	1.84 (25°C) 9	765 8
COASOL™	DOW 5	Esteröl auf Kokusnussbasis	Nicht als Ge-fahrstoff klassi-fiziert 5	131	5,3	960
ESTISOL™ 240	Esti-Chem A/S 6	Esteröl auf Kokusnussbasis	Nicht als Ge-fahrstoff klassi-fiziert 5	136	3	863
ESTISOL™ 256	Esti-Chem A/S 6	Esteröl auf Kokusnussbasis	Nicht als Ge-fahrstoff klassi-fiziert 5	›100	4,4	863
Du PontTM FEA-1100®	Du Pont	Fluorierter Kohlenwas-serstoff; GWP 5		33 9		1200 (20 °C) 9
EDGA	u.a.Sig ma Ald-rich 7	Ethylen glycol diacetate	WGK: 1 6	82	6,8	1128
KF96, 1.5cs, KF96, 2.0cs	Shin-Etsu 10	Dimethyl Siloxanöl	Nicht als Ge-fahrstoff klassi-fiziert 10	64 - 88	1,5 – 2	850 – 875 (bei 25 °C)

Quellen: [1]Sicherheitsdatenblatt (Carl Roth), 13.10.2015; [2]Sicherheitsdatenblatt (Shell) 29.5.2012; [3]Sicherheitsdatenblatt (Scharr), 6.10.2008; [4]Sicherheitsdatenblatt (ExxonMobile) 18.10.2012; [5]Safety data sheet (DOW) 30.11.2006; [6]Sheldon *et al.* (2014a, b); [7]Sicherheitsdatenblatt (Sigma Aldrich) 01.10.2011; [8]Sicherheitsdatenblatt (ExxonMobile) 13.6.2000; [9]Talalay *et al.* (2014); [10]Shin Etsu KF 96 Data Sheet 2004; WGK = Wassergefährdungsklasse; GWP = Global Warmin Potential

Triest & Alemany (2014) verglichen die Produktdatenblätter verschiedener Zulieferer der Chemikalien und fanden bei gleicher CAS-Nummer (*Chemical Abstracts Service;* https://www.cas.org) zum Teil geringfügig voneinander abweichende Angaben etwa zur Toxizität oder zum Flammpunkt. Produktvarianten bieten unterschiedliche Eigenschaften z. B. der Viskosität bei unterschiedlichen Temperaturen (Sheldon *et al.*, 2014a, b, Talalay *et al.*, 2014).

Bohrflüssigkeiten können zu umfangreichen Kontaminationen der Luft durch Verdunstung, der umgebenden Oberfläche, des Firneises, der Abraum-Eisschnitzel und Abraum-Sedimente führen, da es chemisch bedingt zu Verdunstungen kommen kann und technisch bedingt zu Flüssigkeitsaustritten.

In den ersten 150 m Bohrtiefe tritt in Abhängigkeit von der Umgebungs- und Eistemperatur ein Schnee-, Firn- und Firn-Eisgemisch auf. In dieses Hohlraumsystem kann die Bohrflüssigkeit eintreten und sich ausbreiten. Um das Eindringen von Bohrflüssigkeiten in die poröse Firnschicht auf den ersten 100 – 150 Metern zu verhindern und so Tiefenbohrungen mit Bohrflüssigkeiten umweltfreundlicher zu machen, wurde bereits bei EPICA eine Verrohrung mit Glasfaserrohren (GFK) in den ersten 150 m genutzt. Auch Duphil *et al.* (2014) testeten erfolgreich ein *casing* System mit „HDPE (*high density polyethylene*) *pipes* in der Antarktis. In größerer Tiefe ist aufgrund des Druckes und der Temperatur festes Eis vorhanden, das weitgehend impermeabel ist. Dort ist die Besorgnis, dass Bohrflüssigkeit ungewollt austreten kann, geringer. Bei Eisbohrungen, bei denen bis zum Sediment-, Felsuntergrund oder bis an subglazialen Seen gebohrt wird, besteht die Besorgnis, dass Bohrflüssigkeiten in der Tiefe am Ende des Bohrloches austreten (Bohrungen an subglazialen Seen vgl. Kapitel 3.3.2.2.3.3).

Die im Bohrloch verbleibende Bohrflüssigkeit bzw. die nicht rückgewinnbaren Anteile der chemischen Bohrflüssigkeiten in den Bohrschnitzeln (Abraum) verbleiben in der Umwelt und werden mit der Eisbewegung am Ende ins Meer gelangen (*Arctic and Antarctic Research Institute* (AARI), 2014, Frezzotti *et al.* 2005, Juterzenka & Spindler, 2000).

Die Auswirkungen, die bei einem Großbohrprojekt zu besorgen sind, wurden von Juterzenka & Spindler (2000) in einer UVS zu EPICA ausführlich herausgearbeitet. Hinsichtlich der eingesetzten Chemikalien gibt es seitdem neue Produkte sowie Erkenntnisse zu ihren Eignungen und Eigenschaften (Tabelle 10), Die Umweltschädlichkeit der Stoffe ist der Tabelle 10 zu entnehmen, die Betroffenheit der antarktischen Komponenten bleibt unverändert.

Seit einigen Jahren gibt es Forschungen, Bohrflüssigkeiten zum Einsatz zu bringen, die weniger Auswirkungen auf die Umwelt haben (Talalay, 2007, Sheldon *et al.*, 2014a, b, Talalay *et al.*, 2014). Zum Beispiel könnte die Weiterentwicklung der laserbasierten Bohrtechnologie und der Heißwassserbohrtechnologie in der Zukunft Alternativen für chemische Bohrflüssigkeiten generieren (Talalay, 2014). Produkte, die als biologisch abbaubar bezeichnet werden, sind in der Antarktis jedoch nur bis zu einem gewissen Grad physikalisch abbaubar. Der endgültige chemische und biologische Abbau kann in dieser Umgebung nicht erfolgen, da die nötigen Mikroorganismen fehlen (*Dow Corning Corp.*, HERA, 1998, Talalay *et al.,* 2014). Allerdings können die Stoffe, sehr langfristig betrachtet, später bei Eintritt ins Meer abgebaut werden.

Die Schilderung der potentiellen Umweltauswirkungen der einzelnen Großbohrprojekte mit chemischen Substanzen würde den Rahmen dieser Studie sprengen. Hierzu wird auf die zu den o.g. internationalen Bohrprojekten erstellten Studien zur Umweltrelevanz verwiesen (http://www.ats.aq).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: mehr als nur geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind das Klima, die Wasser- und Luftqualität, die Meeres- und Gletscherumwelt, Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie die Ursprünglichkeit des Gebietes (§ 3 Abs. 4 Nr. 1, 2, 3, 4, 6 AUG).

Großbohrprojekte benötigen einen enormen logistischen und energetischen Aufwand. Diese bedingen weitere Beeinträchtigungen der antarktischen Schutzgüter (vgl. Kapitel 3.5.3.3). Der große technische Aufwand produziert Emissionen, die erhebliche nachteilige Wirkung auf die antarktischen Schutzgüter erwarten lassen. Daher ist die Gesamttätigkeit im Zusammenhang von Großbohrprojekten mit „mehr als geringfügig oder vorübergehend“ zu bewerten.

Je nach Ort wird durch den Eisfluss die toxische Bohrflüssigkeit langfristig (Jahrhunderte bis Jahrtausende) auf ein größeres Gebiet verteilt, in Richtung Küste weiter transportiert und dort in langen Zeitperioden langsam ins Meer entlassen, so dass diese Aktivitäten mehr als nur geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen besorgen lassen. Es besteht die Besorgnis, dass durch Leckagen zusätzliche Flüssigkeiten (Treibstoff, Schmiermittel) in die Umwelt gelangen.

Die toxische Bohrflüssigkeit und Teile der Verrohrung verbleiben nach Abschluss der Tätigkeit langfristig in der Umwelt (§ 21 ff. AUG). Der Verbleib der großen Menge an toxischer Bohrflüssigkeit ist auf die Nähe des Bohrloches begrenzt und wird die natürlichen Prozesse in der Gletscherumwelt nur in sehr begrenztem Umfang beeinflussen.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, f AUG sind ggf. zu berücksichtigen. Robben und Vögel können durch die Geräuschemissionen und die begleitenden Aktivitäten gestört werden. Es sind Auswirkungen auf subglaziale Lebensräume durch den Eintrag von Schadstoffen zu besorgen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.* (1999) wird die Methode als **sehr kritisch (Gruppe D)** eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Mitigationsmaßnahmen bei Bohrprojekten sind die oben erwähnten neuen Techniken beim *casing* als auch alternativer Bohrmethoden sowie die Verwendung umweltfreundlicherer Bohrflüssigkeiten. Der Einsatz von heißem Wasser als Bohrflüssigkeit ist bislang nicht für die Gewinnung von Eiskernen geeignet und weist bislang noch technisch bedingt Tiefenlimitierungen auf.

Es besteht Entwicklungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich technischer Alternativen von Bohrtechniken und weniger umweltbelastender Begleitlogistik.

Zur Reduzierung der mit der Bohrlogistik einhergehenden Umweltbeeinträchtigungen sollte SCAR’s *Environmental Code Of Conduct For Terrestrial Scientific Field Research* (2009) beachtet werden.

3.3.2.2.3.3 Bohrung zur Untersuchung subglazialer Systeme

Die Erforschung der subglazialen aquatischen Ökosysteme ist relativ jung und daher sind auch die Auswirkungen bei Probenahmen kaum bekannt und abschätzbar. Technisch stellt die Erforschung subglazialer Seensysteme eine große Herausforderung dar, nicht nur weil diese Seen unter einer mächtigen Eisdecke liegen, sondern auch weil eine Störung jeglicher Art unbedingt vermieden werden muss (ATCM 34, 2011b). Die größte Gefahr durch wissenschaftliche Untersuchungen in diesen Ökosystemen ist die Kontamination mit chemischen oder biologischen Substanzen (Bohrflüssigkeit) und das unbeabsichtigte Einschleppen nicht autochthoner Organismen (vgl. Kapitel 3.3.2.2.3.2; Tabelle 9). Die Auswirkungen einer solchen „Verunreinigung“ kann auf Grund unzureichender Daten über diese Ökosysteme nicht abgeschätzt werden. Ob das Ökosystem durch die physikalische Einbringung der Geräte erheblich beeinträchtigt wird (Schichtungsdurchmischung), ist nicht bekannt, kann aber nicht ausgeschlossen werden (siehe Kapitel 3.3.1.7).

Der Zugang zu subglazialen Systemen ist nur mittels Bohrung möglich, die Verwendung von Bohrflüssigkeiten ist in vielen Fällen bisher eine technische Notwendigkeit (vgl. Tabelle 9). Bohrflüssigkeiten bergen immer die Gefahr einer Kontamination des Eises bzw. des subglazialen Systems mit Schadstoffen (Eigenschaften von chemischen Bohrflüssigkeiten: vgl. Tabelle 10).

Ein Gerät, das bereits bei der Untersuchung subglazialer Seen eingesetzt wurde, ist das *Micro Subglacial Lake Exploration Device* (MSLED). Dieses Gerät wurde für das WISSARD-Projekt entwickelt (Kapitel 3.3.1.7). Es ist ein ferngesteuertes Tauchgerät, das mit hydrologischen und chemischen Sensoren sowie mit einem hochauflösenden Bildsensor ausgestattet ist (Behar *et al.*, 2015).

Speziell zur Beprobung des Lake Vostok ist ein modular aufgebautes System entwickelt worden, das Sensoren, Kameras und Wasserprobennehmer enthält. Die Messeinheiten werden von einer hermetisch abgeschlossenen Transporteinheit aufgenommen, welche die sterilen Messeinheiten erst an der Grenzschicht zwischen Bohrflüssigkeit und Seewasser entlässt und nach Beprobungsende wieder aufnimmt. Die Messeinheiten sind beheizt, so dass vor allem die Wasserproben während des Transportes nicht gefrieren. Die Sterilisation der Messinstrumente und inneren Einheiten erfolgt durch Ozonierung (ATCM 37, 2014).

Die internationale Staatengemeinschaft sowie Wissenschaftler (SCAR *Athena group*) beschäftigen sich intensiv mit technologischen Herausforderungen zur Erforschung subglazialer Seen (z. B. ATCM, 2013). Um die räumliche und zeitliche Variabilität der subglazialen Ökosysteme untersuchen zu können, müssen *in situ* Langzeitobservatorien, die autonom oder ferngesteuert arbeiten, ausgesetzt werden und in den subglazialen Systemen verbleiben. Antworten zu Vereisungsphasen der Erde könnten durch die Analyse von tiefen Sedimenten u. a. in subglazialen Seen gefunden werden. Die damit verbunden technischen Herausforderungen wie die Sicherstellung der Dekontamination von Geräten und Bohrflüssigkeiten, Verhinderung des Schadstoffeintrags und der gesicherten Datengewinnung müssen noch gefunden werden (ATCM 36, IP 82; SCAR, 2013).

Vorläufige Bewertung[7] nach § 4 Abs. 3 AUG: mehr als nur geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund der Gefahr von Kontamination durch Schadstoffe und Eintrag nicht-heimischer Organismen die Wasserqualität, Land-, Wasser-, Gletscher- und atmosphärische Umwelt, der wissenschaftliche und biologische Wert des Gebietes, abhängige und verbundene Ökosysteme (§ 3 Abs. 4 Nr. 2, 3, 4, 6, 7 AUG).

Mit der Beprobung eines subglazialen Sees wird dessen Isolation unumkehrbar aufgebrochen. Dies beeinflusst die Integrität und Entwicklung des subglazialen Ökosystems in einem größeren Ausmaß. Die Veränderungen sind nicht reversibel, sodass die Auswirkungen der Beprobung als mehr als nur geringfügig oder vorübergehend beurteilt werden.

Durch die Beprobung subglazialer Seen und subglazialer Wassersysteme kann das subglaziale Ökosystem aufgrund von Schadstoffeintrag durch Bohrflüssigkeit und Eintrag nicht-heimischer Organismen erheblich beeinträchtigt werden.

Inwieweit die Veränderungen begrenzt sind, muss in einer fallspezifischen UES/UVS geprüft werden (Bsp. Lake Ellsworth, UVP; Lake Vostok, UEP; AARI, 2010; BAS, 2012). Diese sollte eine vertiefte Analyse der einsatzortspezifischen Bohrtechnologie und Bohrflüssigkeiten sowie einer Einschätzung des Havarierisikos beinhalten. Alternativen sollten gegen die zu erwartenden Umweltbeeinträchtigungen abgewogen werden.

Subglaziale Seen werden in groß angelegten Bohrprojekten untersucht, die eine immense Logistik erfordern und mit entsprechend hohen Umweltauswirkungen verbunden sind (Kapitel 3.5.3.3 ff.).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (nachteilige Veränderung des Lebensraumes; § 17 Abs. 1 Nr. 2 f AUG).

[7] An dieser Stelle wird von der Struktur dieser Studie (**einsatzunabhängige** vorläufige Bewertung einer Methode) abgewichen, damit die Besonderheit der Beprobung subglazialer Seen erfasst werden kann.

Inwiefern subglaziale Seen Lebensraum für Organismen bieten, ist u. a. Forschungsziel der Bohrprojekte. Hier bestehen Wissenslücken. Es besteht jedoch die Gefahr des Eintrags autochthoner Organismen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird die Beprobung subglazialer Seen als **sehr kritisch** (Gruppe D) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.3.2.2.4 Exklusionsgeräte

Exklusionsgeräte dienen im Wesentlichen dazu, Vegetations- und Bodenentwicklungen ohne den Einfluss menschlicher oder tierischer (Vögel und Robben) Aktivitäten zu untersuchen. Hier zu werden ausgewählte Flächen vor diesen Aktivitäten geschützt (abgetrennt). Die Größe der exkludierten Fläche begrenzt sich in den meisten Fällen auf wenige Quadratmeter.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die Landumwelt und Tier- und Pflanzenarten oder Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4 AUG).

Die Dauer von Exklusionsexperimenten ist befristet, wobei die Dauer der Auswirkungen der Exklusion nach Beendigung des Experiments in der Größenordnung von mehreren Stunden bis Tagen liegen kann. Die abgetrennten Flächen sind oft vergleichsweise klein, so dass keine erhebliche Lebensraumeinengung für Tiere zu besorgen ist.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigung von Tieren und Niedertreten von Pflanzen bei der Installation, Veränderung des terrestrischen Lebensraums; § 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e, f AUG).

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird die Exklusionsmethode als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Während des Aufstellens der Geräte kann es u. U. zu vorübergehenden Störungen kommen, sofern die Flächen in der Nähe von Vogel- oder Robbenkolonien liegen. Die Ausbringung und Überwachung der Geräte kann zu Trampling-Effekten führen.Zu Ansammlungen von Vögeln sollten die Mindestabstände möglichst eingehalten werden. Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollten vermieden werden. Zu Ansammlungen von Vögeln sollten die Mindestabstände möglichst eingehalten werden. Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollten vermieden werden.

3.3.2.2.5 Trägerplattformen

3.3.2.2.5.1 Fliegende Trägerplattformen: „Drohne“, UAV, Wetterballon

Fliegende Trägerplattformen wie „Drohnen“ (s. Kapitel 3.2.1.2.9.5) und automatische Miniflugzeuge (UAV) können sowohl ferngesteuert als auch programmiert geflogen werden. Sie werden in der terrestrischen Forschung z. B. zur Erhebung meteorologischer Daten oder zur Analyse von Vegetations- und Gesteinsstrukturen aus der Luft eingesetzt.

Neben den meteorologischen Sensoren für Temperatur, Luftfeuchte und Wind ist auch eine Bestückung mit Digitalkamera, Videokamera oder Thermokamera möglich. Weitere Anwendungen sowie potentielle Auswirkungen werden im Kapitel 3.2.1.2.9.5 beschrieben sowie eine vorläufige Bewertung vorgenommen.

Eine spezielle Trägerplattform sind **Wetterballone**. Sie werden zur Aufnahme von Vertikalprofilen in der Atmosphäre eingesetzt. An der Neumayer III-Station wird einmal täglich ein Radiosondenaufstieg

durchgeführt. Das dabei aufgenommene Vertikalprofil der Atmosphäre umfasst Luftdruck, Temperatur, relativer Feuchte und Wind. Die Sondenaufstiege erreichen Höhen bis über 35 km. Derzeit werden VAISALA RS92 Radiosonden an Helium gefüllten Ballonen (TOTEX 600, 800, 1500) verwendet. Um Ozonprofile zu erstellen, wird zusätzlich ein Ozonsensor (VAISALA, ECC6A) an der Radiosonde befestigt. Die Windkomponente wird mit Hilfe des GPS-Navigationssystems bestimmt.

Schwierig einzuschätzen sind die kumulativen Auswirkungen durch den Verbleib der Wetterballons und ihrer Batterien in der Umwelt. Tägliche Sondenaufstiege werden seit 1983 an den Neumayer-Stationen durchgeführt. Seit März 1992 finden einmal wöchentlich auch Ozonmessungen statt. Nimmt man diese Angaben als Grundlage für eine Hochrechnung, so sind bis jetzt allein von Neumayer I-III ca. 12.000 Sonden in der antarktischen Umwelt verblieben. Da auch auf anderen wissenschaftlichen Stationen derartige Messungen durchgeführt werden und wurden, könnte sich die Zahl der auf dem antarktischen Kontinent verbliebenen Sonden auf viele 10.000 belaufen.

Befriedigende technische Alternativen sind derzeit nicht vorhanden. Die Entfernung dieser Rückstände (bzw. die Suche danach) könnte größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge haben als der Verbleib der einzelnen Sonde an Ort und Stelle. Mit den Sonden verbleiben Batterien und Schwermetalle (in den Platinen der Sonden), Plastikteile etc. in der terrestrischen und maritimen Umwelt. Dort gelangen sie möglicherweise in die Nahrungskette (z. B. Aufnahme der Ballone als vermeintliche Nahrung durch Wale) und haben das Potenzial verschiedene Organismen zu schädigen.

Vorläufige Bewertung von Wetterballons nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind die atmosphärische, Land-, Wasser-, Gletscher- oder Meeresumwelt (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 AUG).

Es verbleiben Ballone, Sensoren und Batterien in der Umwelt (§ 22 Abs. 1 AUG). Unbekannt ist, wo die Mehrzahl der Sonden landen. Es ist daher auch nicht bekannt, ob in gewissen Gebieten durch vorherrschende Wetterverhältnisse eine Akkumulation erfolgt.

Die Integrität und Entwicklung der o. g. Schutzgüter wird nur in sehr begrenztem Umfang – an der Landestelle der Sondenüberreste – beeinflusst.

Es wird empfohlen aufgrund der oben angeführten hohen Anzahl von Wetterballons in Zukunft eine alternative Untersuchungsmethode oder die Optimierung der Materialien in Bezug auf Umweltfreundlichkeit und mögliche Zersetz- und Abbaubarkeit unter polaren Bedingungen zu entwickeln.

Eine mögliche Mitigationsmaßnahme wäre die Geräte mittels GPS-Sender zu lokalisieren und wieder einzusammeln. Dennoch, in der Praxis ist eine Lokalisierung und Auffindung in der antarktischen Umwelt beinahe unmöglich. Ebenfalls ist abzuwägen, ob nicht der Suchaufwand für das Gerät größere Auswirkungen auf die Umwelt hat, als der Verbleib der Wetterballons in der Umwelt.

3.3.2.2.5.2 Am Boden installierte Trägerplattformen – „Messstationen“

Im Gelände installierte Träger für Sensoren und Messeinheiten werden zur meist automatisierten Erfassung meteorologischer und atmosphärischer Daten genutzt. Die Energieversorgung erfolgt meist mit Sonnenkollektoren und Batterien. Die Gerätschaften verändern das optische und ästhetische Erscheinungsbild für die Dauer der Untersuchung und die direkte Befestigungsstelle über die Dauer der Untersuchung hinaus.

Vor allem das Einsatzgebiet steuert den notwendigen technischen und logistischen Aufwand, dessen Dimensionen sehr unterschiedlich sein können und entsprechend einzeln bewertet werden müssen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Installationen verändern die Landumwelt optisch. Insbesondere während der Auf- und Abbauphase können Tier- und Pflanzenarten oder Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität verändert werden. Die Ursprünglichkeit des Gebietes wird durch die Präsenz der Installation geschädigt (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4, 6 AUG).

Die Tätigkeit wird von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt, ist zeitlich befristet und lokal sehr begrenzt, weshalb gesamtheitlich nur weniger als geringfügig oder vorübergehende Auswirkungen zu besorgen sind.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können. Die Handlungen und Installationen könnten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraums von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e, f AUG).

Durch eine geeignete Auswahl des Installationsstandortes können die potentielle Auswirkungen minimiert werden. Dazu ist Erfahrung der Durchführenden notwendig.

Zu Ansammlungen von Vögeln sollten die Mindestabstände eingehalten werden. Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollten vermieden werden. Die Geräte sind am Ende der Untersuchung abzubauen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) werden Messinstallationen als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.3.2.2.6 Seismikgeräte

Seismische Geräte werden im eisfreien Gelände zur Untersuchung oberflächennaher Prozesse und Strukturen eingesetzt. Der Einsatz seismischer Geräte in der Glaziologie dient der Ermittlung von Eismassenbilanzen, von Eisstrukturen und Eiseigenschaften (Hofstede *et al.*, 2013; Benjumea & Teixido, 2001) sowie dem Studium der subglazialen Geomorphologie (Ashmore & Bingham, 2014; Eisen *et al.*, 2015).

Es sind zwei grundsätzliche Typen zu unterscheiden: Vibrations- und Sprengseismik. Beide Verfahren senden aktiv Signale in den Untergrund.

3.3.2.2.6.1 Vibrationsseismik

Vibrationsseismik bildet den Untergrund mit längeren Quellsignalen (*sweeps*), die von mobilen Vorrichtungen die Erdoberfläche in künstlich angeregte Schwingungen versetzen. Die mobilen Vorrichtungen können von sehr unterschiedlicher Größe sein, z. B. Elektrodynamisches Vibrator System (ELVIS: Eindringtiefe ca. 500 m; Gewicht 95 kg; Frequenzbereich 20-500 Hz[8]) oder *Truck Mounted Vibroseissystem* (Eindringtiefe und Ausdehnung des Signals mehrere hundert Meter; schwere Fahrzeuge; Frequenzbereich 10- 300 Hz). Das reflektierte Schwingungssignal wird von Geophonen empfangen und in elektrische Signale umgewandelt. Vibrationsseismik ist für lange seismische Traversen auf dem antarktischen Gletscher geeignet (Eisen *et al.*, 2015). Schwingungen können zur Verdichtung des Untergrundes und Schallbelastungen führen. Alternative Methoden für Eisbilanzen sind Satellitentelemetrie (z. B. https://data1.geo.tu-dresden.de/ais_gmb/ aufgerufen am 19.09.16).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Aufgrund von schwingungsinduzierten Verdichtungen können die Land-, Gletscher-, Meeresumwelt nachteilig verändert werden. Die Schallbelastung kann Tier- und Pflanzenarten oder

[8] Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik: http://www.liag-hannover.de; Geophysikalische Messsysteme http://www.geosym.de aufgerufen 20. Mai 2016

Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität schädlich verändern (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4 AUG).

Bei einem Einsatz der Geräte auf dem Gletschern sind weniger als geringfügige (Verdichtung; ggf. Fahrspuren) und vorübergehende (Verdichtung; ggf. Fahrspuren, Vibrationen) Veränderungen auf die oberen Eisschichten zu erwarten, die nach heutigem Kenntnisstand keine Beeinträchtigung der Gletscherumwelt darstellen.

Bei Einsatz auf dem Schelfeis können die Schwingungen bis in die Wassersäule wirken. Auch hier bestehen Wissenslücken hinsichtlich der potentiellen Auswirkungen auf marine Tiere. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die einmaligen Störungen auf den Zeitraum der Beprobung begrenzt bleiben und so die Integrität und Entwicklung des Ökosystems nur in sehr begrenztem Umfang beeinflussen.

Vibrationsseismischen Untersuchungen sollten möglichst nicht in der Fortpflanzungszeit antarktischer Tiere durchgeführt werden bzw. ein so großer Abstand eingehalten werden, dass keine schädlichen Veränderungen für Arten oder Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität davon ausgehen.

Bei Einsatz des *Truck Mounted Vibroseissystem* sind weitere Schutzgüter entsprechend der vorläufigen Bewertung eines Schneefahrzeuges betroffen (Kapitel 3.5.3.18).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Schallemissionen können Vogel- und Robbenansammlungen beunruhigen und auch unter dem Schelfeis marine Warmblüter beeinträchtigen. Durch die Benutzung von Land- und Eisfahrzeugen bzw. Menschen zu Fuß können Tieransammlungen beunruhigt werden sowie Landpflanzen können durch Niedertreten oder auf andere Weise geschädigt werden. Bodenverdichtung aufgrund anhaltender Vibrationen können zu Veränderung des Lebensraums von Pflanzen und Wirbellosen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e, f AUG).

Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollte vermieden werden. Vibroseismische Untersuchungen sollten nicht in Fortpflanzungszeiten oder in Gebieten in denen sich Tiere aufhalten durchgeführt werden.

Für marine Warmblüter, die sich möglicherweise unter dem Schelfeis befinden, besteht eine niedrige Besorgnis. Es ist davon auszugehen, dass sich marine mobile Tiere bei zunehmenden Schallemissionen sich von der langsam nähernden Quelle weg bewegen (vgl. Anhang II). Es bestehen Wissenslücken hinsichtlich Hörvermögen und Schwellenwerten bezüglich wann eine Störung auftritt und bei welchen Schallemissionen eine Verletzung möglich ist.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird die Vibrationstechnik auf Eis als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2), auf Land als **sehr kritisch** (Gruppe D) und auf Schelfeis **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.3.2.2.6.2 Sprengseismik

Sprengseismik wird v. a. dann angewendet, wenn das Gelände für Vibratorfahrzeuge nicht zugänglich ist. Sprengseismik wie z. B. das System *Seismic Impulse Source System* (SISSY) arbeitet mit Impulsquellen (z. B. Explosionen im Boden) als Anregungssignal für refraktions- und reflexionsseismische Messungen bei flachgründigen Untersuchungen. Die Eindringtiefe beträgt ca. 200 m. Die oftmals in Kartuschen untergebrachten Sprengmaterialien werden in kleinen Bohrungen (Bohrlochdurchmesser von 55 mm mit ca. 1 Meter Bohrtiefe; vgl. Kapitel 3.3.2.2.1) eingelassen. Von einer Messstation werden die reflektierten Signale aufgefangen. Aufgrund des geringen Gewichts von ca. 10 Kilogramm ist die Impulsquelle SISSY für Anwendungen im schwer zugänglichen Gelände geeignet.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Aufgrund von schwingungsinduzierten Verdichtungen können die Land-, Gletscher-, Meeresumwelt nachteilig verändert werden. Die Schallbelastung kann Tier- und Pflanzenarten oder Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität schädlich verändern (§ 3 Abs. 4 Nr. 3, 4 AUG).

Durch die Sprengungen kommt es zu lokalen Auswirkungen auf die Eis- und Bodenstruktur sowie auf Bodenorganismen im Nahfeld. Die Auswirkungen sind jedoch von sehr kleiner Skala. Die kurzzeitigen Schallemissionen an der Oberfläche sind gedämpft, da die Sprengung im Untergrund erfolgt. Insgesamt ist zu erwarten, dass das Ökosystem nur in sehr begrenztem Umfang beeinflusst wird und die Veränderungen innerhalb weniger Wochen auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert sind.

Sprengseismische Untersuchungen sollten möglichst nicht in der Fortpflanzungszeit antarktischer Tiere durchgeführt werden bzw. ein so großer Abstand eingehalten werden, dass keine schädlichen Veränderungen für Arten oder Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität davon ausgehen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigen von Tieransammlungen durch Verwendung von Sprengstoffen und Menschen zu Fuß, Schädigen von Ansammlungen von Landpflanzen durch Niedertreten oder auf andere Weise; § 17 Abs. 1 Nr. 2 c, d, e AUG).

Seismische Untersuchungen sollten in und in der Nähe von Gebieten, in denen sich Tiere aufhalten, vermieden werden bzw. so viel Abstand eingehalten werden, dass keine Tiere oder Tieransammlungen beunruhigt werden. Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollten vermieden werden. Markierungen sind nach der Messung wieder zu entfernen.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird Sprengseismik als **bedingt vertretbar** (Gruppe C) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

Bei Einsatz zusätzlicher logistischer Mittel (Fahrzeuge o.ä.) sind weitere Schutzgüter betroffen (vgl. Kapitel 3.5).

3.3.2.2.7 Magnetotellurik

Die Magnetotellurik ist ein passives geophysikalisches Verfahren, das die natürlichen elektromagnetischen Felder für die Untersuchung der Leitfähigkeitsverteilung des Untergrundes (Erdkruste und des oberen Erdmantels) verwendet (Tikhonov, 1950). Aus dem Verhältnis von Magnetfeld und Elektrischem Feld (Impedanz) lässt sich die scheinbare Leitfähigkeit des Untergrundes als Funktion von Frequenz und Zeit messen. Hochfrequente Signale werden im leitfähigen Material (im Boden) stärker gedämpft als niederfrequente Signale, deshalb kann man mit verschiedenen Frequenzen unterschiedlich Tiefenbereiche erkunden. Mit Hilfe von Sondenpaaren entlang zweier zueinander orthogonaler Strecken werden die elektrischen Felder an der Erdoberfläche erfasst. Die Sonden werden im Boden verankert.[9] Über Eis ist der Transport der Instrumente mit Skidoos und Pistenbully, über Land zu Fuß oder in entlegenen Gebieten mit Helikopter zu bewerkstelligen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Während der Auf- und Abbauphase können Tier- und Pflanzenarten oder Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität verändert werden (§ 3 Abs. 4 Nr. 4

[9] Das Verfahren ist auch marin anwendbar (z. B. Harron *et al.*, 2016), allerdings sind dann zusätzliche akustische Positionierungssysteme notwendig.

AUG). Das passive Messverfahren lässt keine Auswirkungen auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG besorgen.

Die Tätigkeit wird von einzelnen Personen oder kleinen Arbeitsgruppen durchgeführt, ist zeitlich befristet und lokal sehr begrenzt, weshalb gesamtheitlich nur weniger als geringfügig oder vorübergehende Auswirkungen zu besorgen sind.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigen von Tieransammlungen; Schädigen von Ansammlungen von Landpflanzen; § 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e AUG).

Bei der De-/Installation der Vorrichtung werden möglicherweise Tiere beunruhigt und Vegetation geschädigt. Beim Einrichten (Aufstellen oder Vergraben) der Sonden und Induktionsspulen sollte darauf geachtet werden, dass keine empfindlichen Ökosysteme (z. B. mit Vegetation) oder Schutzgebiete betroffen sind, auch sollte dies nicht in der Nähe von Vogel- oder Robbenkolonien geschehen.

Schädigungen von Landpflanzen durch Niedertreten sollte vermieden werden. Zu Ansammlungen von Vögeln sollten die entsprechenden Mindestabstände eingehalten werden.

Entsprechend der Beurteilungskriterien nach Carstens *et al.*, (1999) wird Magnetotellurik als **eingeschränkt unbedenklich** (Gruppe B-2) eingestuft (Kapitel 2.1.5).

3.3.2.2.8 Ground/Ice Penetrating Radar (GPR/ICR)

Das *Ground Penetrating Radar* bzw. *Ice Penetrating Radar* sind ein aktive geophysikalische Verfahren zur zerstörungsfreien Vermessung von Bodenstrukturen, Eisdicken und – strukturen sowie räumlicher Schneeakkumulation. Mit Hilfe elektromagnetischer Wellen können die oberen Schichten der Erdkruste geophysikalisch vermessen werden. Die hochfrequenten, elektromagnetische Wellen (beispielsweise *Radar Unit Pulse Repetition Frequency*: 100 kHz. Antennen Frequenz: 80/160/450/750 MHz) werden von verschiedenen Strukturen im Eis und im Boden unterschiedlich reflektiert. Messeinheiten empfangen zurückgeworfenen Signale und interpretieren diese.

Mittels GPR bzw. IPR konnten bislang z.B. 3D-Bilder der geologischen Strukturen vom Untergrundes des Whillans Ice Stream in der Westantarktis, dem Ross Ice Schelf und innerhalb der Dry Valleys (Arcone *et al.*, 2002; Christianson *et al.*, 2013; MacGregor *et al.*, 2011) zur Interpretation geologischer Zeiträume erstellt werden. GPR und ICR können von verschieden Trägersystemen (Skidoo, Pistenbully, Flugzeug) und auch von Hand/zu Fuß betrieben werden.

Derzeit liegen keinerlei Untersuchungen über die Auswirkungen der hochfrequenten Schallwellen auf die antarktische Eis- und Bodenstruktur oder Bodenfauna vor.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Begründung: Betroffenes Schutzgut ist die Gletscherumwelt. (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 AUG).

Nach heutigem Kenntnisstand sind keine negativen Auswirkungen durch das GPR/ICR zu besorgen. Einsatzortabhängig sind ggf. Abstände zu Tieransammlungen einzuhalten und das Niedertreten von Landpflanzen zu vermeiden sowie SCAR's *Environmental Code Of Conduct For Terrestrial Scientific Field Research In Antarctica* (2009) zu folgen.

Alternativen sind Bohrungen, die insbesondere bei größeren Tiefen größere Auswirkungen durch die Begleitlogistik besorgen lassen.

3.4 Touristische Aktivitäten

3.4.1 Definition

Es gibt bisher keine einheitliche Definition von „Tourismus“ im AV-System, der Begriff „Tourismus“ wird weder im USP noch im Antarktisvertrag verwendet. In der Regel wird in der Umsetzung zwischen touristischen und anderen nicht-staatlichen Tätigkeiten differenziert und diese den wissenschaftlichen Aktivitäten und deren Logistik gegenüber gestellt. Wissenschaftliches und deren logistisches Personal („*members of the staffs accompanying any such persons*“ einschließlich militärischer unterstützender Kräfte - *military personnel*) von Forschungsstationen,–schiffen und –projekten sowie Beobachter des AV-Systems (*observer*) in ihrer Freizeit müssen bei der Durchführung von Freizeitaktivitäten ebenso Verhaltensrichtlinien (vgl. Kapitel 3.4.8) befolgen.

Eine unterteilte terminologische Kategorisierung in „Besucher“ und „Tourist“ schlagen Vöneky & Wisehart (2016) vor, wobei „Besucher“ als übergeordneter Begriff zu verstehen ist. Der Begriff umfasst dort Antarktisreisende, die einer beruflichen Tätigkeit nachgehen (z. B. Berufsfotografen, Crew), Personen, die zum Freizeitzweck die Antarktis bereisen sowie wissenschaftliches und logistisches Personal, *observer* oder Angehörige der Streitkräfte während ihrer Freizeit in der Antarktis.

Diesem Vorschlag wird hier nicht gefolgt, denn hinsichtlich der zu besorgenden Auswirkungen durch eine Aktivität auf die antarktischen Schutzgüter ist die Motivation (z. B. Kommerz, Vergnügen, Wohlfahrt, Umweltschutz) unwesentlich.

Daher gelten hier alle Aktivitäten, die nicht wissenschaftlich sind oder damit im Zusammenhang stehen (Logistik) als touristische Aktivitäten.

3.4.2 Entwicklung der Tourismuszahlen und –formen seit Carstens *et al.* (1999)

Die Tourismuszahlen sind seit den 1990er Jahren deutlich angestiegen und das Spektrum touristischer Aktivitäten hat sich seitdem stark erweitert. Persönliche Reiseberichte und mediale Dokumentationen haben die Antarktis als Reiseziel in das öffentliche Bewusstsein gerückt und die Antarktis zu einer erreichbaren Destination gemacht.

Die meisten Touristen und Touristinnen kommen mit Kreuzfahrtschiffen in die Antarktis, wobei einzelne Kreuzfahrtschiffe eine Kapazität von bis zu 3.000 Personen besitzen. In der Saison 2000/2001 besuchten 12.248 Passagiere die Antarktis (aus Deutschland: 1.550), in der Saison 2015/2016 waren es insgesamt 39.037 Passagiere (aus Deutschland: 1.479; IAATO *tourism statistics*).

Die bisher höchsten Touristenzahlen wurden in der Saison 2007/2008 mit rund 46.000 Passagieren erreicht (Abbildung 6). In den Folgejahren fiel die Zahl u. a. wegen der internationalen Wirtschaftskrise wieder. Im Jahr 2011/2012 kam es aufgrund des Schwerölverbots (*heavy fuel oil ban*) der International Maritime Organisation (IMO; MEPC 60/22) zu einem kleineren Einbruch der antarktischen Kreuzfahrtaktivitäten. Seitdem darf im Sondergebiet (im Sinne von Annex I MARPOL) südlich von 60° Süd Schweröl weder verwendet noch mitgeführt werden. In den Folgejahren haben sich die Reiseveranstalter darauf eingestellt und kalkulieren nun ihren Treibstoffvorrat entsprechend, so dass vor Erreichen der Antarktis das Schweröl verbraucht ist. Die Schiffzahlen steigen wieder. Die Analyse der Tourismusstatistik der letzten Jahre gibt keine Hinweise darauf, dass der Aufwärtstrend beendet ist. Im Gegenteil, zunehmende Zahlen sind durch neue Märkte in Asien und Russland zu erwarten. Das Maß des Antarktistourismus eines Landes korreliert stark mit der jeweiligen wirtschaftlichen Entwicklung der entsprechenden Nation, was momentan den steigenden Anteil von Touristen und Touristinnen aus China erklärt (Bender *et al.*, 2016). Der Internationale Verband der Antarktisreiseveranstalter IAATO (*International Association of Antarctic Tour Operators*) rechnet stetig mit einem 3 % Anstieg der Tourismuszahlen pro Jahr (Wellmeier, 2013). In den kommenden Jahren ist daher damit zu rechnen, dass wieder mehr als 40.000 touristisch motivierte Personen pro Saison die Antarktis besu-

chen. Weitere Veranstalter (Scenic Tours, Hurtigruten, Silver Sea) planen in den nächsten Jahren zusätzliche Schiffe in der Antarktis zu operieren. Eines davon, „Scenic Eclipse“ wird mit zwei Helikoptern für Inlandtouren und einem 7-Sitzer-Unterwasserfahrzeug ausgerüstet sein.

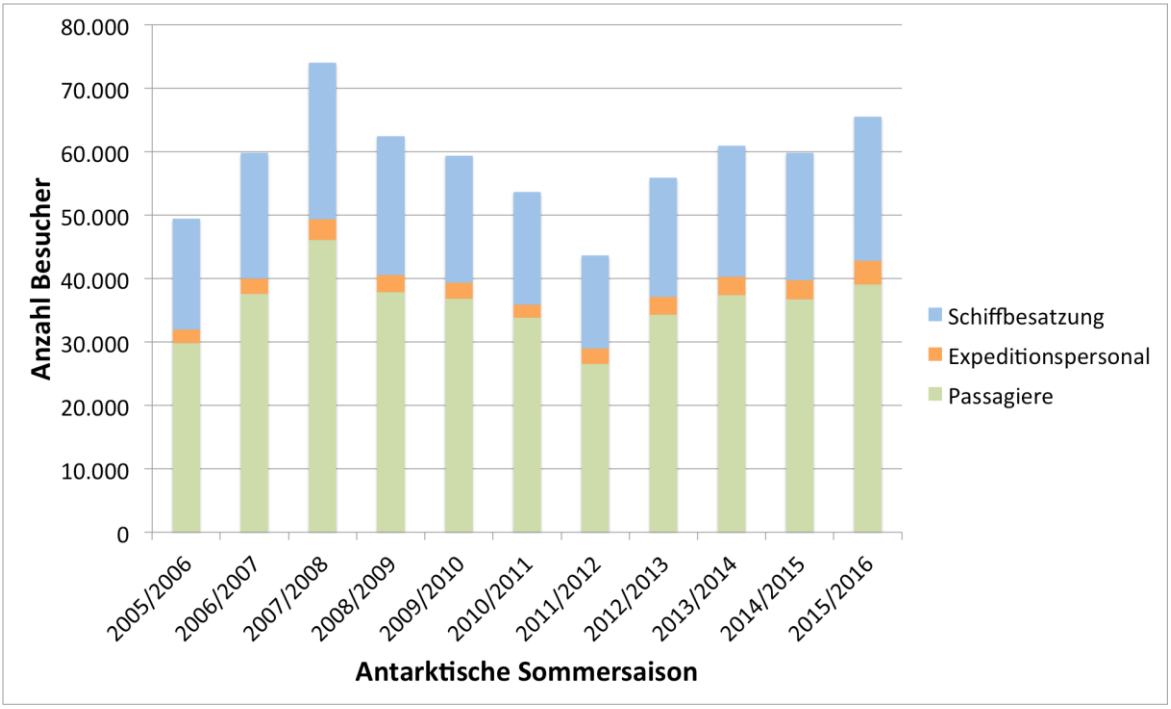
Bei IAATO-Prognosen unberücksichtigt bleiben Schiffe, die dem Verband nicht angehören wie z. B. 2015/2016 das nicht-IAATO organisierte japanische Schiff Asuka II mit 870 Passagieren. Gelegentlich werden von der IAATO prognostizierte Reisen aufgrund von Schiffsausfällen storniert (z. B. 2015/2016: Le Boreal, Ocean Endeavour). Insgesamt ist seit 2005/2006 ein Anstieg der Besuchszahlen um ein Drittel festzustellen (von rund 30.000 auf ca. 40.000 Personen pro Saison). Entsprechend ist die Anzahl der Reiseveranstalter von 15 zurzeit der Saison 2000/2001 auf 40 für die Saison 2014/2015 gestiegen. Der Anteil der Personen aus Deutschland lag in der Saison 2015/2016 bei 7,4 % nach Personen aus USA, Australien, China und dem Vereinigten Königreich. Die Schätzungen der IAATO setzen diesen Trend fort und prognostizieren für die Saison 2016/2017 43.885 Personen (ohne Schiffbesatzungen; Abbildung 6).

Diese Tourismuszahlen wurden und werden von der Tourismusindustrie selbst erhoben. Häufig werden in der Industrie beschäftigte Personen (Schiffbesatzung mit Expeditionsleitung, Personal in Camps, Piloten etc.) in graphischen Darstellungen nicht aufgeführt, so dass der Eindruck einer viel geringeren Besuchszahl entsteht.

Zählt man diese Personengruppe dazu, so haben in den letzten zehn Jahren rund 580.000 Menschen im Kontext touristischer Aktivitäten die Antarktis besucht (Abbildung 6).

Unabhängige belastbare Tourismuszahlen werden von der ATCM nicht bzw. nur unvollständig innerhalb des *Electronic Information Exchange Systems* (EIES) gesammelt. Auf dieser Datenbasis ist es schwierig, tatsächliche Umweltauswirkungen durch touristische Aktivitäten zu beweisen und sinnvolle Regularien zu evaluieren.

Abbildung 6: Entwicklung der Besuchsanzahlen in der Antarktis für Passagiere, Expeditionspersonal und Schiffbesatzung von Kreuzfahrtschiffen, Yachten und landgestützte Expeditionen der letzten 10 Jahre



Quelle: ATCM 37 2014 IP 45 rev. 2; ATCM 38 2015 IP 53; html://www.iaato.org/tourism-statistics; Mayer, 2014)

In der Saison 2015/2016 fuhren 55 Schiffe und Yachten im Pendelverkehr mit insgesamt 286 Reisen in die Antarktis, in der Saison 2016/2017 werden 62 Schiffe und Yachten mit insgesamt 328 Reisen erwartet (IP 112, ATCM 17, April 2016). Unbekannt ist die erwartete Anzahl der nicht in der IAATO organisierten Yachten und Privatexpeditionen. Sofern diese von IAATO Mitgliedern gesichtet und gemeldet werden, gehen diese nachträglich in die Statistik ein. Es gibt keine Melde- und Datensammelstelle über Privatexpeditionen in die Antarktis. Nachgewiesen sind 227 verschiedene Yachten, die im Zeitraum von 1996 bis 2013 antarktische Gewässer befuhren (Vöneky & Wisehart, 2016).

Ein steigender Trend ist bei den Besuchen ins Innere des antarktischen Kontinents zu beobachten (*deep field tourism*). Für diese Aktivität weniger hundert Personen (Saison 2015/16: 409 Personen; Tabelle 11) wird ein immenser Aufwand an Logistik betrieben, wie etwa die Einrichtung und Pflege von Landepisten auf Eis oder der Betrieb temporärer Camps.

Bis zum Jahr 2000 begrenzte sich der Inlandstourismus auf den Abenteuer- und Individualtourismus, meist als Einzelunternehmung mit dem Ziel Rekorde zu brechen. Inzwischen sind Inlandstouren durch professionelle Reiseveranstalter und Logistikunternehmen als Pauschalreisen buchbar. Selbst individuell Reisende mit Plänen, z. B. zu Erstbesteigung oder Rekordversuch, nutzen heute Logistikunternehmen für maßgeschneiderte Reiselogistik. Die Reiseveranstalter des Inlandstourismus bedienen sowohl weniger sportliche Ambitionierte als auch die Extreme suchende Reisende: Besuch des Südpols und/oder einer Kaiserpinguinkolonie, Ausflug mit Motorfahrzeugen, Marathonlauf, extreme Berg- und Skitouren u. v. m. (Kapitel 3.4.9.2). Tabelle 11 zeigt den gegenwärtigen Trend der Tourismushauptreiseformen.

Tabelle 11: Tourismuszahlen verschiedener Hauptaktivitäten der Jahre 2009-2015 ohne Crew

Tourismusform	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16
Kreuzfahrt mit Anlandungen	21.277	18.534	20.271	23.305	25.526	25.124	27.406
Kreuzfahrt ohne Anlandung	15.026	14.373	4.872	9070	9.670	9.459	8.109
Kombination Kreuzfahrt und Flug mit Landung	345	531	860	1.587	1.848	1.471	2.353
Inlandstourismus mit Fluganreise	233	386	516	354	361	431	531
Yachtreisen	k. A.	500*	370*	320*	318	368	201

* kalkuliert mit 10 Personen pro gesichteter Yacht; (Quelle: ATCM 37 2014 IP 45 rev. 2; ATCM 38 2015 IP 53; html://www.iaato.org/tourism-statistics)

Der Inlandtourismus ist hinsichtlich der Personenanzahl auf den Kontinent verteilt bislang unbedeutend. Dies könnte sich aber ändern, wenn in Zukunft große Flugzeuge im Pendelverkehr verkehren; die ersten Boings 757 landeten bereits auf dem Kontinent. Die argentinische Regierung plant ab 2018 den Linienflugverkehr von Ushuaia auf die Forschungsstation Marambio auf der Insel Seymour

im Weddellmeer einzurichten. Dort sollen dann zehn Prozent der vorhandene Unterkünfte, die bislang Stationspersonal genutzt wurden, Touristen und Touristinnen zur Verfügung stehen.

Die Antarktische Halbinsel mit den Süd-Shetland-Inseln ist das Schwerpunktzielgebiet des Antarktistourismus. Die Region ist relativ leicht von Südamerika per Schiff oder Flugzeug zu erreichen und bietet landschaftliche und biologische Superlative. Nur einzelne Kreuzfahrtreisen finden jährlich auch in anderen Regionen wie der Rossmeerregion statt, da die Anreise länger dauert und der Erfolg ein Ziel zu erreichen aufgrund harscher Wetter- und Eisverhältnisse nicht garantiert ist.

Im Rahmen einer Reise mit dem Schiff, Flugzeug oder auf einer Inlandsexpedition werden von den Teilnehmern weitere unterschiedliche Aktivitäten („Sub-Aktivitäten"; vgl. Kapitel 3.4.9.4) unternommen. In der Saison 2015/2016 wurden 515.475 Sub-Aktivitäten von Touristen und Touristinnen ausgeübt (IAATO *statistics: tourists 488.928; 3.782 staff; 22.765 crew*).

Die häufigste Form einer Sub-Aktivität ist eine Anlandung mit kleinen Booten (Kapitel 3.4.9.4.1). Seit Beginn des Antarktistourismus (1989) wurden ca. 200 Anlandestellen einschließlich Forschungsstationen von Schiff-Touristen und – Touristinnen aufgesucht. Ungefähr ein Viertel dieser Anlandestellen wurde bislang mindestens einmal von mehr als 100 Personen besucht, ein weiteres Viertel wurde nur ein einziges Mal besucht. Die attraktiven Anlandestellen konzentrieren sich auf weniger als 35 Plätze in der Region der Antarktischen Halbinsel (Tabelle 12). Knapp 68 % aller Anlandungen verteilen sich sogar nur auf fünfzehn Stellen (Lynch *et al.*, 2009; Bender *et al.*, 2016).

Einhergehend mit der Verteilung der Anlandungszahlen gibt es Gebiete mit besonders starkem Schiffsverkehr wie an der Süd-West-Küste der Antarktischen Halbinsel (Bender *et al.*, 2016). Gebiete mit besonders starkem Schiffverkehr sind die Gerlache Straße mit dem Errera Kanal, der Neumayer Kanal mit dem Peltier Kanal und der Lemaire Kanal mit der Penola Straße.

Tabelle 12: Meist besuchte Anlandeplätze: Personen pro Gebiet in der Saison 2014/2015

Gebiet	Personen	Gebiet	Personen
Neko Harbor	18.265	Mikkelsen Harbor (D'Hainaut)	3.481
Cuverville Island	17.101	Damoy Point/Dorian Bay	3.082
Goudier Island	16.231	Paradise Bay	2.720
Half Moon Island	14.727	Hannah Point	2.489
Whalers Bay	13.238	Pléneau Island	2.484
Petermann Island	10.321	Port Charcot	2.344
Almirante Brown	10.033	Waterboat Point/Gonzalez Videla Station	2.338
Jougla Point	7.801	Great Wall Station	2.256
Danco Island	7.699	Yalour Islands	2.191
Brown Bluff	7.317	Bellingshausen Station	2.005
Vernadsky Station	5.971	Frei Station	1.904
Telefon Bay	5.082	Gourdin Island	1.885
Aitcho - Barrientos Island	4.771	Arctowski Station	1.834
Orne Harbor	4.590	Baily Head	1.705
Yankee Harbor	4.253	Portal Point	1.699

html://www.iaato.org/tourism-statistics

3.4.3 Selbstorganisation der Antarktis-Reiseveranstalter: IAATO

Nahezu alle Reiseveranstalter sind in der IAATO organisiert. Ca. 95 % aller kommerziellen Schiffsaktivitäten werden von IAATO Mitgliedern durchgeführt und ca. 90 % aller touristischen Besucher und Besucherinnen werden von Unternehmen der IAATO in die Antarktis gebracht (Lynch *et al.*, 2009).

Ziel der IAATO ist nach eigenem Standpunkt die Durchführung sicherer und umweltverträglicher Antarktisreisen („*to advocate and promote the practice of safe and environmentally responsible private-sector travel to the Antarctic*"). Zur Umsetzung des sicheren und umweltverträglichen Antarktistourismus wurden von der IAATO eine Reihe von Richtlinien (*guidelines*) für Besucher und Besucherinnen sowie Reiseveranstalter herausgegeben. Diese touristischen Leitfäden werden kontinuierlich den heutigen Tourismusformen angepasst und ergänzt, z. B. Zelten an Land, Benutzung von Drohnen, Vorbeugung der Einschleppung nicht-heimischer Arten, Kayaking und Tauchen.

IAATO-Reiseveranstalter unterstützen regelmäßig wissenschaftliche und Naturschutzprojekte. So wurden in der Saison 2014/2015 über 50 Wissenschaftler und deren Ausrüstung unter günstigen Konditionen von Kreuzfahrtschiffen transportiert. Probenahme bei wissenschaftlichen Untersuchungen werden regelmäßig unterstützt ebenso wie Monitoring-Projekte (z. B. Wal-Kataloge). In der vergangenen Dekade wurden über 4 Millionen US$ von Antarktis-Touristen und - Touristinnen für Wissenschafts- und Naturschutzprojekte in der Antarktis und subantarktischen Gebieten gespendet (*IP 84, 2015; ATCM XXXVIII CEP XVIII*).

Dennoch, die IAATO ist ein Zusammenschluss kommerziell ausgerichteter Unternehmen, der in der Vergangenheit bereits mehrfach die Satzung dem sich ändernden Tourismusaktivitätsprofil angepasst hat. Eine der ersten Änderungen war die Aufnahme großer Kreuzfahrtschiffe („mehr als 500 Passagiere") in die Gemeinschaft der „Tourismusunternehmen, die die Sicherheit und einen umweltverträglichen Tourismus in der Antarktis fördern". Ebenso wird der Austausch von Passagieren im AV-Vertragsgebiet heute von der IAATO nicht mehr kategorisch abgelehnt, sondern als wachsender Sektor gesehen und nach einer *best practise* gesucht.

Die IAATO unterhält ein Buchungssystem (*ship scheduler*), damit sich Schiffe möglichst wenig begegnen und der Schein der abgelegenen Wildnis Antarktis gegenüber dem Passagier erhalten bleibt. Durch die Absprachen unter den Reiseveranstaltern kommt es an den Anlandestellen nicht zu Wartezeiten und die maximale Auslastung im Rahmen der *site guidelines* kann ausgeschöpft werden.

Die Aufstellung und Einhaltung eigener Richtlinien für verschiedene Aktivitätsformen minimieren sicherlich die potentiellen negativen Effekte, sind aber ein Produkt des gestiegenen Druckes auf die antarktische Umwelt aufgrund des zunehmenden Tourismus an Anzahl und Form. Die pro-aktive Entwicklung von Leitfäden zu neuen Aktivitätsformen dient vermutlich nicht nur dem Schutz der antarktischen Umwelt, sondern mag generellen Verboten durch die AV-Staaten vorgreifen und kommerzielle Interessen sichern. So wurde 2014 z. B. ein Leitfaden zum Einsatz von *unmanned aerial vehicles* UAV („Drohnen") von der IAATO ausgearbeitet. Nach Mitgliederbeschluss wurde die Nutzung von UAVs für die Saison 2015/2016 ausgesetzt, um auf der nächsten Versammlung weiter über technische Entwicklungen und mögliche Einsatzbedingungen zu diskutieren (*IAATO Draft Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Guidelines July, 2015*).

In diesem GL-Entwurf untersagt die IAATO „Freizeitflüge" in Küstengebieten, erlaubt aber den Einsatz von UAVs für wissenschaftliche oder kommerzielle Zwecke sowie im Inland und an Schelfeisküsten, sofern für die Flüge die Autorisierung durch eine nationale Autorisierungsbehörde vorliegt. Zusätzlich wird ausdrücklich erwähnt, dass der Einsatz von Drohnen für die Reiseleitung extrem nützlich sein könnte. Im darauf folgenden Jahr (und somit in der Saison 2016/2017 gültig) wurden diese Richtlinien lediglich zu einer Stellungnahme der IAATO (*statement on the use of unmanned aerial vehicles*, Mai, 2016) umgewandelt.

Fraglich ist an dieser Stelle, wie der „wissenschaftliche“ Einsatz der UAVs durch die IAATO definiert wird, da der Verband selbst keine Befugnis zur Einflussnahme auf nationale Forschungsprogramme hat. Insgesamt zeigt diese Stellungnahme die potentiellen Eigeninteressen der Reiseveranstalter.

Insgesamt zeigt diese Stellungnahme die deutlichen Eigeninteressen der Reiseveranstalter. Diese können die aus der Luft aufgenommenen Foto-/Videoaufnahmen an Bord verkaufen oder für Marketingzwecke einsetzen, wohingegen Passagieren der Einsatz seitens der IAATO verwehrt wird.

Das eigentliche Tourismusprodukt ist in den vergangenen Jahren nicht umweltverträglicher geworden. Der Anspruch „Botschafter der Antarktis“ zu schaffen, die sich nach der Reise für den Schutz der Antarktis einsetzen, ist in Zeiten des Klimawandels und den Emissionen der steigenden Anzahl von Schiffen und Flügen (innerhalb des AV-Gebietes als auch zum Reisestartpunkt) zum Paradoxon geworden (Amelung & Lamers, 2007; Eljgelaar *et al.*, 2010).

3.4.4 Reisezeit

Die Reisezeit hat sich seit den 1990er Jahren von einer Hauptreisezeit im Januar und Februar beginnend Mitte November und endend Anfang März, auf eine Saison von Ende Oktober bis Ende März/Anfang April ausgedehnt mit Spitzenzeiten im Dezember und Januar. An der Antarktischen Halbinsel hat die winterliche Meereisausdehnung abgenommen (Notz, 2014). Für touristische Unternehmungen ist daher zu erwarten, dass die Saison sich verlängert und die Region ausgeweitet wird, die in den Sommermonaten über Wasserwege besucht werden kann. Bisher weitgehend ungestörte Tierkolonien können so zunehmend frequentiert werden, wenn Kreuzfahrtschiffe und Yachten in südlichere Regionen vordringen. Die Tourismussaison verläuft zeitgleich mit der Phase, in der Robben und Vögel an Land kommen, um sich fortzupflanzen, ihre Jungen zu säugen bzw. zu füttern, das Fell oder Gefieder zu wechseln, in der Wale präsent sind, da sie in den Gewässern der Antarktis reichlich Nahrung finden, und die kärgliche Landvegetation ihre kurze Wachstumsperiode hat (vgl. Kapitel 3.4.2.2).

3.4.5 Touristische Aktivitäten im AV-System

Tourismus ist eine friedliche Nutzung der Antarktis. Die Antarktisvertragsstaaten sind sich des zunehmenden Umweltdrucks durch touristische Aktivitäten und des steigenden Sicherheitsrisikos bewusst (*ATCM XXXII CEP XII Baltimore, Resolution 7, 2009: General principles of Antarctic Tourism; ATCM XXXVII CEP XVII Brasilia, Resolution 6, 2014: Toward a Risk-based Assessment of Tourism and Non-governmental Activities*). Auf der jährlichen Vertragsstaatenkonferenz (ATCM) hat sich die Anzahl der tourismusrelevanten Beschlüsse in den fünfzehn Jahren seit Carstens *et al.* (1999) verfünffacht: von 1966 bis 1999 verabschiedete die ATCM 0,4 entsprechende Dokumente pro Jahr, in den Jahren 2000 bis 2014 waren es durchschnittlich zwei pro ATCM (*adopted, effective; Antarctic Treaty Database*, aufgerufen am 26.08.2014). Die Regulierung und Genehmigung touristischer Aktivitäten wird international diskutiert. Es bestehen unterschiedliche Standpunkte hinsichtlich der Interpretation und Anwendung des USP. Während einerseits argumentiert wird, dass touristische Aktivitäten nur genehmigungsfähig seien, wenn sie maximal „geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen“ auf die antarktische Umwelt haben, wird andererseits angenommen, dass touristische Aktivitäten nach dem USP grundsätzlich nicht verboten werden können, da Auswirkungen durch touristische Einzelaktivitäten nicht hinreichend schwerwiegend und lang andauernd sind.

Eine umfassende Analyse der nationalen und internationalen rechtlichen Instrumente und Möglichkeiten den Tourismus zu regulieren geben Vöneky & Wisehart (2016). Insbesondere wird in dieser Studie deutlich, dass die Notwendigkeit besteht, die Umweltfolgenabschätzung (*Environmental Impact Assessment*, EIA) rechtlich weiterzuentwickeln, um kumulative Umweltauswirkungen zu erfassen.

Ortspezifische Richtlinien (*Site guidelines*) sollen helfen, die Überfrequentierung bestimmter Gebiete zu vermeiden bzw. deren Folgen zu verringern. Allerdings werden Wege gefunden, die Beschränkungen von *site guidelines* zu dehnen: Schiffe mit mehr als 500 Passagieren – die nicht anlanden dürfen- fahren so nah wie es sicherheitstechnisch möglich ist, an die Anlandungsgebiete Half Moon Island, Cuverville Island, Danco Island oder Peterman Island heran. Küstennah verweilten die Schiffe bei laufenden Maschinen für ca. eine Stunde zur Beobachtung der Pinguinkolonien an Land.

Auf diese Weise wird die Beschränkung „keine Anlandung von mehr als 2 Schiffen pro Tag und keine Anlandung von Schiffen mit mehr als 500 Passagieren“ zwar eingehalten, aber eine zusätzliche Belastung durch das Schiff erzeugt (vgl. Kapitel 3.5.3.8). Pinguine und Robben, die zu oder von ihren an Land befindlichen Brut- und Ruhestätten schwimmen oder tauchen wollen, können durch die Anwesenheit eines großen Kreuzfahrschiffes (und dessen Lärm unter Wasser) eine zusätzliche Zeitdauer zu den regulär anlandenden Schiffen vergrämt werden. Für fliegende Vögel ist aus anderen Regionen bekannt, dass sie wegen Schiffsverkehr von Gebieten fern bleiben (Schwemmer *et al.*, 2011).

Die Idee der *Site guidelines* ist, die unterschiedliche Sensibilität der Anlandestellen, z. B. aufgrund des Platzangebotes oder der dort vorkommenden Arten, zu berücksichtigen. Allerdings besteht kein ATCM abgestimmtes Monitoring-Programm im AV-Gebiet bezüglich der Auswirkungen touristischer Aktivitäten. Bekannte Effekte werden von der Tourismusindustrie selbst oder der US-amerikanischen Nicht-Regierungsorganisation (NGO) *Oceanites* mit starken Verbindungen zu IAATO veröffentlicht. Es gibt kein von CEP oder ATCM abgestimmtes System sowie keine abgestimmten Kriterien, was eine Anlandungstelle zu einer „sensiblen“ oder „weniger sensiblen“ Anlandestelle macht. Ein erster Vorstoß zur Erarbeitung eines entsprechenden Systems wurde auf der ATCM 2016 gemacht (ATCM 39, WP 16, *A methodology to assess the sensitivity of sites used by visitors: prioritising future management attention*). Derzeit wird ein von *Oceanites* eingeführtes 9-Kriteriensystem benutzt. Die Datenerhebung ist lückenhaft. So konnten etwa von Autoren dieser Studie beim einmaligen Besuch der Anlandestelle Detaille Island Brutnachweise erbracht werden, die in den *Site guidelines* noch nicht erfasst wurden. Andererseits werden Anlandestellen wie Half Moon Bay als wenig sensible eingestuft und für große Passagierzahlen frei gegeben, obwohl es nach Einschätzung der Autoren ein sehr sensibles Gebiet gegeben wäre: Half Moon Island beherbergt die einzige gut zugängliche Zügelpinguinkolonie der Region.

3.4.6 Bündelung der Tourismusformen für die vorläufige Bewertung

Carstens *et al.* (1999) unterteilen die Tourismusformen in vier Gruppen: Kreuzfahrttourismus (mit Anlandung und Schlauchbooteinsatz zur Anlandung oder Rundfahrt), Yachttourismus, Flugtourismus und Extremsport (Individual- und Abenteuertourismus). Diese transportbasierte Einteilung ist durchaus berechtigt, jedoch stieg in den vergangenen Jahren die Häufigkeit und Formenvielfalt an zusätzlichen Aktivitäten (Sub-Aktivitäten) innerhalb der oben genannten Hauptformen stark an. Eine diesbezügliche Unterteilung der Tourismusformen ist nach unserer Auffassung zur Bewertung potentieller Umweltauswirkungen nicht mehr sinnvoll. Ebenso ist die Differenzierung nach Motivation („kommerziell“ oder „Freizeit“) mit Blick auf die potentiellen Auswirkungen ohne Bedeutung.

Touristische Aktivitäten in der Antarktis sind immer eine Kombination mehrerer Aktivitäten, was Lamers *et al.* (2008) als *Antarctic tourism opportunity spectrum* (ATOS) bezeichnen. In der vorliegenden Studie wird die Kombination unterteilt in Hauptaktivitäten und in Sub-Aktivitäten. Touristische Aktivitäten nutzen heute nicht nur ein Transportmittel, sondern kombinieren – mit Ausnahme der großen Schiffe ohne Anlandung und Überflüge ohne Landung – verschiedene Fortbewegungsmittel. Zusätzlich wird mannigfaltiges Sportgerät eingesetzt. Die Entwicklung geht zum einen in Wachstum zu größer und zahlreich werdenden Unternehmungen als auch zur Entwicklung eines breiteren Angebotes von Nischenprodukten (Lamers *et al.*, 2008; Bender *et al.*, 2016). Die Möglichkeiten auf die antarktische Umwelt einzuwirken, sind dadurch vielschichtiger geworden.

Zur vorläufigen Bewertung der touristischen Aktivitäten werden diese wie folgt gebündelt (vgl. Kapitel 2.2.1):

A. Schiffsgestützt: Kreuzfahrtschiffe aller Größen einschließlich Yachten und Passagierwechsel im AV-Gebiet

B. Inlandexpeditionen: individual und professionell organisiert

C. Flugtourismus: Flüge mit Landung und Überflug

D. Sub-Aktivität: verschiedene Sportarten, Erlebnisprogramme, Sonderveranstaltungen; innerhalb der Hauptaktivitäten A-C durchgeführt

Die Bündelung erfolgt anhand ähnlicher Charakteristika der Aktivität und deren potentiellen Auswirkungen auf die antarktische Umwelt. Die vorläufige Bewertung in den folgenden Kapiteln erfolgt für jede Aktivität, unabhängig von einer bestimmten Reise, Reiseroute etc. und der Kombination mit anderen Aktivitäten.

3.4.7 Art der Auswirkungen

Es ist international Konsens, dass Tourismus in der Antarktis negative Auswirkungen auf die antarktische Umwelt mit ihrer Flora und Fauna und für die Ausübung wissenschaftlicher Forschung haben kann (*ATCM XXX CEP X, New Delhi Resolution 4, 2007*).

Die potentiellen negativen Auswirkungen touristischer Aktivitäten sind im Wesentlichen:

- nachteilige Wirkung auf Klima- und Wetterverhältnisse (§ 3 Abs. 4 Nr. 1 AUG) durch klimawirksame Abgase der Transportmittel,
- erhebliche nachteilige Wirkung auf die Luft- und Wasserqualität (§ 3 Abs. 4 Nr. 2 AUG) durch Emissionen der Transportmittel (Antifoulingfarbe, Abfälle, Abwasser, Abgase),
- erhebliche Veränderungen der atmosphärischen, Land-, Wasser-, Gletscher-, oder Meeresumwelt (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 AUG) durch Infrastruktur an Land und Betrieb/Emissionen der Transportmittel,
- erhebliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4 AUG) etwa durch Trittschäden und Unterschreiten von Mindestabständen,
- zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 5 AUG) etwa durch Einschleppen nicht-heimischer und Verschleppen nicht-regionaler Arten oder durch Sub-Aktivitäten wie Drohneneinsatz und Unter-Wasserlärm durch Schiffverkehr
- Schädigung oder erhebliche Gefährdung der Gebiete von biologischer, wissenschaftlicher, historischer, ästhetischer Bedeutung oder der Gebiete mit ursprünglichem Charakter (§ 3 Abs. 4 Nr. 6 AUG) z. B. bei Anlandungen,
- sonstige erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosysteme (§ 3 Abs. 4 Nr. 7 AUG) etwa durch Zunahme der Sub-Aktivitäten und Kombinationen mehrerer Aktivitäten und Schiffverkehr,
- schädliches Einwirken auf die antarktische Tier- und Pflanzenwelt (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 und 2 a, b, d, e, f AUG), z. B. Trampelpfade, Beunruhigung und Störung von Tieren durch Lärm der Transportmittel und Unterschreiten von Mindestabständen durch Transportmittel oder Personen, Schiffsbeleuchtung,
- Verbringen von Stoffen und Erzeugnissen (§§ 20 ff. AUG) durch Hinterlassen von flüssigem und festem Abfall aus dem Schiffbetrieb oder Infrastruktur an Land,
- Behinderung wissenschaftlicher Aktivitäten,
- Verlust ästhetischer Werte,
- kumulative Auswirkungen.

Alle Aktivitäten werden bei der Bewertung der Umweltauswirkungen im Rahmen des AUG einzeln und für sich betrachtet. Einige Orte sind durch touristische Aktivitäten verschiedener Unternehmungen überfrequentiert. Folgende Auswirkungen durch Tourismus sind bereites bekannt: gesteigerte Erosion des Bodens, Trampelpfade, Beunruhigung und Störung von Tieren, Zerstörung von Vegetation, Verlust historischer und fossiler Relikte, Einschleppen ortsfremder Arten, (vgl. Site Guidelines: Resolution 2 (2016) - ATCM XXXIX - CEP XIX) und langfristige und kumulative Auswirkungen (Resolution 5 (2007) - ATCM XXX - CEP X, New Delhi).

Nachweise, dass touristische Unternehmungen ggf. für Veränderungen von Brutzahlen verantwortlich sind, sind nur langfristig zu erbringen. Derzeit überwiegen Kurzzeitstudien mit dem Fokus auf „Annäherung durch Menschen zu Fuß“. Bei Pinguinen unterliegt der Bruterfolg starken interannuellen Schwankungen, die bedingt sind von starkem Schneefall zu Beginn der Brutsaison und weiteren intra- und interspezifischen Interaktionen sowie Nahrungsangebot und ortsspezifischen Besonderheiten (Patterson, 2001; Trathan et al., 2008). Allerdings reagieren viele Vogelarten zu Beginn der Brutzeit empfindlicher auf Störungen durch Menschen. Ist mit dem Brutgeschäft begonnen, scheint der Bruterfolg nicht mehr signifikant beeinflusst von Menschen (Trathan *et al.*, 2008; Villanueva, *et al.*, 2014). Schuster (2010) gibt eine Literaturübersicht zu Studien, die menschliche Einflüsse auf Pinguine im Zeitraum von 1971 bis 2008 untersuchten. Die Mehrheit der insgesamt 29 Studien stellte Pinguinreaktionen fest, die von Veränderung der Herzschlagrate und Körpertemperatur bis zu Veränderungen beim Bruterfolg reichen (Adeliepinguin: 16 Studien, 13x menschliche Einflüsse; Eselspinguin: 5 Studien, 3x menschliche Einflüsse; Zügelpinguin: 3 Studien, 3x menschliche Einflüsse; Kaiserpinguin: 5 Studien, 4x menschliche Einflüsse aus Schuster, 2010). Die Metastudie von Tin *et al.* (2009) stellt heraus, dass negative Einflüsse auf die antarktische Flora und Fauna durch menschliche Aktivitäten sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig sind und für verschiedene Arten verschieden wirken. Der Beginn der Brutzeit und die Mauserzeit sind zeitliche Variablen, die das Ausmaß einer Reaktion eines Pinguins auf menschliche Annäherung beeinflussen, ebenso reagieren Tiere verschiedenen Lebensalters unterschiedlich auf gleiche menschliche Störungen, auch kann es zu Gewöhnungseffekten kommen (Martin *et al.*, 2004; SCAR, 2008; Villanueva, *et al.*, 2014). Es gibt keine einheitliche Vorgehensweise, um anthropogenen Stress auf Wildtiere zu evaluieren, da derartige Untersuchungen sehr stark von der konkreten Fragestellung und den Randbedingungen abhängen (Tarlow & Blumstein, 2007). Festzuhalten ist außerdem, dass an einigen Orten für bestimmte Arten kaum Effekte durch menschliche Aktivität Schallsignale en nachweisbar waren, während anderorts deutliche Veränderungen sichtbar wurden (SCAR, 2008).

Die Anwesenheit von Menschen und von Menschen errichteter Strukturen verändert den eigenen und messbaren ästhetischen Wert der Antarktis (Summerson & Bishop, 2012). Im Streben „unberührte Natur“ anzubieten, dringt der Antarktis-Tourismus daher zwangsläufig in ursprüngliche Regionen vor.

Prinzipiell sollten touristische Aktivitäten in der Antarktis nicht isoliert betrachtet werden, da sie ein Teil kumulativer Effekte sind. Verschiedene menschliche Aktivitäten in der Vergangenheit, Gegenwart und unmittelbarer Zukunft haben einen räumlichen und zeitlichen Einfluss auf das Ökosystem in einem Gebiet (Pfeiffer & Peter, 2003).

3.4.8 Mitigationsmaßnahmen

Die Möglichkeiten zur Minimierung negativer Umweltauswirkungen sind sehr zahlreich und so vielfältig wie die Anzahl der touristischen Aktivitäten, der verschiedenen Orte und Jahreszeiten und deren Kombinationsmöglichkeiten miteinander sowie die Art der Durchführung. Daher ist es unabdingbar, dass eine Reise mit allen ihren Aktivitäten gut geplant und vorbereitet ist (Art. 3 Abs. 2 USP).

Viele *guidelines* basieren darauf, dass „richtig“ auf Verhalten von Tieren reagiert wird und Personen entsprechend gelenkt werden. Zahlreiche Antarktisbesuche sind kein Garant für das Verständnis

ökologischer Zusammenhänge und der Fähigkeit, Störung und Beunruhigung von Tieren und sensible Boden- und Pflanzengemeinschaften zu erkennen. Der Expeditionsleiter sollte daher möglichst biologisch vorgebildet sein und Erfahrung über die Deutung von Verhaltensänderungen antarktischer Tiere besitzen. Außerdem sollte ein Expeditionsleiter in der Lage sein, sensible von unsensiblen Böden zu unterscheiden. Es muss sichergestellt sein, dass dem gesamten Expeditionsteam (Expeditionsleitung, Lektoren, Fahrer/-innen der Anlandeboote) die Verhaltensrichtlinien an Land und im Wasser etwa bei Walsichtungen bekannt sind (§ 33 AUG). Ein Nachweis kann z. B. das *IAATO assessment* für *field staff* sein (s. Kapitel Schlussbetrachtung).

Grundsätzlich sollten die eingesetzten Transportmittel dem Stand der Technik bezüglich Emissionsausstoß und Lärmminimierung entsprechen. Die Regelwerke und Empfehlungen der internationalen Antarktisvertragsgemeinschaft sollten eingehalten werden. Alle Dokumente sind in der Datenbank des Antarktisvertragssekretariats vorhanden und öffentlich abrufbar (http://www.ats.aq). Die Durchsetzung von Mitigationsmaßnahmen bzw. die Möglichkeiten rechtlicher Anwendbarkeit der verschiedenen Dokumentstrukturen (*resolutions, measures, guidelines* etc.) werden von Vöneky & Wisehart (2016) ausführlich dargestellt.

Zentrale Dokumente speziell touristische Aktivitäten betreffend sind

- *Guidelines on contingency planning, insurance and other matters for tourist and other non-governmental activities in the Antarctic Treaty area* (ATCM XXVII CEP VII, Capetown Resolution 4, 2004)
- *Guidelines for Aircraft near concentrations of birds* (ATCM XXVII CEP VII, Capetown Resolution 2, 2004)
- Haftungsregelung für Umweltschäden bei Unfällen (2005 angenommen, aber noch nicht in Kraft, da noch nicht alle Staaten sie innerstaatlich umgesetzt haben)
- *Guidelines for Ballast Water Exchange in the Antarctic Treaty Area, Including Appendix 'Practical Guidelines for Ballast Water Exchange in Antarctic Treaty Area* (ATCM XXIX CEP IX, Edinburgh Resolution 3, 2006)
- *General principles of Antarctic tourism* (ATCM XXXII CEP XII, Baltimore Resolution 7, 2009)
- *Improving the co-ordination of maritime search and rescue n the Antarctic Treaty area* (ATCM XXXIII CEP XIII, Punta del Este Resolution 6, 2010)
- *General Guidelines for Visitors to the Antarctic* (ATCM XXXIV CEP XIV, Buenos Aires Resolution 3, 2011)
- *Non-native Species Manual* (ATCM XXXIV CEP XIV, Buenos Aires Resolution 6, 2011)
- *The Assessment of Land-Based Expeditionary Activities* (ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 9, 2012)
- *Yachting Guidelines* (ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 10, 2012)
- *Information Exchange on Tourism and Non-Governmental Activities* (ATCM XXXVI CEP XVI, Brussels Decision 6, 2013)
- *Toward a Risk-based Assessment of Tourism and Non-governmental Activities* (ATCM XXXVII CEP XVII, Brasilia Resolution 6, 2014)
- *Code of Conduct for Activities within Terrestrial Geothermal Environments* (ATCM XXXVIII CEP XVIII, Sofia CoC, 2015)
- *Site Guidelines for visitors* – regelmäßige Erweiterung.

Des Weiteren sollten der „Leitfaden für Besucher der Antarktis“ des Umweltbundesamtes und die selbstverpflichtenden Richtlinien der IAATO eingehalten werden. Die Einhaltung sollte durch Dokumentation im Nachreisebericht belegt sein. Die Mitgliedschaft eines Veranstalters bei der IAATO ist kein Nachweis.

3.4.9 Beschreibung der touristischen Aktivität und deren vorläufige Bewertung

Für die Einzelaktivitäten wird im Folgenden aufgrund bekannter potentieller Auswirkungen auf antarktische Komponenten eine vorläufige Bewertung abgegeben, ohne eine bestimmte Reise oder Kombination mit anderen Aktivitäten zu benennen. Als antarktische Komponenten wurden für die einsatzunabhängige Bewertung („Stufe 2“) touristischer Aktivitäten gewählt: Luft, Wasser, Boden (Geologie, Fossilien, Organismen), Landpflanzen, Litoral, Meereis, Robben, Wale, Vögel (s. Tabelle 2).

Die abschließende Bewertung einer touristischen Aktivität erfolgt auf Basis der reisespezifischen Besonderheiten wie der Größe der Personengruppen, des Ortes und der Jahreszeit, der Erfahrung der Durchführenden, der Bewertung der Reiseart (Schiff/Flug/Inlandexpedition), der Sub-Aktivitäten und der eingesetzten Logistik.

3.4.9.1 Schiffsgestützter Tourismus

Der touristische Schiffsverkehr in der Antarktis konzentriert sich vor allem in den Sommermonaten in Regionen von besonderem historischem, landschaftlichem und biologischem Interesse, z. B. in der Nähe von Robben- und Pinguinbrutplätzen und Kanalpassagen. Hier kann es insbesondere durch Fahrten verschiedener Unternehmungen zu kumulativen Effekten kommen (ATCM 35, 2012, Bender *et al.*, 2016; Mayer, 2014).

Häufig dienen Schiffe als Ausgangsplattform für weitere Aktivitäten (Sub-Aktivitäten), die im Kapitel 3.4.9.4 beschrieben und vorläufig bewertet werden. Die häufigste mit einer Schifffahrt verbundene Aktivität ist „ Anlandung mit einem Schlauchboot“ (Kapitel 3.4.9.4.1).

3.4.9.1.1 Kreuzfahrt

Traditionell aus der Entwicklung des Antarktistourismus entstanden, erfolgte bisher die Einteilung der Tourismusschiffe in der Antarktis in die Klassen „mehr als 500 Passagiere“, „201-500 Passagiere“, „13-200 Passagiere“ und „Yachten“. Diese Einteilung zur Bewertung der potentiellen Umweltauswirkungen wird von den Autoren dieser Studie nicht mehr als zeitgemäß angesehen. Zum Einen sind für die Qualität und Quantität von Emissionen technische und betriebstechnische Parameter entscheidender als die Anzahl von Passagieren (vgl. Kapitel 3.5.3.8) und zum Anderen ist die Art der Durchführung, z. B. bei einer Anlandung, entscheidender ist als die Anzahl der Passagiere (vgl. Kapitel 3.4.9.4.1).

Der Aufenthalt von Kreuzfahrtschiffen im Antarktisvertragsgebiet beträgt pro Reise zwischen 3-10 Tagen. Kreuzfahrtschiffe führen i. d. R. mehr als eine Reise pro Saison in das AV-Gebiet durch. Die Aktivität findet im Zeitraum einer antarktischen Saison (ca. November bis März) meist mehrfach statt und wird von mehreren Unternehmen gleichzeitig und ähnlich durchgeführt.

Beim „Cruising“ stellt das Kreuzfahrtschiff selbst die Plattform der Aktivität dar. Eine Aktivität ist das Anfahren landschaftlicher Höhepunkte, wobei Schiffsbesuche in bestimmten Gebiete wie die Gerlach Straße und dem Neumayer-Kanal besonders konzentriert sind (Bender *et al.*, 2016).

Die zweite beliebte Aktivität ist das Beobachten von Tieren, in erster Linie Wale, von Bord, wobei das Schiff versucht sich den Tieren zu nähern. Robben und Wale können visuell und akustisch über und unter Wasser beunruhigt werden, insbesondere bei der Beobachtung und Verfolgung mit dem Schiff und bei Verweilen in den Eingangsbuchten von Brutgebieten von Pinguinen und Ruheplätzen von Robben. Bei Fahrten durch Meereis können Robben von ihren Ruheplätzen auf Schollen vertrieben werden.

„Cruising“ dauert normalerweise bei der Beobachtung von Tieren im gleichen (begrenzten) Gebiet weniger als eine Stunde, bei landschaftlichen Fahrten mehrere Stunden bis mehrere Tage in größeren Gebieten (einige Seemeilen). In der Praxis werden Walsichtungen unter den Schiffen kommuniziert, worauf weitere Schiffe dieselbe Tiergruppe anfahren.

Die Einzelwirkungen der Fahrt von Kreuzfahrtschiffen – für unvermeidbare betriebsbedingte Emissionen und das Risiko einer Havarie siehe Kapitel 3.5.3.10.4 – sind die Beunruhigung von Tieren und Tieransammlungen, Unterbrechung von Verhaltensweisen antarktischer Warmblüter (z. B. Fressen, intraspezifische Kommunikation) bis zur Verletzung durch Kollision von Schiff und Tier. Kumulative Auswirkungen aufgrund der Emissionen (flüssige, feste, gasförmige, Schall-) und Störung durch die Anwesenheit des Schiffes sind in stark befahrenen Gebieten zu besorgen.

Vorläufige Bewertung des „Cruising Kreuzfahrtschiff“ nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Von einer erheblichen Veränderung der Schutzgüter kann bei einem einmaligen *Cruising* nicht ausgegangen werden, da die Tätigkeit zeitlich und lokal sehr begrenzt ist.

Die Aktivität „Kreuzfahrt“ ist allerdings nur gesamthaft zu bewerten, d. h. einschließlich des Betriebs des Schiffes sowie weiterer Sub-Aktivitäten.

Auswirkungen, die durch den technischen Betrieb zu erwarten sind, werden in Kapitel 3.5.3.8 beschrieben und bewertet. Weitere Sub-Aktivitäten neben dem hier behandelten „Cruising“ werden in Kapitel 3.4.9.4 beschrieben und vorläufig bewertet.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigung von Vogel- und Robbenansammlungen durch Wasserfahrzeuge; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG).

Durch Einhaltung von Mindestabständen, Reduzierung der Geschwindigkeit und Annährung seitlich im richtigen Winkel können die potentiellen Auswirkungen gemindert werden. Tauchen Tiere in der Nähe des Schiffes auf, sollten - ohne die Geschwindigkeit und den Kurs plötzlich zu ändern - Vorsichtmaßnahmen getroffen werden, um einen Zusammenstoß zu vermeiden (Geschwindigkeit langsam weiter reduzieren, Kurs langsam ändern, anhalten). Die IAATO gibt detaillierte Verhaltens- und Abstandsregeln (*Wildlife watching information, Cetacean Watching Guidelines*), die einzuhalten sind.

Kumulative negative Auswirkungen auf Meeressäuger durch Walbeobachtungsaktivitäten von mehreren Kreuzfahrtschiffen in zeitlicher Folge sind zu besorgen.

Werden dadurch Wale von Kreuzfahrtschiffen länger als einen begrenzten Zeitraum (‹1h) und wiederholt beobachtet und begleitet, werden die potentiellen Auswirkungen (Unterbrechung von Verhaltensweisen) nicht mehr als weniger als geringfügig oder vorübergehend bewertet. Es bestehen Wissenslücken, wo die Belastungsgrenzen der akustischen Belastungen über und unter Wasser für antarktische Warmblüter oder andere marine Arten liegen.

Insgesamt bestehen Wissenslücken hinsichtlich der Auswirkungen von Kreuzfahrttourismus in der Antarktis, insbesondere der kumulativen Folgen.

3.4.9.1.2 Yachtreisen

In diesem Abschnitt werden Aktivitäten betrachtet, bei denen die Yacht selbst die Plattform darstellt. Dazu gehören das Anfahren landschaftlicher Höhepunkte und die Beobachtung von Tieren von Bord.

Potentielle Auswirkungen aufgrund des Betriebes von Yachten werden in den Kapiteln 3.5.3.8 ff. erörtert und vorläufig bewertet.

Eine grundsätzliche Trennung der vorläufigen Bewertung für kommerziell betriebene (i.d.R. wiederholt eingesetzt, erfahrene Crew) und privat genutzte (i.d.R. ein einmalige Reise, gebietsunerfahrene Crew) Yachten wird hier nicht vorgenommen, denn eventuelle Unterschiede hinsichtlich der potentiellen Auswirkungen sind – sofern vorhanden – reisespezifisch und nicht motivationsbedingt.

Ebenso wenig wird hier eine grundsätzliche Unterscheidung für die vorläufige Bewertung von Motor- und Segelyachten, Megayachten sowie anderen Bau-, Antriebsformen und Größen vorgenommen. Die potentiellen Auswirkungen sind wiederum gravierender von der Art der Durchführung, dem Stand der Technik etc. abhängig als von der Größe und Art der Yacht. Zudem fahren Segelyachten in antarktischen Gewässern meist unter Motor (pers. Beob.).

Selbst von Segelyachten können direkt und indirekt nicht zu vernachlässigende Gefahren für die antarktische Umwelt ausgehen. Eine direkte Gefährdung besteht für die antarktischen Tiere und Pflanzen aufgrund mangelnder Kontrolle der einzelnen Unternehmungen sowie Fehlverhalten. Indirekt können negative Folgen für die antarktische Umwelt eintreten durch möglicherweise erforderliche Rettungsaktionen. Pro Person können so größere Gefahren für die Umwelt entstehen, als bei den großen Schiffs- oder Flugreisen (Mayer, 2010).

Schlecht vorbereitete Expeditionen unterschätzen oft die von den besonderen Bedingungen polarer Regionen ausgehenden Gefahren, weshalb es in der Vergangenheit bereits zu Unfällen kam, bei denen Yachten und ihre Besatzung involviert waren. Es ist zum Schutz der Umwelt und zum Schutz der Besatzung unabdingbar, dass alle Yachten höchste Sicherheitsstandards bei der Vorbereitung, Ausrüstung und Durchführung ihrer Reise einhalten.

Yachtreisen konzentrieren sich auf die gleichen Gebiete im gleichen Zeitraum wie der Kreuzfahrttourismus. Robben und Wale können durch Schallemissionen über und unter Wasser beunruhigt werden, insbesondere bei der Beobachtung und Verfolgung mit der Yacht. Es besteht ein Risiko mit schwimmenden und tauchenden Tieren zu kollidieren und Tiere und Tieransammlungen im Wasser zu beunruhigen. Kleine Yachten ankern häufig in den Zugängen von Pinguinkolonien, z. B. Peterman Island, und bleiben dort über mehrere Stunden bis Tage. Ob und inwiefern dies Auswirkungen auf Brut- und Ruheverhalten von Tieren hat, ist unbekannt.

Eine reisespezifische Bewertung einer Yachtreise muss die logistischen Parameter sowie ggf. weitere Sub-Aktivitäten einbeziehen.

Vorläufige Bewertung „Cruising Yacht“ nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Die vorläufige Bewertung kann immer nur ein Einzelereignis erfassen. Von einer erheblichen nachteiligen Veränderung der Schutzgüter ist nicht auszugehen, dass die Tätigkeit zeitlich befristet, lokal begrenzt und vorübergehend ist.

Die Beobachtung von Tieren im Wasser oder auf Eis von Bord ist zeitlich begrenzt. Bei Einhaltung von Mindestabständen und geringer Geschwindigkeit sowie Annährung im richtigen Winkel ist die Intensität gering und die potentielle Auswirkung (Vergrämung) vorübergehend.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigung von Vogel- und Robbenansammlungen durch Wasserfahrzeuge; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG).

Bei der Annäherung an Tiere im Wasser sollte an Bord Ruhe bewahrt werden. Mindestabstände zu den Tieren sind einzuhalten, die Geschwindigkeit ist zu reduzieren, eine Annäherung darf nur von der Seite erfolgen. Sollten Tiere in der Nähe der Yacht auftauchen, sollten - ohne Geschwindigkeit und Kurs plötzlich zu ändern - Vorsichtmaßnahmen getroffen werden, um einen Zusammenstoß zu vermeiden (Geschwindigkeit langsam weiter reduzieren, anhalten, Kurs langsam ändern). Die IAATO gibt detaillierte Verhaltens- und Abstandsregeln (*Wildlife watching information, Cetacean Watching Guidelines*), die einzuhalten sind. Des Weiteren wird empfohlen die *Yachting Guidelines (ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 10, 2012)* einzuhalten. Die vorläufige Bewertung setzt voraus, dass die bestehenden Richtlinien befolgt werden.

Die Aktivität „Yachtreise“ ist gesamthaft zu bewerten, d. h. einschließlich des Betriebs und eventueller Sub-Aktivitäten. So erzeugt der Betrieb von Yachten je nach Bauform eine Reihe von Emissionen, die mit ihren Einzelwirkungen in Kapitel 3.5.3.8 ff. ausführlich beschrieben sind. Die vorläufige Bewertung aus dem Betrieb von Yachten nach § 4 Abs. 3 AUG lautet weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen. Im Falle einer notwendigen Seenotrettung würden durch die Such- und Seenotrettungsmaßnahmen zwar möglicherweise weitere Emissionen entstehen, die aber auf die Kategorisierung keinen Einfluss haben.

Häufig dienen Yachten als Ausgangsplattform für weitere Aktivitäten (Sub-Aktivitäten), die im Kapitel 3.4.9.4 beschrieben und vorläufig bewertet werden. Die häufigste mit einer Yachtreise verbundene Aktivität sind Anlandungen. Die Anlandungen erfolgen mit einem oder mehreren Beibooten, z. B. Zodiacs, selten verfügen private Luxus-Motoryachten über Hubschrauber für Ausflüge. In Einzelfällen verfügen Luxusyachten über Unterwasserfahrzeuge für bemannte Tauchgänge.

Alternativen sind die Änderung der Reiseroute, der Reiseziele, -dauer und –zeit und das vollständige Unterlassen der Tätigkeit.

3.4.9.1.3 Passagierwechsel im AV-Gebiet (*Fly & Cruise*)

Einige Reiseveranstalter von Kreuzfahrtreisen bieten die Möglichkeit das Kreuzfahrtschiff erst im AV-Gebiet zu besteigen. Die Anzahl von Touristen und Touristinnen, die sich die ca. 1,5 Tage dauernde Überfahrt der 1.000 km breiten und oft stürmischen Drakestraße sparen wollen, hat in den vergangen Jahren zugenommen. In der Saison 2015/2016 wuchs diese Form der Anreise um 37, 5 % (IAATO News Mai 2016; Abbildung 7). Für die touristische Nutzung muss ein bislang wissenschaftlich-logistisch genutzter Flugplatz modifiziert werden, z. B. durch Verbesserung des Untergrundes der Piste, Schaffung einer Unterstellmöglichkeit für das Flugzeug, zusätzliches Sicherheitspersonal u. a. Derzeit wird die Landepiste des bereits vorhandenen chilenischen Flugplatzes auf King-George-Island genutzt.

Da wetterbedingte Verspätungen von Schiff und Flugzeug nicht ausgeschlossen sind, müssen an Land (Not-)Unterkünfte für die Passagiere und Crewwechsel vorgehalten werden in Form von Wohncontainern oder in ursprünglichen Unterkünften von Stationspersonal.

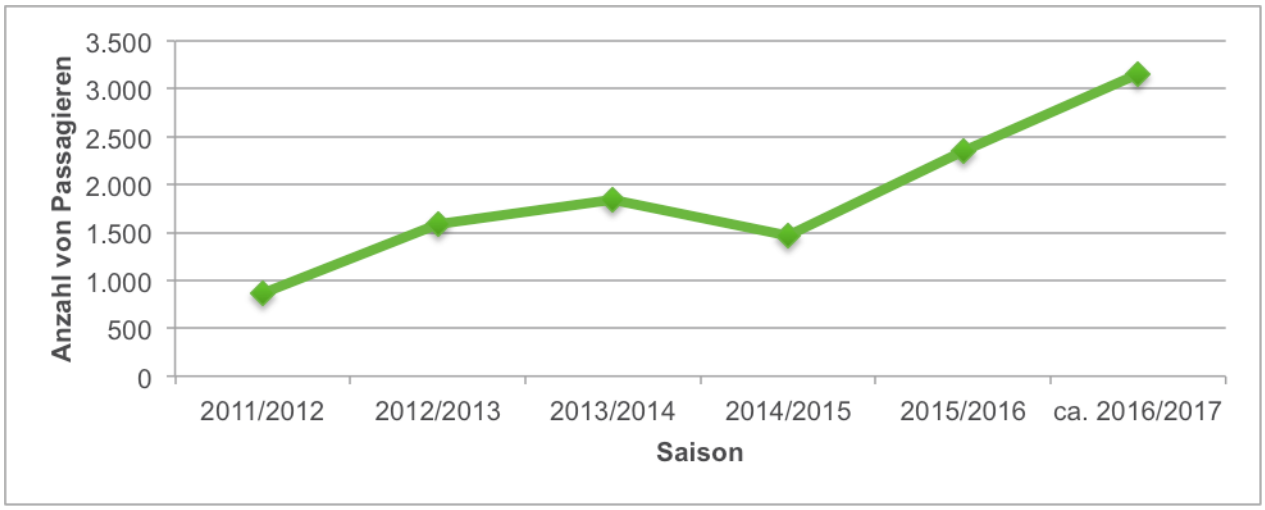
Bezüglich des Ausstoßes von Emissionen kann die CO_2 Bilanz eines Flugzeuges mit 380 g / km CO_2 pro Person (entspricht 760 kg CO_2 pro Person für 2.000 km; http://www.co2-emissionen-vergleichen.de) rechnerisch besser abschneiden als die eines kleineren Kreuzfahrtschiffes (Außenkabine, 3 Tage auf See für 2.000 km: 1.514 kg CO_2 pro Person; Rechner http://www.atmosfair.de) für die Strecke der Drakepassage (Hin- und Zurück). Allerdings hat die Fahrt-Route mit der zurückgelegten Fahrstrecke und der Geschwindigkeit des Schiffs einen großen Einfluss auf den CO_2-Ausstoß. Es ist anzunehmen, dass bei den Verhältnissen der Drake-Passage der CO_2-Ausstoß von Kreuzfahrtschiffen oberhalb der in den Modellrechnungen zugrunde gelegten Werte liegt.

Aufgrund der Marktbedürfnisse ist zu erwarten, dass diese Anreiseform zunimmt und deshalb weitere Infrastruktur – Treibstoffbunker, Lebensmittelversorgungskette, Abfallbehandlung, Unterkünfte für Personal – geschaffen wird, welche die antarktischen Schutzgüter gefährden.

Die Diskussion zu den Optionen einer internationalen Reglementierung reicht von gar keiner notwendigen Begrenzung, über eine Steuerung durch die IAATO Satzung bis zu einem totalen Verbot touristischer permanenter Infrastruktur außerhalb bestehender Stationen bzw. nur unter Zustimmung von mehr als einem Vertragsstaat (siehe dazu Bastmeijer *et al.*, 2008; Vöneky & Wisehart, 2016).

Umweltbeeinträchtigungen von Flugzeugen und der notwendigen Infrastruktur werden in den Kapiteln 3.5.3.12 ff. beschrieben und vorläufig bewertet.

Abbildung 7: Entwicklung der Anreiseform Fly & Cruise nach IAATO Angaben 2016



3.4.9.2 Inlandexpeditionen

Abenteuer-, Individual- und Extremsporttourismus sind in den letzten Jahren zu regelmäßig stattfindenden und kommerziellen Veranstaltungen geworden. Professionelle Logistikunternehmen ermöglichen Individualtouristen exklusive Unternehmungen und Abenteuertrips an Land für neue Rekorde. Individuelle Expeditionen, auch ohne Führer, können für gewünschte Aktivitäten in verschiedenen Schwierigkeitsstufen gebucht werden. Das Angebot der Veranstalter umfasst zahlreiche wiederkehrende Touren für Extremsportler und zahlungskräftige, sportlich weniger ambitionierte Menschen. So werden z. B. Übernachtung am Südpol, Besuch einer Kaiserpinguinkolonie, auf Ski den letzten Breitengrad zum Südpol bezwingen, Klettern, Bergsteigen, Marathon u. a. und Kombinationen dieser Aktivitäten angeboten.

Häufig werden Antarktisreisen als besonders umweltverträglich angeboten mit zum Teil absurden Begründungen (z. B. „*In this expedition ... to attempt a World Record South Pole speed expedition that will help explore the impact of climate change on the planet*“).

Nachahmungseffekte sind erkennbar und werden teilweise mit den Namen großer Entdecker (Amundsen/Scott) oder Abenteurer (Reinhold Messner) verbunden und entsprechend beworben. Bereits aufgestellte Rekorde – beispielsweise bei der Durchquerung des Kontinents – regen zu Nachahmung an. Die Anzahl der Inlandstouristen ist in den beiden letzten Saisons allerdings in etwa gleich geblieben (2014/2015: 431 und 2015/2016: 409). Für 2016/2017 wird von der IAATO ein Anstieg auf 558 Touristen und Touristinnen erwartet.

Der Inlandtourismus wird derzeit im Wesentlichen von vier Unternehmen betrieben:

- Adventure Network International / Antarctic Logistics & Expeditions (ALE; http://www.adventure-network.com):

- Besuch einer Kaiserpinguinkolonie im Weddellmeer,
- Besteigung des Mount Vinson und Mount Sidley (jeweils Feldcamps),
- Bergsteigen, Skifahren und andere Aktivitäten am Union Gletscher (Feldcamp),
- diverse “Abenteuer” am Südpol.

- The Antarctic Company (TAC; http://www.antarctic-company.info):
  - vollorganisierte Reiseangebote nach Queen Maud Land mit Transfer mit 4x4 Auto von der Eislandepiste zu beheizten Holzhütten Camp Oasis in der eisfreien Schirmacher Oase
  - Unterstützung privater Reisen,
  - Ausarbeitung und Durchführung kundenindividueller Reisen,
  - diverse “Abenteuer” am Südpol.
- White Desert (http://www.white-desert.com):
  - Kaiserpinguine,
  - Bergsteigen,
  - Tagestouren von Kapstadt zum Südpol,
  - White Desert Camp: Fiberglas-Iglus (Durchmesser 6 m); Eispiste zur Flugzeugbetankung.
- Arctic Trucks: http://www.arctictrucks.com/ ; http://www.antarcticachallenge.com:
  - Durchquerung des Kontinents von Amundsen Coast zum Union Gletscher mit Autos (4x4 Trucks) via Südpol
  - Feldzeltcamp am Lake Obersee, Queen Maud Land,
  - Einrichtung von Kraftstoffdepots auch für andere Unternehmen,
  - Unterstützung privater Reisen,
  - Organisation und Unterstützung von Spezialveranstaltungen wie Wohltätigkeits- und anderen Sonderveranstaltungen.

Für den Inlandtourismus werden große Feldcamps und touristische Sommerstationen auf Eis über mehrere Monate (November bis Januar) betrieben (Kapitel 3.5.3.2.2). Die Zeltcamps werden zum Saisonende abgebaut, um im nächsten Jahr wieder an der gleichen Stelle errichtet zu werden. Teilweise verbleibt auch Ausrüstung vor Ort auf dem Kontinent mindestens ganzjährig (Kapitel 3.5.3.2.2). Abbildung 8 zeigt die Lage der touristischen Stützpunkte des Inlandtourismus.

Feste Felcamps bieten Unterbringung und Versorgung in Fiberglas-Iglus mit 5-Sterne-Luxus *(„You’ll be surprised how comfortable Antarctica can be!“, „fresh delicious meals“* von den Websites eines Veranstalters) oder in Holzhütten (in der eisfreien Schirmacher Oase).

Abbildung 8: Lage touristischer Stützpunkte des Inlandtourismus

Quelle Karte: Wikipedia Public Domain; verändert

Zum Erreichen der Camps werden eigene – ausschließlich touristisch genutzte – Flugzeugpisten auf Gletschern (z. B. am Union Gletscher) und Meereis (z. B. an der Gould Bay) betrieben. Die Camps sind vom Personal des Veranstalters für die Zeit des Sommerbetriebes permanent besetzt. Es ist anzunehmen, dass der Inlandstourismus in den kommenden Jahren zunimmt und weitere Infrastruktur an Land geschaffen wird, sofern die internationale Staatengemeinschaft des Antarktisvertrages keine Maßnahmen ergreift.

Die interkontinentale Anreise erfolgt per Flugzeug (Kapitel 3.5.3.11.1). Für den Transport von Mensch und Material innerhalb des Kontinents werden kleinere Flugzeuge, Helikopter und Kraftfahrzeuge (Skidoos, Trucks) eingesetzt. Dazu werden Kraftstofflager entlang der Trassen eingerichtet.

Inlandstourismus umfasst mehrere Aktivitäten. Er wird von kleinen Gruppen in einem sehr großen Gebiet zeitlich und regional begrenzt durchgeführt. Empfindliche Gebiete, wie die Trockentäler bei McMurdo, weisen schon nach wenigen Besuchen bleibende Spuren auf (Ayers *et al.*, 2008). Neben der Empfindlichkeit des Ortes sind die Umweltauswirkungen von Aktivitäten im Rahmen des Inlandtourismus im Wesentlichen von der eingesetzten Logistik (Flugzeuge, Camps, Landfahrzeuge usw. in Kapitel 3.5 Logistik) und im weitaus kleineren Maße durch die eigentliche Aktivität abhängig (Sub-Aktivität Kapitel 3.4.9.4).

Eine vorläufige Bewertung des Inlandtourismus kann nur reisespezifisch abgegeben werden. Zur Bewertung der reisespezifischen Auswirkungen touristischer Landreisen sollte der Fragenkatalog *„Questions to consider as part of the authorisation process for non-Governmental land-based activities in Antarctica“* herangezogen werden (*The Assessment of Land-Based Expeditionary Activites (ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 9, 2012*). Jede einzelne Aktivität sollte sicherstellen, dass keine Organismen von einer Region in eine andere transportiert werden und entstehender Abfall aus dem AV-Gebiet entfernt wird.

Vorläufige Bewertung des Inlandtourismus nach § 4 Abs. 3 AUG: nur reisespezifisch möglich, da mehrere Aktivitäten durchgeführt werden.

Begründung: Es können die Schutzgüter § 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG betroffen sein. Inwieweit die potentiellen Auswirkungen erheblich sind, kann nur reisespezifisch und unter Einbezug aller Aktivitäten eingeschätzt werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Reise- und aktivitätsspezifisch können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Tieransammlungen durch die touristischen Aktivitäten (Menschen zu Fuß, Land-, Luft-, Wasserfahrzeuge) beunruhigt werden. Ansammlungen von Landpflanzen können durch das Landen von Luftfahrzeugen, Niedertreten oder auf andere Weise erheblich geschädigt werden oder sonstige Handlugen zu einer Veränderung des Lebensraumes von Arten oder Populationen von Tieren oder Pflanzen führen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a, b, c, e, f AUG).

3.4.9.2.1 Beispiel zur Vorgehensweise zur vorläufigen Bewertung einer bestimmten Inlandsreise

Die Vorgehensweise zur vorläufigen Bewertung einer bestimmten Reise folgt der Stufe 2 des hier vorgestellten Bewertungsschemas für jede Einzelaktivität (vgl. Kapitel 2.2.2). Eine zu bewertende Inlandreise mit touristischer Motivation setzt sich aus mehreren Aktivitäten zusammen:

A) Interkontinentale Anreise: Flug mit Großflugzeug

B) Fortbewegung innerhalb des Kontinents: kleines Flugzeug und Kraftfahrzeuge

C) Sub-Aktivitäten: Besuch der Südpol-Station und Kaiserpinguinkolonie

zu A) Die Arten und Umweltbeeinträchtigungen von Luftfahrzeugen werden in Kapitel 3.5.3.11 ff. beschrieben und das Ergebnis der vorläufige Bewertung „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ begründet.

zu B) Die Arten und Umweltbeeinträchtigungen von Luftfahrzeugen werden in Kapitel 3.5.3.11 ff. beschrieben und das Ergebnis der vorläufige Bewertung „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ begründet.

Die Arten und Umweltbeeinträchtigungen von Kraftfahrzeugen werden in Kapitel 3.5.3.17 ff. beschrieben und das Ergebnis der vorläufigen Bewertung „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ begründet.

zu C) Der Ablauf und die potentiellen Umweltbeeinträchtigungen beim Besuch einer Kaiserpinguinkolonie bzw. Besuch einer Station werden in Kapitel 3.4.9.4.1.1 bzw. Kapitel 3.4.9.4.1.2 beschrieben und die vorläufige Bewertung jeweils „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ begründet.

Vorläufige Bewertung dieses Beispiels nach § 4 Abs. 3: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: alle Begründungen der o. g. Aktivitäten, s. entsprechende Kapitel

Die Aneinanderreihung mehrerer Aktivitäten sollte mindestens mit der „höchsten“ vorläufigen Bewertung einer Einzelaktivität eingestuft werden, da eine Aufhebung von Einzelwirkungen nicht anzunehmen ist. Vielmehr ist durch die Durchführung mehrerer Aktivitäten eine Kumulation der Effekte in Form von Verschlimmerung zu besorgen.

Die weitere Vorgehensweise zur abschließende Bewertung folgt reisespezifisch entsprechend der Stufe 3 (Kapitel 2.2.2) und Stufe 4 (Kapitel 2.2.4).

3.4.9.3 Flugtourismus

Flugtourismus findet in verschiedenen Formen statt:

3.4.9.3.1 Überflug

Diese Tourismusform existiert mit Unterbrechungen seit 1994. Seitdem haben über 25.000 Menschen die Antarktis von oben gesehen. In den Jahren seit 2008 wurden keine Überflüge von IAATO Mitgliedern durchgeführt. Überflugtourismus ist in den letzten Dekaden nicht signifikant angestiegen (Liggett *et al.*, 2010). Es ist mittlerweile vergleichsweise einfach geworden in der Antarktis zu reisen, so dass die Attraktivität des Überfluges gesunken ist. In Australien oder Chile startend werden noch vereinzelt Tages-Kreuzflüge über den antarktischen Kontinent unternommen. Während der Überflüge wird ein Unterhaltungs- und Informationsprogramm angeboten und die Route kommentiert.

3.4.9.3.2 Transkontinentalflug mit Landung

Die Anzahl der Flüge mit einer Landung im AV-Gebiet eventuell mit einer oder mehreren zusätzlichen Aktivitäten nimmt zu. Es finden regelmäßig Tagesausflüge von Chile nach King-George-Island mit einer Landung von ca. 5 h Dauer statt. Es gibt Reiseangebote, um von Chile zum Südpol zu fliegen, dort zu landen und auf der gleichen Kurzreise eine Kaiserpinguinkolonie zu besuchen. Kurzausflüge mit Übernachtung sind ebenfalls im Angebot der Reiseveranstalter, weshalb bereits touristische Übernachtungsmöglichkeiten in Wohncontainern oder in unbesetzten Unterkünften von Stationspersonals auf King-George-Island und am Südpol geschaffen worden sind. Der Südpol wird auch von der australischen Seite von Tourismusunternehmungen angeflogen. Bisher wurden für Interkontinentalflüge die vorhandenen Landepisten von Forschungsstationen genutzt. Allerdings landete im November 2015 die erste kommerzielle Boeing 757 auf einer Eispiste in der Antarktis am Union Glacier. Es ist zu erwarten, dass der Flugtourismus ins Inland der Antarktis in den nächsten Jahren weiter anwächst.

3.4.9.3.3 Inlandsflüge

Flugbewegungen innerhalb des AV-Gebietes für touristische Zwecke werden derzeit noch mit Kleinflugzeugen (Kapitel 3.5.3.11.2) durchgeführt. Beim Transport von Mensch und Material wird auf präparierten Eispisten gelandet. Das Präparieren von Landepisten auf Eis kann eine erhebliche Veränderung der Gletscherumwelt darstellen (Kapitel 3.5.3.13.1). Alternativ wird auf bereits vorhandene Landepisten von Forschungsstationen zurückgegriffen. Inlandsflüge nehmen im Zusammenhang mit dem bereits beschriebenen Inlandstourismus zu.

3.4.9.3.4 Helikopterausflüge von Bord von Kreuzfahrtschiffen

Hubschrauber werden zur Durchführung von Landschaftsflügen und zum Erreichen abgelegener Anlandungsgebiete in Küstennähe von Kreuzfahrtschiffen eingesetzt.

Einzelne Kreuzfahrtschiffe führen Hubschrauber mit, um z. B. Kaiserpinguinkolonien in abgelegenen Regionen zu besuchen, Rundflüge anzubieten oder Personen auf Bergen zum Ski- und Snowboardfahren abzusetzen. Die Landung erfolgt in küstenfernen und schneebedeckten Gebieten.

Vorläufige Bewertung eines Helikopterausfluges nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Beunruhigung beim Flug-, Start- und Landebetrieb sind Tierarten oder deren Populationen in Bezug auf deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Reise- und aktivitätsspezifisch können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Tieransammlungen durch Menschen zu Fuß und Luftfahrzeuge insbesondere bei den Start- und Landevorgängen beunruhigt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a, e AUG).

Eine Listung der Mitigationsmaßnahmen sowie die Beschreibung der potentiellen Auswirkungen und die vorläufige Bewertung von Flugzeugen und Hubschraubern nach § 4 Abs. 3 AUG sowie die Betroffenheit von § 17 AUG erfolgen ausführlich in Kapitel 3.5.3.14.

3.4.9.4 Sub-Aktivitäten

Sub-Aktivitäten sind zusätzliche Aktivitäten, die innerhalb und während einer Reise mit dem Schiff, Flugzeug oder auf einer Inlandsexpedition ausgeführt werden. Die Art der Durchführung und der Stand der eingesetzten Technik sind entscheidend für das Maß der Auswirkung auf die antarktische Umwelt mit ihren Schutzgütern. Es sollte grundsätzlich großer Wert auf den Nachweis der Ausbildung und Erfahrung der Verantwortlichen vor Ort und die möglichst umweltverträgliche Ausrüstung gelegt werden.

Für viele Sub-Aktivitäten hat die IAATO Empfehlungen und *guidelines* zur Planung und Durchführung erstellt. Diese sollten immer als Minimum-Mitigationsmaßnahmen zur Sicherheit und zum Umweltschutz eingehalten werden. Die Richtlinien werden von der Tourismusindustrie erstellt und basieren nicht auf wissenschaftlicher Datenerhebung.

3.4.9.4.1 Anlandung

3.4.9.4.1.1 Küstennahe Tierbeobachtung, Wanderung, Besuch besonderer Orte

Die häufigste Sub-Aktivität ist das Anlanden mit kleinen Booten zum Besuch von Tierkolonien, Gebieten mit besonderer Bedeutung, dem Besuch einer wissenschaftlichen Station oder um weitere Sub-Aktivitäten durchzuführen.

Anlandungen finden in küstennahen und im Sommer eisfreien Gebieten statt. Diese Gebiete sind aufgrund ihrer Landvegetation und Pinguinen, Seevögeln und Robben in der Fortpflanzungs- oder Fell- bzw. Gefiederwechselphase besonders sensibel.

Bei einer Anlandung, z. B. für den Besuch einer Tierkolonie oder bei Wanderungen, werden die Passagiere mit Schlauchbooten (Zodiacs) für 8-14 Personen an Land gebracht. Auf dem Weg vom Schiff an die Landestelle werden häufig bereits Tiere gesichtet. Es ist durch die Fahrweise und den Kenntnisstand des Zodiacfahrers und der Zodiacfahrerin bezüglich Verhaltensrichtlinien bestimmt, ob Tiere auf der Fahrt durch Kollision gefährdet oder verletzt werden, oder durch Unterschreiten von Mindestabständen, Lärm oder zu hoher Geschwindigkeit Tieransammlungen beunruhigt oder gestört werden.

Die zurückgelegte Strecke ist abhängig von der Entfernung des Schiffes zur Landestelle. Sie beträgt meist weniger als 1 sm – also knapp zwei Kilometer (meerestiefen-, eis- und wetterbedingt variabel). Die Maschinen des Schiffes laufen normalerweise während der Anlandezeit – auch wenn geankert wird – aus Sicherheitsgründen und wegen des Strombedarfs weiter.

Personen, die an einer Anlandung teilnehmen, müssen Maßnahmen des *biosecurity* zur Verhinderung des Einschleppens nicht-heimischer Arten und des Verschleppens regional nicht vorkommender Arten anwenden: Stiefel reinigen und desinfizieren vor und nach jeder Anlandung die Kameratasche, Jacken, Klettverschlüsse an Handschuhen und Hosen mindestens vor Erreichen des AV-Gebietes säubern (*Non-native Species Manual (ATCM XXXIV CEP XIV, Buenos Aires Resolution 6, 2011; Boot, Clothing and Equipment Decontamination Recommended Guidelines and Biosecurity Declaration, IAATO)*. Jede Person, die das Schiff verlässt (Expeditionsteam, Zodiacfahrer und Zodiacfahrerinnen, Passagiere, Crew in ihrer Freizeit) muss über die Verhaltensrichtlinien informiert worden sein.

Verschiedene Anlandungsorte sind unterschiedlich sensibel hinsichtlich der Gefahr durch nicht-heimische Arten (Bender *et al.*, 2016).

Der Betrieb der kleinen Anlandeboote erzeugt Emissionen und Lärm, die in Kapitel 3.5.2.5 beschrieben und bewertet werden. Bei einer gut organisierten Ausbootung mit ca. 8 Zodiacs sind in weniger als 15 min bis zu 100 Passagiere an Land. Bis auf ein oder zwei „Shuttle" Boote, die bei Bedarf Passagiere vorzeitig zurück an Bord bringen können, werden die übrigen Zodiacs je nach Anlandestelle im Flachwasser außerhalb der Brandungszone verankert oder am Ufer abgelegt. Im groben Kies, der aufgrund von Eis- und Wasserbewegung permanent in Bewegung ist, ist dadurch keine erheblichen Störung benthischer Gemeinschaften zu erwarten (Mayer, 2000; Piepenburg & Gutt, 2014). Pinguine werden auf dem Weg vom oder zum Wasser an der Anlandestelle und den Bootsliegeplätzen über einige Meter (ca. 5-30 m) vergrämt.

Der weitere Verlauf der Anlandung ist ebenfalls sehr stark von der Professionalität des Expeditionsteams abhängig. Ein kompetentes Besuchsmanagement mit der Umsetzung bestehender Richtlinien z. B. zu Mindestabständen, gesperrten Gebieten und *site guidelines* verhindert potentielle Auswirkungen einer einzelnen Anlandung weitgehend.

Zu einem verantwortlichem Besuchsmanagement gehören u. a.

- Briefing an Bord des Schiffes
    - vor Erreichen des AV-Gebietes: allgemeine Verhaltensrichtlinien (*Seal, Bird Watching Guidelines*, „UBA Leitfaden für Besucher der Antarktis", Hinweis auf möglichen Verlust der Ausrüstung, auch durch Wind, keine Notdurft an Land etc.)
    - vor jeder Aktivität: orts- und aktivitätsspezifische Besonderheiten
- Briefing bei Erreichen der Landestelle mit Hinweisen zu den Ortsbedingungen (gesperrte Bereiche, Tierwege etc.)
- max. 100 Personen plus mind. 5 Expeditionsteammitglieder,
- Einhalten der site guidelines,
- Einhalten des „UBA-Leitfadens für Besucher für der Antarktis" (Mindestabstände, Lärm vermeiden, keinen Abfall hinterlassen, wissenschaftliche Objekte unangetastet belassen etc.),
- Herumführen der Passagiere und teilnehmenden Freizeit-Crew in Gruppen bis 20 Personen von mindestens einem Expeditionsmitglied geführt (nicht Crewmitglied!). Empfehlenswert ist ein günstigeres Verhältnis von einem Expeditionsmitglied zu 10 Passagieren; s. Kapitel 4.3.4).
- Kennzeichnen des Gebietes, in dem sich frei bewegt werden kann (*free roaming area*),
- vorzeitige Anmeldung bei Forschungsstationen und respektieren derer Verhaltensvorgaben,
- vor endgültigem Verlassen der Landestelle diese auf verlorene Gegenstände untersuchen, Steinmännchen und andere Hinterlassenschaften beseitigen,
- Kommunikation mit anderen Schiffen im Gebiet, damit z. B. Ruhephasen für Tiere zwischen Anlandungen verschiedener Veranstalter erhalten bleiben oder damit sich über besondere örtliche Gegebenheiten wie neue Gletscherspalten o. ä. ausgetauscht werden kann,
- Berücksichtigung des besonderen Schutzes für Gebiete mit besonderem landschaftlichem, biologischem oder historischem Charakter entsprechend der jeweiligen Managementpläne.

Voraussetzung für ein verantwortliches Besuchsmanagement ist ein geschultes und erfahrenes Expeditionsteam, zu dem auch die Zodiacfahrer und Zodiacfahrerinnen einschließlich der *shuttle*-Fahrer und Fahrerinnen gehören.

Die Evakuierung einer verletzten Person würde gegebenenfalls zusätzliche Umweltauswirkungen (Trittspuren durch Personen, die eine Trage tragen und dadurch wenig auf das Gelände achten können, Veränderung der Schiffsroute, Ausfliegen einer Person etc.) bewirken.

Das Buchungssystem der IAATO (*ship scheduler*), mit dem die Antarktisreiseveranstalter attraktive und leicht zugängliche Anlandeplätze unter sich aufteilen, gibt pro Tag vier Anlandezeitnischen vor: 5:30, 9, 14, 19:30 Uhr. Unter Berücksichtigung von 30-60 Minuten „Anstands- und Übergangszeiten" (*IAATO Wilderness Etiquette*) wird so eine maximale Auslastung innerhalb der Beschränkungen durch die *site guidelines* organisiert. Eine typische Anlandung der Passagiere eines Kreuzfahrtschiffes dauert 3-4 Stunden. Passagierschiffe mit 201- 500 Passagieren führen organisatorisch betrachtet zwei Anlandungen durch, um die Passagiere in unterschiedlichen Gruppen (vormittags Gruppe A, nachmittags Gruppe B; dazwischen 30-60 min. Pause) an Land zu bringen. Verlässt ein Expeditionskreuzfahrtschiff die Anlandestelle, so folgt daraufhin das nächste Schiff. Daher spielt bei steigender Schiffsanzahl die Anzahl der Passagiere pro Schiff eine immer geringere Rolle in Hinblick auf den Besuchsdruck für ein Gebiet.

Reiseveranstalter von Kreuzfahrtschiffen bieten regelmäßig ausgedehnte Wanderungen auf eisfreiem oder schneebedecktem Land und auf Gletschern in Küstennähe an (z. B. Brown Bluff: Gletscher, Cuverville: Berggipfel). Die Expeditionskreuzfahrtschiffe tauschen untereinander Informationen über Besonderheiten, z. B. das Auftreten von Gletscherspalten auf üblichen Routen, aus. Die Wanderungen finden innerhalb der beschriebenen Anlandungen statt und dauern bis zu 4 h. Die „Wanderer" werden zuerst an Land gesetzt und auf die Wanderung geschickt. Sobald die Wanderer die Anlandestelle verlassen haben, folgen die „*non-hikers*" (bis zu 100 Personen), um an der Küste zu bleiben, wo meist Pinguinkolonien vorhanden sind. Diese Interpretation der Regel „nicht mehr als 100 Personen gleichzeitig an Land" ist in der Praxis weit verbreitet. Bei den Wanderungen kann durch Unterschreiten von Mindestabständen und Lärm die antarktische Tierwelt beunruhigt oder gestört und die Pflanzenwelt durch Niedertreten langfristig nachteilig verändert werden.

Das Einschleppen nicht-heimischer Arten kann zu Veränderung in der Verbreitung, Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten führen.

Die Besuchszeit von Yachten (max. 12 Passagiere) ist nicht reguliert und kommt zusätzlich zu den in *site guidelines* begrenzten Besuchszeiten der Kreuzfahrtschiffe auf eine Anlandestelle hinzu. Sie kann zwischen wenigen Minuten bis zu mehreren Tagen mit Camps betragen. Yachten können zudem in bislang ungestörte ursprüngliche Regionen vordringen. Die Yachtbesatzung kann z. B. länger an einer Vogelkolonie verweilen als eine gesamte organisierte Besuchsgruppe eines Kreuzfahrtschiffes.

Nicht die Anzahl der Passagiere an Bord eines Schiffes ist entscheidend für das Ausmaß potentieller Umweltauswirkungen, sondern Art und Ort der Durchführung. Wenige Personen können z. B. durch Unterschreiten von Mindestabständen Fütterungsvorgänge solange unterbrechen, dass die Brut gefährdet ist, oder durch Niedertreten Landpflanzen erheblichen Schaden zufügen. Dagegen kann eine gut geführte größere Gruppe bei Einhalten von Mindestabständen, Vermeidung von Lärm etc. Fütterungsvorgänge über mehrere Stunden ohne Unterbrechung beobachten oder durch die Wahl des Weges auf unempfindlichem Gelände keine Trittschäden verursachen. Voraussetzung ist allerdings, dass das führende Expeditionsteam sensible und weniger sensible Böden unterscheiden kann und über fundierte Kenntnisse zur frühzeitigen Erkennung von Anzeichen von Beunruhigung bei Tieren besitzt und das Einhalten von Verhaltensrichtlinien durchsetzt.

Bei Anlandungen kann durch Unterschreiten von Mindestabständen und Lärm die antarktische Tierwelt beunruhigt und die Pflanzenwelt durch Niedertreten langfristig nachteilig verändert werden. Das Einschleppen nicht-heimischer Arten kann zu Veränderung in der Verbreitung, Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten führen. Unbeabsichtigt kann Abfall eingetragen werden (Taschentücher, Objektivdeckel u. ä.).

Vorläufige Bewertung einer Anlandung nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund von Lärm und Anwesenheit von Personen zu Fuß, unbeabsichtigtem Einschleppen nicht-heimischer Arten sind Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG). Darüber hinaus sind Auswirkungen auf Gebiete von biologischer, wissenschaftlicher, historischer, ästhetischer Bedeutung oder der Gebiete mit ursprünglichem Charakter zu besorgen (§ 3 Abs. 4 Nr. 6 AUG).

Eine Anlandung erfolgt zeitlich und örtlich begrenzt, allerdings sind deren potentiellen Auswirkungen von hoher Intensität. Es besteht Besorgnis für die antarktischen Komponenten Luft, Wasser, Meereis, Robben, Wale und Vögel. Mögliche Veränderungen sind innerhalb von Wochen bis Monaten reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert. Dies gilt für marine, limnische und terrestrische Bereiche gleichermaßen.

Ortsspezifischer Richtlinien müssen eingehalten werden. Es ist unabdingbar, dass ein gutes Besuchsmanagement (s. o.), das richtige Verhalten an Land und auf dem Weg dorthin, einer ortspezifischen Einweisung für alle an Land gehenden Personen sowie *site guidelines* und *General principles of Antarctic tourism* (ATCM XXXII CEP XII, Baltimore Resolution 7, 2009) eingehalten sowie Managementpläne von Schutz- und Verwaltungsgebieten befolgt werden. Vorsorgemaßnahmen gegen das Ein- und Verschleppen von Organismen müssen getroffen werden (z. B. Stiefel waschen und desinfizieren; *biosecurity-check*). Die erste Anlandestelle einer Antarktisreise sollte unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit des Ortes hinsichtlich des möglichen Eintrags nicht-heimischer Arten erfolgen, d. h. ein wenig empfindlicher Ort sollte die erste Anlandestelle sein.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Menschen zu Fuß können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen und Ansammlungen von Landpflanzen durch Niedertreten schädigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e AUG).

Die Auswirkungen des Betriebs der Anlandungsboote sind in Kapitel 3.4.9.4.2 sowie Kapitel 3.5.3.8 beschrieben und vorläufig bewertet.

Es bestehen Wissenslücken, auf welcher Skala die örtliche Begrenzung mit eventueller Verstärkung möglicher negativer Auswirkungen auf die verschiedenen antarktischen Komponenten weniger erheblich ist als die Verteilung auf mehrere Orte. Durch den von der IAATO organisierten Kreuzfahrttourismus werden die Touristenströme gezielt auf festgelegte Anlandungsplätze konzentriert. Überfrequentierung durch mehrere Anlandungen des gleichen Veranstalters oder verschiedener Veranstalter ist zu besorgen. Es können Trampelpfade und Brutverluste durch zu häufige Störungen insbesondere am Rand einer Pinguinkolonie entstehen (Lynch *et al.*, 2010). Alternativen sind die Wahl weniger stark frequentierter und weniger sensibler Anlandungsgebiete oder das vollständige Unterlassen der Tätigkeit.

Vorläufige Bewertung beim Besuch einer Forschungsstation nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter durch den Besuch von Touristen und Touristinnen sind Gebiete von wissenschaftlicher Bedeutung (§ 3 Abs. 4 Nr. 6 AUG

Wissenschaftliche Stationen haben jeweils Verfahren wie sie mit Besuchern und Besucherinnen umgehen und die einzuhalten sind. Grundsätzlich darf die wissenschaftliche Tätigkeit nicht durch touristische Besuche behindert werden. Durch ein den jeweiligen Stationsvorgaben entsprechendes Besuchsmanagement hat das Expeditionsteam dafür Sorge zu tragen, dass ortspezifische Hinweise befolgt werden. Der Reiseveranstalter hat ggf. vor Saisonbeginn eine Besuchserlaubnis einzuholen. Hat eine Station keine speziellen Regeln, so ist generell vereinbart, die Besuchserlaubnis mindestens 72 h im Voraus beim Stationsleiter einzuholen.

3.4.9.4.1.2 Besuch einer Kaiserpinguinkolonie

Veranstalter von Flug-, Inland- und Kreuzfahrttourismus bieten Besuche bei den wenigen relativ leicht zu erreichenden Kaiserpinguinkolonien an der Antarktischen Halbinsel und im Weddelmeer an. Um die Pinguinkolonien zu erreichen, werden Flugzeuge, Helikopter und Kraftfahrzeuge eingesetzt. In operativer Nähe einer Kaiserpinguinkolonie im Weddellmeer befindet sich ein monatelang besetztes Field Camp mit Eispiste für kleine Luftfahrzeuge. Aufgrund des zunehmenden Nutzungsdruckes durch zunehmende Besuche hat die IAATO bereits *Emperor Penguin Colony Visitor Guidelines* herausgebracht. Die Verhaltensrichtlinien setzen sehr stark auf die Fähigkeit des Expeditionsteams, „Anzeichen von Störung" zu erkennen und Personen so zu lenken, dass Tiere der Kolonie und andere Tiere, vornehmlich Robben, nicht gestört werden.

Burger & Gochfeld (2007) beobachteten bei einer der beiden bekannten Kaiserpinguinkolonien an der Antarktischen Halbinsel Verhaltensveränderungen (Stehenbleiben, Richtungsänderung) ab einer Annäherung von durchschnittlich 36 m und deutlich beeinflusst durch die Anzahl von Personen. Die IAATO Guidelines empfehlen eine Distanz von 15 m bei sich bewegenden Pinguinen und zur Kolonie; letzteres mit einem Zwischenstopp bei 30 m, um die Störung zu evaluieren.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Lärm und Anwesenheit von Personen zu Fuß, unbeabsichtigtes Einschleppen nicht-heimischer Arten können zu Veränderungen bei Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität führen. Es können zusätzlichen Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen und Schädigung oder erhebliche Gefährdung für Gebiete von biologischer, wissenschaftlicher, historischer, ästhetischer Bedeutung oder der Gebiete mit ursprünglichem Charakter entstehen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4-6 AUG).

Der Besuch einer Kaiserpinguinkolonie erfolgt zeitlich (wenige Stunden) und örtlich (Annährung von einer Seite an einer Gruppe von Pinguinen) begrenzt. Die Besuche finden ab November statt, wenn die Küken bereits geschlüpft sind.

Die potentiellen Auswirkungen (Störung durch Anwesenheit und Lärm) sind bei Einhaltung ortsspezifischer und Verhaltensrichtlinien von geringer Intensität. Es ist nach heutigem Kenntnisstand zu erwarten, dass durch den einmaligen Besuch einer Kaiserpinguinkolonie die Auswirkungen auf die Population weniger als geringfügig oder vorübergehend einzuschätzen sind. Mögliche Veränderungen sind innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert. In Zukunft steigender Nutzungsdruck mit negativen Auswirkungen auf den Bruterfolg der Kaiserpinguine ist zu besorgen.

Unbedingte Voraussetzung für diese Bewertung ist ein gutes Besuchsmanagement durch ein erfahrenes und ökologisch kompetentes Expeditionsteam zur Umsetzung der Verhaltensrichtlinien beim Besuch einer Kaiserpinguinkolonie (*Emperor Penguin Colony Visitor Guidelines*). Die Besucher und Besucherinnen einer Kaiserpinguinkolonie müssen sorgfältig vorbereitet sein, sich richtig zu verhalten. Es wird empfohlen, eine Distanz von mindestens 35 m zur Kolonie einzuhalten. Maßnahmen gegen das Ein- und Verschleppen am Ort nicht-heimischer Organismen müssen im Vorfeld ergriffen werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Menschen zu Fuß können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d AUG).

Die Auswirkungen durch Luftfahrzeuge sind in Kapitel 3.5.3.12 beschrieben und vorläufig bewertet.

Zum Besuch einer Kaiserpinguinkolonie ist aufwendige logistische Unterstützung (Luft- und Schneefahrzeuge, Feldcamps) notwendig, welche die Gesamtbewertung entscheidend bestimmt (Kapitel 3.5.3).

3.4.9.4.2 Fahrten mit kleinen Booten (*Zodiacs*)

Neben dem beschriebenen Einsatz der kleinen Anlandungsboote von Kreuzfahrtschiffen und Yachten für den Transport von Personen und Ausrüstung, werden häufig „Zodiactouren" durchgeführt. Dazu werden die Passagiere auf die Zodiacs verteilt und meist für 45 min – 1,5 h herumgefahren. Die gesamte Aktivität dauert ca. 4 h einschließlich des Aus-und Einbootens der Passagiere und der Zodiacs. Die Dauer ist relativ unabhängig von der Anzahl der Passagiere an Bord eines Schiffes, denn die Anzahl der zur Verfügung stehenden Zodiacs, die Unterteilung der Passagiere in Gruppen und die Zeit einer Tour, wird entsprechend angepasst. So können kleinere Schiffe ihren Passagieren längere Fahrzeiten bieten. Bei einem Kreuzfahrtschiff mit ca. 180 Passagieren sind je nach Besatz 8-10 Zodiacs gleichzeitig im Wasser. Beliebte Plätze für Zodiactouren werden wie die Anlandungsplätze über das IAATO-Buchungssystem im Voraus gebucht. Gebiete wie die Skontorp Cove sind in Spitzenzeiten (Dezember, Januar) den ganzen Tag vom Zodiac- und Schiffbetrieb beeinflusst.

Beinahe auf jeder Luxus-Kreuzfahrtreise werden bei einer Zodiacrunde kleine Snacks und ein Getränk „von Hotelboot zu Schlauchboot" gereicht. Gelegentlich werden „Anlandungen" auf Eis angeboten, wo ebenfalls serviert wird. Dies birgt die Gefahr, dass Getränkebecher o. ä. in die Umwelt gelangen. § 20 AUG zum Verbringen bestimmter Stoffe und Erzeugnissen sollte eingehalten werden und geeignete Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden (insbesondere Unterweisung des Personals zur Aufmerksamkeit), damit keine Behältnisse oder Lebensmitteln in die Umwelt verweht werden. Es wird empfohlen, dass jegliche Darreichung von Lebensmitteln außerhalb des Schiffes zu unterlassen ist.

Durch die Anzahl der Boote, die lauten Außenbordmotoren und die Annäherung von der Wasserseite können die natürlichen Fluchtwege ins Wasser oder aus dem Wasser abgeschnitten werden. Unter Wasser können Wale und Robben, die sich im gleichen Gebiet aufhalten, durch die Unterwasserschallemissionen und unsachgerechte Annäherung (zu schnell, von vorne, umzingeln) gestört werden. Verhaltensänderungen, Unterbrechung intraspezifischer Kommunikation etc. können die Folge sein (vgl. Anhang II). Auf Eisschollen ruhende Robben können von vorbeifahrenden Booten vertrieben werden.

Die Art der Durchführung (Geschwindigkeit, Abstand, Näherungswinkel, Technik des Zodiacmotors, Erfahrung und Ausbildung der Zodiacfahrer und Zodiacfahrerinnen) ist entscheidend für das Maß der Störung.

Auf diesen Rundtouren werden Tiere im Wasser, in der Luft, an der Küste und auf Eisschollen beobachtet sowie Eisberge und Gletscher besucht. Oft wird sich Walen im Wasser, Robben, Pinguinen und fliegenden Vögeln auf Eis und im Wasser angenähert. Ortsspezifisch können die Zodiacs an Nester von z. B. Blauaugenkormoranen oder Dominikanermöwen heranfahren. Bewegung von Menschen und Fahrzeugen stellt generell eine Beunruhigungsquelle für Wildtiere dar. Ob eine Beunruhigung eintritt und wie stark diese ausfällt, ist im Wesentlichen von der Geschwindigkeit und Richtung der Annäherung, dem Abstand, der Größe und dem begleitenden Lärm abhängig (Schwemmer *et al.*, 2011). Untersuchungen über mögliche Effekte durch Annäherung mit Zodiac an Ein- und Ausstiegsstellen von Pinguinen an Brutkolonien sind nicht vorhanden.

Reedereien schulen ihre Zodiacfahrer und Zodiacfahrerinnen intern. Dabei wird v. a. auf sicherheitstechnische Aspekte geachtet, *Wild life watching Guidelines* gehören normalerweise nicht zur Ausbildung.

Auf allen IAATO-Schiffen sind die Guides und Lektoren mit den *IAATO Cetacean Watching Guidelines* oder *IAATO Seal Watching Guidlines* vertraut. Problematisch sind nur Crewmitglieder, die zum Fahren der Schlauchboote eingesetzt werden und nicht hinsichtlich dieser Richltlinien geschult sind. Im günstigsten Fall werden Lektoren, die ihrerseits nicht Zodiac fahren können, auf die Boote verteilt.

Vorläufige Bewertung der Fahrt eines kleinen Bootes nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter aufgrund der durch Über- und Unterwasserschallemissionen bedingten Störungen sind Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG). Darüber hinaus sind Auswirkungen auf Gebiete von biologischer, wissenschaftlicher, historischer, ästhetischer Bedeutung oder der Gebiete mit ursprünglichem Charakter zu besorgen (§ 3 Abs. 4 Nr. 6 AUG).

Der Betrieb der kleinen Anlandeboote erzeugt Emissionen und Schallemissionen über und unter Wasser, die in Kapitel 3.5.3.8 ausführlich beschrieben und bewertet werden.

Unbedingte Voraussetzung für diese Bewertung ist die verantwortungsvolle Handhabung der Zodiacs und langsames Fahren während der Rundfahrten. Andernfalls können schwimmende, tauchende und auf Eisschollen ruhende antarktische Warmblüter beunruhigt, gestört oder durch Kollision verletzt werden. Die Schallemissionen eines Zodiacs unter Wasser können die eines großen Schiffes übersteigen (Kapitel 3.5.3.8.7.1.2). Es ist daher unabdingbar, dass die Zodiacs nur von Personen gefahren werden, die zu diesem Zweck an Bord sind und dies nicht in ihrer Freitzeit tun (Müdigkeit, Konzentrationsmangel, Arbeitssicherheit, Haftung etc.). Ferner sollten die Fahrer/Fahrerinnen neben sicherheitsrelevanten auch in umweltrelevanten Verhaltensweisen geschult sein oder von einer entsprechend geschulten Person begleitet werden. Die Schulung bzw. der Kenntnisstand zu den relevanten Richtlinien beim Fahren der Zodiacs könnte z. B. durch das *IAATO field staff assessment* erbracht werden. Ist der Fahrer/die Fahrerin nicht in Verhaltensweisen zur Annäherung an Tiere mit dem Boot unterwiesen (*IAATO Guidelines for small boat operations in the vicinity of ice; guidelines for seal, bird, whale, wildlife watching*), sollte er von einem Mitglied des Expeditionsteams begleitet werden. Nur eine in Umweltweltaspekten geschulte Zodiacbesatzung kann mögliche Störungen und Beunruhigung von Tieren rechtzeitig erkennen und vermeiden.

Unter dieser Voraussetzung werden die potentiellen Auswirkungen die Integrität und Entwicklung des Ökosystems nur in sehr begrenztem Umfang beeinflussen. Mögliche Veränderungen sind innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Es bestehen Wissenslücken, ob der gleichzeitige Einsatz von acht oder mehr Zodiacs Auswirkungen hat, die über das Maß von „weniger als geringfügig und vorübergehend“ hinausgehen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (schädliches Einwirken auf Vogel- und Robbenansammlungen durch Wasserfahrzeuge; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG).

Alternativen sind die Wahl weniger stark frequentierter und sensibler Fahrgebiete und das vollständige Unterlassen der Tätigkeit.

Es besteht Forschungsbedarf, ob Überfrequentierung durch Zodiactouren langfristige negative Auswirkungen bewirkt und zu kumulativen Effekte führt. So könnten z. B. Wale aufgrund der wiederkehrenden Unterwasserschallemissionen dauerhaft sowie in Folgejahren aus einem Gebiet vergrämt werden. Studien aus anderen Gebieten an Delfinen im Zusammenhang mit Walbeobachtungstourismus deuten an, dass dies möglich ist (Bejder & Lusseau, 2008). Ein Gebiet würde so als Nahrungsgebiet in den Sommermonaten ausfallen, was sich möglicherweise auf die Population auswirken kann.

3.4.9.4.3 Kurzfristige Camps, schiffsgestützt

An den eisfreien Küsten der Antarktischen Halbinsel zelten Besucher und Besucherinnen, die mit Schiffen in die Antarktis gereist sind, für ein bis mehrere Nächte. Das Potential für negative Auswirkungen dieser Aktivität ist groß: Beunruhigung und Störung von Tieren durch Unterschreiten der Mindestabstände, Zerstörung von Vegetation, Einschleppen fremder Arten, Überfrequentierung, Hinterlassen von Abfall und Abwasser, gesteigert durch Fehlverhalten und kumulative Effekte. Die Kompetenz und das Umweltbewusstsein des Expeditionsteams sind entscheidend für das Maß der potentiellen Auswirkungen. So ist die Ortsauswahl mit der Einschätzung der Empfindlichkeit des Untergrunds, ein Besuchsmanagement wie in Kapitel 3.4.9.4.1 beschrieben sowie die gute Vorbereitung der Teilnehmer des Camps entscheidende operative Mitigationsmaßnahmen.

Im küstennahen Bereich sind die Einzelwirkungen entsprechend der Aktivität „Anlandung“ zu bewerten, die logistische Diskussion mit vorläufiger Bewertung erfolgt im Kapitel 3.5.3.5.

3.4.9.4.4 Berg- und Extremsport

Extremsport findet oft im Rahmen von Wohltätigkeitszielen (*sponsering*) statt, dient der Selbstverwirklichung und dem Aufstellen neuer Rekorde. Extreme Aktivitäten werden heute mit der Unterstützung professioneller Logistikanbieter geplant und durchgeführt (Kapitel 3.4.9.2). Berg- und Extremsport sind keine Einzelereignisse, sondern finden regelmäßig statt. Es kommt zu Nachahmungseffekten.

Die Expeditionsgebiete werden von den kleinen Gruppen meist mit einem Flugzeug erreicht. Vor Ort werden Camps für die Dauer der Expedition errichtet oder vorhandene Camps genutzt. Örtlich sind saisonale Basiscamps etabliert (Bsp. Mt. Vinson). Neuerdings wird das bergsportliche Ereignis gelegentlich durch sogenannte *Base jumps* ergänzt. Dafür wird zunächst ein Gipfel erklommen, um dann in spezieller Ausrüstung herunterzuspringen. Sicherungshaken verbleiben ggf. nach Beendigung der Bergklettertouren im Fels.

Es ist möglich in der Antarktis unter anderem Fallschirm zu springen, Gleitschirm zu fliegen und Fahrradtouren zu unternehmen. Die Varianten sportlicher Betätigungen sind so groß wie an jedem anderen Ort der Welt, erhalten aber durch die Abgeschiedenheit und die extremen Umweltbedingungen der Antarktis einen zusätzlichen Reiz. Es ist anzunehmen, dass auch künftig immer neue Sportaktivitäten in der Antarktis durchgeführt und etabliert werden.

Die Flora und spärliche Fauna der teilweise für sportliche Aktivitäten genutzten Inlandsgebiete werden im Kapitel 3.3 beschrieben. Einige Vogelarten wie Schneesturmvögel brüten in den Inlandsgebirgen.

Nachteilige Einzelwirkungen durch diese Aktivität können durch die Verletzung der Ursprünglichkeit, dem Verbleib von Abfall (Sicherungshaken), das Einschleppen nicht-heimischer Organismen, dem Verschleppen nicht-regionaler Arten, der Störung an Brutplätzen von Vögeln und Trittspuren entstehen. Entscheidend bei allen Einzelaktivitäten des Extremsports zur Gesamtbewertung der Aktivität ist die eingesetzte Logistik (Kapitel 3.5.3.).

Eine direkte Gefährdung besteht für die antarktische Umwelt aufgrund mangelnder Kontrolle der einzelnen Unternehmungen. Indirekt können weitere negative Folgen durch möglicherweise erforderliche Rettungsaktionen für die antarktische Umwelt eintreten.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Lärm und Anwesenheit von Personen, die Nutzung von Ausrüstungsgegenständen, unbeabsichtigtes Einschleppen nicht-heimischer Arten können zu Veränderungen bei Tier- und Pflan-

zenarten oder deren Populationen hinsichtlich deren Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität führen. Es können zusätzlichen Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen und Schädigung oder erhebliche Gefährdung für Gebiete von biologischer, wissenschaftlicher, historischer, ästhetischer Bedeutung oder der Gebiete mit ursprünglichem Charakter entstehen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4-6 AUG).

Die Aktivität ist zeitlich begrenzt, auf ein sehr kleines Gebiet begrenzt und wird von sehr kleinen Gruppen durchgeführt. Die interkontinentale Antarktis ist arm an Tierarten und Populationen, weshalb bei Auswahl eines wenig empfindlichen Ortes für die jeweilige Extremsportart lediglich weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen zu erwarten sind. Besondere Besorgnis besteht für Gebiete mit ursprünglichem Charakter. Terrestrische Ökosysteme der Antarktis und deren Empfindlichkeit gegenüber anthropogenen Belastungen sind in Kapitel 3.3.1 ff. ausführlich beschrieben.

Eine Extremtour muss gut geplant und vorbereitet werden, um Mitigationsmaßnahmen möglichst effizient einzusetzen. Zur Bewertung der reisespezifischen Auswirkungen touristischer Landreisen sollte der Fragenkatalog *„Questions to consider as part of the authorisation process for non-Governmental land-based activities in Antarctica“* herangezogen werden (*The Assessment of Land-Based Expeditionary Activities (ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 9, 2012*). In der dem Veranstalter ausgestellten Genehmigung sollte die individuelle Sub-Aktivität erfasst sein.

Eisfreie Gebiete der kontinentalen Antarktis gelten als „Habitatinseln“ (vgl. Kapitel 3.3.1.6). Es ist sicherzustellen, dass keine Organismen von einer Region in eine andere transportiert werden. Brutgebiete sind zu meiden. Das Logistik- und Expeditionsteam muss über Erfahrung verfügen, denn im Falle eines Unfalls würde eine Evakuierung zusätzliche Emissionen (Rettungsflugzeuge) und weitere Sicherungsvorkehrungen veranlassen. Daher ist sicher zu stellen, dass alle Teilnehmer über ausreichend Erfahrung bei der Durchführung der entsprechenden Tätigkeit verfügen und die notwendige Ausrüstung für polare Gebiete geeignet ist.

Bei Bergtouren verbleiben Sicherungshaken meist in der Umwelt (§ 21 ff. AUG). Das Entfernen der eingeschlagenen Sicherungshaken – sofern dies überhaupt möglich ist - würde weiteres Gestein beschädigen. Wo es möglich ist, könnten temporäre Klemmhaken bevorzugt eingesetzt werden. Sonstiger entstehender Abfall muss aus dem AV-Gebiet entfernt werden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Menschen zu Fuß können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen und Ansammlungen von Landpflanzen durch Niedertreten schädigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e AUG).

Die Auswirkungen des Betriebs der notwendigen Logistik (Luft- und Eisfahrzeuge, Feldcamps) sind in Kapitel 3.5.3 ff. beschrieben und vorläufig bewertet.

3.4.9.4.5 Unterwasserprobenahme für Demonstrationszwecke

Es werden Meeresorganismen mit kleinen Dredgen und Planktonnetzen an Bord geholt, um diese dem Publikum unter dem Mikroskop zu präsentieren. Nach dem Showprogramm werden die Fänge wieder über Bord gegeben. Je nach Kreuzfahrtprogram liegen wenige Stunden bis zu 1-2 Tagen zwischen Fang und wieder über Bord geben. Hier besteht die Gefahr des regionalen Verschleppens mariner Organismen, da das Schiff inzwischen weitergefahren ist.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Die Entnahme von Meersorganismen kann sich auf die Meeresumwelt und auf Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität auswirken (§ 3 Abs. 4 Nr. 3 und 4 AUG).

Diese Auswirkungen sind jedoch sehr kurzfristig, sehr kleinräumig und von einer nicht messbaren Intensität. Unbeabsichtigte Nebenwirkung kann das Aufwirbeln von Sediment sein. Dies ist kurzfristig (Stunden bis Tage) und sehr lokal. Die Probenmengen sind sehr klein und die Meeresbodengemeinschaften im Flachwasser durch Eisgang auf schnelle Wiederbesiedlung eingestellt (Kapitel 3.1.2.2.2). Ein naturwissenschaftlich ausgebildetes Expeditionsteam minimiert durch Wahl einer unempfindlichen Meeresbodengemeinschaft die potentiellen Auswirkungen. Nach der Demonstration sollten die Organismen unbedingt im gleichen Seegebiet wieder über Bord gegeben werden, damit keine Verschleppung von Arten in andere Regionen stattfindet. Es bestehen Wissenslücken zur Ausbreitung benthischer Gemeinschaften.

3.4.9.4.6 Fotographie

Eine beliebte und wohl die häufigste Aktivität von Besuchern und Besucherinnen der Antarktis ist die Fotographie. Diese führen sowohl die Passagiere der Kreuzfahrtschiffe, Flug- und Yachttouristen sowie professionelle Teams, die mit einem dieser Transportmittel mitreisen, aus. Neuerdings werden Video- und Fototrägersysteme mit Verlängerungsstangen versehen („Selfiestangen“) oder an fliegende Träger (Erläuterungen siehe Kapitel 3.2.1.2.9.5) befestigt.

Einige Expeditionskreuzfahrtschiffe setzten als zusätzliche Attraktion kleine Unterwasserkameras und ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge (*remote operated vehicle*) ein (vgl. Kapitel 3.1.2.3).

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Die Anwesenheit von Personen zu Fuß und das unbeabsichtigtes Einschleppen nichtheimischer Arten können sich auf Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich derer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie auf gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen auswirken (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Fotographie während Anlandungen lassen die bereits dort genannten Einzelwirkungen besorgen. Insbesondere durch Unterschreiten von Mindestabständen können Tiere beunruhigt und gestört werden. Fotographiert wird zeitlich (i.d.R. weinige Stunden) und lokal (z. B. während einer Anlandung) begrenzt.

Die potentiellen Auswirkungen (Störung durch Anwesenheit und Lärm) sind bei Einhaltung ortsspezifischer und Verhaltensrichtlinien von geringer Intensität. Es ist nach heutigem Kenntnisstand zu erwarten, dass bei verantwortungsvoll angewendeter Fotographie die Auswirkungen auf die Population weniger als geringfügig oder vorübergehend einzuschätzen sind und nicht darüber hinausgehen. Mögliche Veränderungen sind innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Menschen zu Fuß können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen und Ansammlungen von Landpflanzen durch Niedertreten schädigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e AUG).

Mindestabstände und weitere o. g. Regeln eines verantwortungsvollen Besuchsmanagements müssen gleichermaßen von professionellen Kamerateams wie von privat reisenden Personen eingehalten werden. Mindestabstände gelten inklusiv der eingesetzten Ausrüstung. In der Nähe von Tieren darf kein Blitzlicht verwendet wird, um diese nicht zusätzlich zu gefährden. Es muss vermieden werden auf Landvegetation zu treten.

Fotographie mittels mit Kameras besetzten Trägersystemen - „Drohnen“:

Kleine ferngesteuerte Flugobjekte, sogenannte „Drohnen“ können heute von jedermann erworben und gesteuert werden. Die Beeinträchtigung durch Überfliegen und Lärm können erhebliche negative Auswirkung in Form von Beunruhigung und Störung über Fluchtreaktionen bis zur Aufgabe des Brutplatzes bewirken (vgl. Kapitel 3.2.1.2.9.5).

Die von der Gemeinschaft der Reiseveranstalter IAATO für die Saison 2015/2016 abgestimmten *IAATO Guidelines for the use of Unmanned Aerial Vehicles in Antarctica* setzten die Benutzung von Drohnen für Freizeitzwecke aus, erlauben aber den Einsatz im Inland oder an Schelfeisküsten sowie generell für wissenschaftliche oder kommerzeille Zwecke, wenn eine Genehmigung/Notifizierung eines Antarktis-Vertragsstaates vorliegt. Inzwischen ist dieser GL Entwurf zu einem Statement herabgesetzt worden.

Vorläufige Bewertung von „Drohnen“ nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügig oder vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Beunruhigung Tierarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5 AUG).

Der Einsatz von einer oder mehrerer Drohnen an Anlandestellen oder über dem Wasser durch Passagiere und Bordfotographen lässt unter bestimmten Einsatzbedingungen erhebliche Schädigungen von Tieren und Tieransammlungen besorgen, die sich auf die Population auswirken können. Die Veränderungen sind möglicherweise nicht innerhalb eines Jahres verschwunden. Kumulative Folgen durch die gleichen Aktivitäten anderer Unternehmen sind zu erwarten.

Das mögliche Ausmaß einzelner Störungen durch eine Drohne wird derzeit in einer Feldstudie untersucht (Mustafa *et al.*, 2014). Bis die Ergebnisse vorliegen, wird dringend davon abgeraten, Reiseveranstaltern die Genehmigung zur Durchführung fotographischer Drohnenflüge zu erteilen.

Betroffenheit § 17 AUG

§ 17 AUG ist betroffen, da durch Fliegen mit Luftfahrzeugen Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigt, Vögel und Vogelansammlungen durch Menschen zu Fuß beunruhigt und Landpflanzen durch Niedertreten geschädigt werden können (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a, d, e AUG). Auch sind Störungen einzelner Säugetiere oder Vögel möglich (§ 17 Abs. 1 Nr. 1 AUG).

Der Einsatz von Drohnen wird nach jetzigem Kenntnisstand für touristische Einsätze nicht empfohlen (vgl. Forschungsmethoden antarktische Warmblüter, Kapitel 3.2.1.2.9.5).

3.4.9.4.7 Wassersport

Wassersport wie Tauchen, Schnorcheln und Kajak fahren sind seit Ende der neunziger Jahre beliebte touristische Aktivitäten in der Antarktis. Während in den Anfängen Wassersport eher als Extremsport galt, werden heute regelmäßig Wassersportaktivitäten für Passagiere von Kreuzfahrtschiffen angeboten. Neben den bereits erwähnten Wassersportarten zählen Schwimmen und Trendsportarten wie *Stand-up paddling* und Surfen zum Angebot der Reiseveranstalter. In erster Linie werden die Wasseraktivitäten allerdings nicht als Sport durchgeführt, sondern als Perspektivenwechsel bei der Naturbeobachtung und der Möglichkeit, sich „weg von der Passagiermasse“ zu bewegen. Ein weiteres, beliebtes Event ist der sogenannte *polar plunge*. Passagiere und Crew springen für Sekunden in Badebekleidung ins Meerwasser.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund von Lärm und Anwesenheit von Personen im und auf dem Wasser Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich deren Verbreitung,

Häufigkeit oder Produktivität (§ 3 Abs. 4 Nr. 4 AUG). Darüber hinaus sind Auswirkungen auf Gebiete von biologischer, wissenschaftlicher, historischer, ästhetischer Bedeutung oder der Gebiete mit ursprünglichem Charakter zu besorgen(§ 3 Abs. 4 Nr. 6 AUG).

Wassersport findet in kleinen Gruppen statt, ist zeitlich (Stunden) und örtlich (wenige hundert Meter) begrenzt und nach heutigem Kenntnisstand von einer nicht messbaren Intensität.

Tauchende, schwimmende und auf Eisschollen ruhende Tiere und Tieransammlungen können beunruhigt oder gestört werden. Alle Wassersportaktivitäten sollten mit großer Sorgfalt geplant und durchgeführt werden. Tritt ein Notfall ein, würden die Umweltauswirkungen ansteigen, z. B. wenn das Schiff für eine Evakuierung die Route ändern und eine verunfallte Person ausgeflogen werden muss. Die die Wassersportaktivitäten begleitenden Mitglieder des Expeditionsteams sollten Erste Hilfe- und Mann-über-Bord-Kenntnisse für das Versorgen und Bergen einer im Wasser treibenden, unterkühlten Person besitzen.

Die *IAATO Guidelines for Sea Kayaking* sind mindestens einzuhalten. Der Leiter der Aktivität sollte über ausgewiesene Erfahrung im Kayaking auf kalten Meeren und über gute Ortskenntnisse verfügen. Sprechkontakt mit dem Schiff ist sicherzustellen und ein GPS mitzuführen. Enge Passagen, in denen große Schiffe verkehren z. B. die Einfahrt von *Deception Island - Neptuns Window* - sollten gemieden oder nur in Bereichen befahren werden, an denen große Schiffe nicht passieren können.

Die *IAATO Guidelines for Underwater activities* sind mindestens einzuhalten. Der *dive master* sollte Erfahrung in der sicheren Planung und Durchführung polarer Tauchgänge besitzen. Es wird empfohlen, dass die verantwortliche Person eine höhere Gradierung besitzt, z. B. *instructor*. Touristen und Touristinnen, die in der Antarktis tauchen, sollten über Taucherfahrung im kalten Wasser verfügen und eine kaltwassertaugliche Ausrüstung verwenden. Die körperliche Eignung der Taucher sollte durch einen Arzt attestiert sein.

Bei Badeereignissen von Land aus, sind ortspezifische (z. B. ASMA Deception Island) und allgemeine Verhaltensrichtlinien einzuhalten (*Code of Conduct for Activities within Terrestrial Geothermal Environments (ATCM XXXVIII CEP XVIII, Sofia CoC, 2015)*. Weniger negative Auswirkungen sind bei Durchführung des *polar plunge* im freien Wasser von einem Zodiac zu erwarten, weil dort keine Spuren hinterlassen werden können.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (schädliches Einwirken durch die Benutzung von Wasserfahrzeugen; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG). Die Anwesenheit von Menschen kann brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d AUG).

Mindestabstände zu Tieren, vorsorgliche Maßnahmen gegen das Einschleppen von nicht-heimischen Arten sowie die weiteren Leitlinien für Besucher und Besucherinnen der Antarktis und die Empfehlungen *IAATO General Wildlife Watching, IAATO Cetacean Watching Guidelines, IAATO Seal Watching Guidlines, IAATO Bird Watching Guidelines* sind einzuhalten. Laute Gespräche und Rufe sollten – außer im Notfall- vermieden werden.

3.4.9.4.8 Massen- und Sonderveranstaltungen

Die Vielfältigkeit besonderer Aktivitäten im AV-Gebiet folgt der weltweiten Entwicklung der Freizeit-, Medien- und Tourismusindustrie. Die bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen und bewerteten Individual-Sportarten machten dies bereits deutlich.

Weitere spezielle Veranstaltungen können Fußball-, Kricketspiele, Geocoaching oder Musik- und Kunstveranstaltungen sowie Werbe-, Journalismus- oder Wohltätigkeitsveranstaltungen sein. Religiöse und künstlerische Selbstverwirklichung finden im AV-Gebiet ebenso statt wie z. B. Management-Workshops.

Sowohl Massen- als auch Sonderveranstaltungen können einmalig (z. B. Kunstausstellung) oder mehrmalig (z. B. Marathonläufe) durchgeführt werden.

Die Motivation für diese besondere Veranstaltungen – privat, kommerziell oder Wohlfahrt- hat für das Ausmaß der potentiellen Auswirkungen auf die antarktischen Komponenten keinen Einfluss, daher wird diese Einteilung hier nicht vorgenommen.

Es ist keine allgemeine vorläufige Bewertung bezüglich Massen- und Sonderveranstaltungen möglich, die Variationen sind zu vielfältig. Zudem ist die Intensität einer potentiellen Auswirkung einer speziellen Veranstaltung sehr stark orts- und ausführungsbedingt. Die eingesetzte Logistik und die Güte der Vorbereitung prägen außerordentliche Einzelevents entscheidend.

Massen- und Sonderveranstaltungen sind sorgfältig zu planen, daher müssen die verantwortlichen Personen über Antarktiserfahrung verfügen. Die Evaluierung des Umweltrisikos sollte bei Massen- und Sonderveranstaltungen auf Basis einer Risikoanalyse und unter Berücksichtigung des Fragenkatalog *„Questions to consider as part of the authorisation process for non-Governmental land-based activities in Antarctica“* (*The Assessment of Land-Based Expeditionary Activites (ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 9, 2012*) erfolgen.

Die Vorgehensweise zur vorläufigen Bewertung einer bestimmten Sonderveranstaltung folgt der Stufe 2 des in dieser Studie vorgestellten Bewertungsschemas für jede Einzelaktivität (vgl. Kapitel 2.2.2). Die eigentliche Sonderveranstaltung ist als Sub-Aktivität einzubeziehen.

Neben den allgemeinen (Kapitel 3.4.8), sollten auch die jeweiligen aktivitätsspezifischen Empfehlungen eingehalten werden, z. B. *IAATO Marathon, Triathlon Draft Guidelines for Organizing Marathons or Running Events*.

„Marathon auf dem 7. Kontinent“ wird gemeinhin als Massenveranstaltung bezeichnet, wobei an einzelnen Läufen wie z. B. am Südpol kaum mehr als 10 Personen teilnehmen. Aufgrund der bestehenden Begrenzung von „nicht mehr als 100 Personen an Land“ kann die „Massenveranstaltung“ Marathon nicht auf mehr als 100 Personen (zuzüglich Helfer) anwachsen. Allerdings ist es möglich mehrere Marathonläufe nacheinander an verschiedenen Tagen durchzuführen wie das auf King-Georg-Island bereits praktiziert wird.

3.4.9.4.8.1 Beispiel Marathon auf King-George-Island

Auf King George Island werden seit 1995 Marathonläufe mit begrenzten Teilnehmerzahlten organisiert. Die Teilnehmer reisen mit Kreuzfahrtschiffen an und werden mit Zodiacs angelandet. Dort werden diese pro Lauf in Gruppen von maximal 100 Personen ins Rennen geschickt. Es finden mehrere Rennen pro Saison an verschiedenen Tagen statt. Start und Ziel liegen an der russischen Forschungsstation, der Kurs verläuft in mehreren Runden entlang der uruguayischen, chinesischen und chilenischen Stationen auf den Wegen dazwischen. Die Forschungsstationen sind informiert und haben ihre Einwilligung gegeben, Personal von Forschungsstationen kann am Lauf teilnehmen.

Die Wegstrecke ist mit temporären Wegmarkierungen gekennzeichnet. Die Rennleitung benutzt auf den Wegen Quads (vgl. Kapitel 3.5.3.17) für die Organisation vor Ort. Am Startpunkt befinden sich „Toiletten“ in Form von Containern, die anschließend wieder entfernt werden. Die Teilnehmer deponieren ihre Trinkvorräte in Flaschen während der ersten Laufrunde und sammeln diese auf der letzten Laufrunde wieder ein. Es werden keine Lebensmittel wie frisches Obst/Bananen an Land angeboten, die Teilnehmer führen Energieriegel o. ä. mit. Diese müssen vorher ausgepackt und in feste Behältnisse umgepackt werden, damit keine Verpackung verwehen kann.

Vorläufige Bewertung „Massenveranstaltung“ am Beispiel Marathonlauf nach § 4 Abs. 3 AUG:: weniger als geringfügig und vorübergehend

Begründung: Betroffene Schutzgüter sind aufgrund der Bewegung der Läufer und eines unbeabsichtigten Einschleppens nicht-heimischer Arten Tier- und Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität sowie gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen. Auch Gebiete von ursprünglichem Charakter können negativ beeinflusst werden (§ 3 Abs. 4 Nr. 4, 5, 6 AUG).

Marathonläufe sind zeitlich (‹ 7h) befristet und finden in unempfindlichen Terrain statt. Die Intensität einer potentiellen Störung durch 100 Läufer verteilt auf die Rennstrecke ist niedrig, sofern auf vorhandenen Wegen gelaufen wird. Die Streckenwahl ist entscheidend für das Maß der potentiellen Auswirkungen.

Die für touristische Anlandungen (Kapitel 3.4.8) und das Gebiet zutreffenden Richtlinien und Managementpläne sowie die *IAATO Marathon, Triathlon Draft Guidelines for Organizing Marathons or Running Events* müssen eingehalten werden. Forschungsstationen, die an der Route liegen, müssen über die Aktivität informiert sein und diesen zustimmen.

Es ist Vorsorge zu treffen, dass keine nicht-heimischen Organismen eingetragen werden. Die Laufkleidung, insbesondere die Schuhe sind sorgfältigen *bio-security* Maßnahmen zu unterziehen.

Es ist Vorsorge zu treffen, dass kein Abfall verweht. Entstandener Abfall ist aus dem AV-Gebiet zu entfernen (§ 21 ff. AUG).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Menschen zu Fuß können brütende Vögel, Vögel in der Mauser oder Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen, Pflanzenansammlungen können durch Niedertreten geschädigt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 d, e AUG).

Die Laufstrecke ist so zu wählen, dass diese mindestens einen Abstand von 500 m von Tieransammlungen und deren Wegen zum Wasser einhält. Es darf nicht auf Vegetation gelaufen werden, sondern nur auf permanenten Schnee oder vorhandenen Straßen.

Bei der Organisation und Durchführung ist logistische Unterstützung eines Kreuzfahrtschiffes notwendig, welche die Gesamtbewertung entscheidend bestimmt (Kapitel 3.5.3.9). Die Auswirkungen durch Landfahrzeuge sind in Kapitel 3.5.3.18 beschrieben und vorläufig bewertet.

3.4.9.4.9 Motorsport und Einsatz von Landfahrzeugen

Landfahrzeuge wie Skidoo, Truck, Tricycle, Quad, Traktor und Motorrad werden v. a. bei Inlandsexpeditionen zur Fortbewegung, zum Transport von Material und als eigentliche Aktivität, beispielsweise „*drive through all the 7 continents*“ oder „*Amundsen race Arctic truck*“ eingesetzt.

Die Auswirkungen von Landfahrzeugen durch ihre im Betrieb entstehenden Luftschadstoff- und Schallemissionen, Schädigungen der Organismengemeinschaften auf eisfreien Böden und notwendige Treibstoffdepots– sind in Kapitel 3.5.3.18 ausführlich beschrieben und bewertet.

Es sollte Vorsorge getroffen werden, dass keine Organismen von einer Region in eine andere transportiert werden (*IAATO Guidelines for Cleaning Vehicles*) und entstehender Abfall aus dem AV-Gebiet entfernt wird. Es ist sicherzustellen, dass die verantwortlichen Personen vor Ort über Antarktiserfahrung verfügen.

3.5 Logistische Tätigkeiten in der Antarktis

3.5.1 Einleitung

Aktivitäten in der Antarktis sind für den Menschen nur mit Hilfe des Einsatzes von Logistik möglich. Diese Logistik umfasst den Betrieb von Stationen und Camps, den Transport von Menschen und Versorgungsgüter, Energieversorgung, Entsorgung und die Unterstützung der eigentlichen Forschungs- und Tourismusaktivitäten. Die logistische Gesamtversorgung ist die Voraussetzung jeglicher Aktivitäten in der Antarktis.

Als Basis für Forschungsaktivitäten in der Antarktis dienen Forschungsstationen und Forschungsschiffe. Derzeit sind insgesamt 30 Nationen mit über 80 permanent oder zeitweise besetzten Forschungsstationen oder Laboren in der Antarktis vertreten (COMNAP, 2015). Die Bundesrepublik Deutschland betreibt die Neumayer-Station III, die Kohnen-Station, das Dallmann-Labor innerhalb der argentinischen Forschungsstation Carlini, die Gondwana-Station und GARS O'Higgins.

Die interkontinentale Versorgungslogistik für die Forschungsstationen in der Antarktis wird durch Schiffe und Flugzeuge gewährleistet. Die innerkontinentale Forschungslogistik nutzt Kleinflugzeuge, Hubschrauber, Schneefahrzeuge, große und kleine Schiffe.

Für die Versorgung der deutschen Forschungsstationen beteiligt sich Deutschland an dem Versorgungsnetzwerk Dronning Maud Land Air Network (DROMLAN) und sucht Kooperationen mit den Forschungsstationen anderer Länder (z. B. Dallmann-Labor mit der argentinischen Station Carlini). Die Versorgung betrifft sowohl Ausrüstung als auch Treibstoff, Lebensmittel, z. T. Baumaterial und das Personal der Forschungsstationen.

Das deutsche Forschungsschiff Polarstern wird sowohl zu wissenschaftlichen Zwecken als auch zur logistischen Versorgung eingesetzt. Reger Schiffsverkehr herrscht zudem in der Antarktis durch touristische Aktivitäten (Kapitel 3.4). Da Schiffe und Flugzeuge größere Mengen Treibstoff mitführen und sich unter extrem schwierigen navigatorischen Bedingungen bewegen, ist das Potential für einen Unfall mit Schadstoffeintrag in polaren Regionen ungleich höher als in gemäßigten Breitengraden. Aufgrund der niedrigeren Temperaturen würden die Folgen einer Havarie die Umwelt länger beeinträchtigen.

Um die Beeinträchtigungen der antarktischen Umwelt durch Schadstoffeinträge oder durch die Beunruhigung von Tieren so gering wie möglich zu halten, haben sich die Antarktisvertragsstaaten auf Regelungen des Schiffs- und Flugverkehrs geeinigt, die zum Teil weit über deren internationale Regelungen hinausgehen (ATS Annex IV und V, 2012; siehe auch Kapitel 3.5.3.7). So ist es beispielsweise verboten, Schweröl in der Antarktis zu bunkern und es gelten für Flug- und Schiffsbewegungen Abstandsregelungen zu Wildtieren. Zur Vermeidung der unbeabsichtigten Einführung nicht-heimischer Arten haben COMNAP, SCAR und die ATCM ein Handbuch erarbeitet, das Hinweise für Flugzeuge, Schiffe, Frachtoperateure, Lebensmittellieferanten und für das logistische und wissenschaftliche Stationspersonal enthält (COMNAP/SCAR, 2010, ATCM 34, 2011).

Die Beeinträchtigungen durch logistische Tätigkeiten entstehen durch Schall- und Schadstoffemissionen, Abfälle, Abwässer, das Beunruhigen oder Stören von Seevögeln und Säugern sowie die Zerstörung der Bodenvegetation, Habitatverlust und Beeinträchtigung der Bodenfauna durch Fahrzeugbewegungen und Trittschäden, das mögliche Einschleppen nicht-heimischer Arten, das Verschleppen von Organismen innerhalb der Antarktis sowie die Bedrohungen durch Havarien von Schiffen, Leckagen an Tanklagern oder Treibstoffleitungen.

Potentiell können durch logistische Aktivitäten für Forschung und Tourismus die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG und § 17 Abs. 1 AUG betroffen sein.

Im Folgenden werden innerhalb der Bündelung jeweils zuerst die verschiedenen logistischen Aktivitäten beschrieben, anschließend der Kenntnisstand zu möglichen Umweltbeeinträchtigungen aufgeführt, um abschließend die vorläufige Bewertung vorzunehmen.

3.5.2 Formen logistischer Aktivitäten und Bündelung

Logistische Aktivitäten haben keinen Selbstzweck, sondern dienen immer der Unterstützung einer wissenschaftlichen oder touristischen Aktivität. Die potentiellen Auswirkungen logistischer Aktivitäten sind bei der Bewertung einer Gesamtaktivität zu berücksichtigen.

Die logistischen Einzelaktivitäten werden im Folgenden aufgrund bekannter Auswirkungen auf antarktische Komponenten vorläufig bewertet, ohne eine bestimmte Reise und Expedition zu benennen.

Ausgehend von den logistischen Aktivitäten und den dafür genutzten Einrichtungen und Geräten wurde eine Bündelung entsprechend der Charakteristik, des Einsatzbereiches und der potentiellen Umweltauswirkungen vorgenommen (Abbildung 9; vgl. Kapitel 2.2.1).

Abbildung 9: Bündelung der logistischen Mittel

Stationen Kapitel 3.5, Schiffe Kapitel 3.5.3.6, Flugzeuge Kapitel 3.5, Landfahrzeuge Kapitel 3.5, sonstige Hilfsmittel Kapitel 3.5.3.21

Großbohrprojekte erfordern eine umfangreiche Logistik, die einen stationsähnlichen Charakter hat. Deshalb werden hier Großbohrprojekte im Kapitel Stationen 3.5.3.2.3 gebündelt.

Die logistisch begründeten Einzelwirkungen auf die antarktischen Schutzgüter werden in diesem Kapitel 3.5 beschrieben und vorläufig bewertet. Einzelwirkungen, die in Folge der jeweiligen touristische Hauptaktivität eintreten können, werden im Kapitel 3.4 beschrieben und vorläufig bewertet, die wissenschaftlichen Aktivitäten in den jeweiligen Kapitel 3.1 Meereskunde, 3.2 Endotherme, 3.3 Terrestrik.

Eine grundsätzliche Beurteilung der Auswirkungen logistischer Aktivitäten auf die antarktischen Schutzgüter erfolgt nach § 3 Abs. 4 AUG in Verbindung mit § 4 Abs. 3 AUG und § 17 AUG sowie unter Berücksichtigung der §§ 21 ff. AUG.

3.5.3 Logistische Aktivitäten mit ihren Einzelwirkungen

Für die Einzelaktivitäten wird im Folgenden aufgrund bekannter potentieller Auswirkungen auf antarktische Komponenten eine vorläufige Bewertung abgegeben, ohne eine bestimmte Aktivität oder Kombination mit anderen Aktivitäten zu benennen. Als antarktische Komponenten wurden für die einsatzunabhängige Bewertung („Stufe 2“) logistischer Aktivitäten gewählt: Luft, Wasser, Boden (Geologie, Fossilien, Organismen), Landpflanzen, Litoral, Meereis, Robben, Wale, Vögel (s. Tabelle 2).

Die abschließende Bewertung einer touristischen Aktivität muss auf Basis der reisespezifischen Besonderheiten, wie der Größe der Personengruppen, des Ortes und der Jahreszeit, der Erfahrung der

Durchführenden, der Bewertung der Hauptform (Schiff/Flug/Inlandexpedition), der Sub-Aktivitäten und der eingesetzten Logistik, erfolgen.

3.5.3.1 Bau von permanenten Stationen

Der Bau von Stationen sowie von großen logistischen Stützpunkten lässt Umweltbeeinträchtigungen erwarten, die mehr als geringfügig oder vorrübergehend sind (§ 4 Abs. 3 in Verbindung mit § 3 Abs. 4 AUG). Entsprechend *Recommendation* ATCM XV-17 (1989) mit Wirkung ab 2004 sollte dem Bau von Stationen und größeren Projekten mit logistischer Unterstützung (z. B. Großbohrprojekten) eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorausgehen[10]. Der Bau von Forschungsstationen wird daher in der vorliegenden Studie nicht weiter diskutiert.

3.5.3.2 Betrieb von Stationen und Camps

3.5.3.2.1 Permanente Stationen

Permanente Stationen sind feste Infrastrukturen in der Antarktis. Sie dienen der Nutzung der Antarktis für friedliche Zwecke, Gewährleistung der wissenschaftlichen Forschung und Verfolgung von Umweltschutzanliegen. Teilweise sind diese ganzjährig besetzt, teilweise nur in den Sommermonaten.

Derzeit gibt es permanente touristische Infrastrukturen nur innerhalb von Forschungsstationen. Allerdings werden touristische Stützpunkte für den Inlandtourismus für mehrere Monate errichtet und „lagern“ Teilstrukturen übersaisonal (vgl. Kapitel 3.4.9.2).

Die Stationen sind meist Containerkonstruktionen, die auf Eisflächen oder zeitweise eisfreiem Grund errichtet werden und Unterkunft und Stützpunkt für viele Personen bieten.

Mit der Eröffnung der Georg-Forster Station 1976 an der Schirmacher Oase durch die ehemalige DDR nahm die erste deutsche Forschungsbasis in der Antarktis ihre Arbeit auf. Diese erste Station war ein Basiscamp nahe der russischen Station Nowolasarewskaja. Danach folgten die Neumayer-Stationen I-III (von 1981 bis heute), die Filchner- Station (1982 – 1998), die Station Gondwana (1983), GARS O´Higgins (1991) und die Kohnen-Station (2001; Tabelle 13).

[10] “Recognizing that the establishment of a new station or major logistic support facility is an activity which is likely to have more than a minor or transitory effect on the environment and is therefore subject to the Comprehensive Environmental Evaluation procedure described in Recommendation XIV-2.“

Tabelle 13: deutsche Forschungsstationen in der Antarktis

Station	Ort	Besatzung	Betreiber	Besonderheiten
Neumayer-Station III	Atka Bucht, nordöstliches Weddellmeer Ekström-Schelfeis	ganzjähriger Betrieb, Sommer max. 40, Winter max. 9 Personen	Alfred-Wegener-Institut Helmholz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	Ver- und Entsorgung 1x pro Jahr durch FS Polarstern und Flugzeuge
Kohnen-Station	ca. 750 km von der Neumayer-Station III auf dem Inlandeisplateau	nur im Sommer, max. 20 Personen	Alfred-Wegener-Institut Helmholz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung	Versorgung durch Land-Traversen und Flugzeuge, Basis für EU-Projekt EPICA und nachfolgende Projekte
Dallmann-Labor	King-George-Island, Süd-Shetlandinseln	nur im Sommer, max. 14 Personen	Alfred-Wegener-Institut Helmholz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung und Instituto Antartico Argentino	Kooperation mit der argentinischen Station Carlini
Gondwana-Station	Terra Nova Bay, Rossmeer	nur im Sommer max. 20 Personen	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	Modernisierung durch BGR 2016 abgeschlossen
German Antarctic Receiving Station (GARS O´Higgins)	Peninsula Schmidt, Nordspitze Antarktische Halbinsel	ganzjähriger Betrieb min. 4, max. 10 Personen	Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	Kooperation mit chilenischer Station O´Higgins

3.5.3.2.2 Temporäre Stationen (Eis- und Feldcamps)

Im Rahmen einzelner Forschungsprojekte oder touristischer Touren werden für wenige Personen bis kleinen Gruppen Camps aus Zelten oder stabileren Glasfaser-Iglus errichtet. Temporäre Stationen befinden sich zumeist auf Schnee- oder Eisflächen oder küstennah auf vegetationsfreien Böden.

Zelte werden vor Ort aufgebaut und nach Abschluss der Tätigkeit wieder demontiert. Sie bestehen ebenso wie die Iglus häufig aus Material mit leuchtenden Farben, um auch unter schwierigen Sichtverhältnissen ein Wiederauffinden zu erleichtern. Zelte und Iglus stellen eine minimale und zeitlich begrenzte Beeinträchtigung des Landschaftsbildes dar.

Ein Beispiel für ein Forschungscamp ist die Drescher Station, die bei Bedarf am *Riiser-Larsen*-Schelfeis an der Ostküste des Weddellmeeres errichtet wird. Dafür werden mobile Wohncontainer - sogenannte „rote Tomaten“ - an Bord von FS Polarstern einschließlich Inneneinrichtung vormontiert und mit einem Hubschrauber auf dem Eis abgesetzt. Am Ende der Forschungstätigkeit bzw. am Ende der Saison werden alle Einrichtungen wieder vollständig abgebaut.

Touristische Unternehmen errichten zur Durchführung von Inlandsexpeditionen sowie für kurze Übernachtungen an der Küste Zeltlager. Diese können eine Dauer von Stunden (*multi night coastal camping*) bis mehrere Monate (*Union Glacier Camp*) haben. Bei touristischen Unternehmungen kommen

meistens sogenannte *PolyPod Snowcamper* zum Einsatz. Diese kleinen Glasfaser-Iglus können von Schneefahrzeugen wie Pistenbullies oder Skidoos als Anhänger gezogen werden oder werden per Hubschrauber abgesetzt.

3.5.3.2.3 Bohrprojektstationen

Bohrprojekte, die über mehrere Monate oder Jahre angelegt sind, erfordern eine Logistik, die mit dem Bau von permanenten Stationen und deren Betrieb vergleichbar ist. Charakteristisch für alle Bohrprojekte ist der sehr große Energiebedarf für die Bohrgeräte, so dass mehrere leistungsfähige Generatoren und umfangreiche Treibstoffdepots notwendig sind (Siegert *et al.*, 2012). Bohrprojekte produzieren erhebliche Schallemissionen durch den Betrieb der Bohrgeräte und Generatoren.

Die Bohrcamps der bisherigen Großbohrprojekte wurden als Sommerstationen errichtet und anschließend z. T. über mehrere Jahre genutzt (Tabelle 14). Die Errichtung und Versorgung erfolgte bislang über Inlandseistraversen ergänzt durch Kleinflugzeuge für den Transport von Personen und Material. Moderne Technik reduziert zunehmend den logistischen Aufwand und die Dauer von Bohrcamps, den Energieaufwand und den Einsatz von Bohrflüssigkeiten.

Tabelle 14: Beispiele für Bohrprojekte in der Antarktis

Projekt	Ziel	Lage
EPICA1 2001 bis 2006	Eisbohrkerne für Klimaforschung Bohrtiefe Dom C 3270 m, Kohnen Station 2774 m	2 Bohrstationen: Kohnen Station -Dronning Maud Land, Concordia Station (Dome C) – Ostantarktis
WISSARD2 seit 2010 - 2014	Bohrloch für Sensoren und Sedimentproben, Stabilität des Eisschilds und subglaziale Geobiologie Bohrtiefe: ca. 1000 m	Bohrstation auf Whillans Ice Stream (West Antarktis)
Lake Ellsworth3 2012	Wasser- und Sedimentproben des subglazialen Sees Lake Ellsworth Bohrtiefe im Eis: ca. 3000 m	Bohrcamp Saison 2012: West Antarctic Ice Sheet, ca. 70 km westlich der Ellsworth Mountains
ANDRILL4 seit 2006	Gesteins- und Sedimentbohrkerne für Klimaforschung Subprojekte: McMurdo Ice Shelf (MIS) 2006-07, Bohrtiefe im Eis: ca. 90 m (HWD) Southern McMurdo Sound (SMS) 2007-08 Bohrtiefe Eis: ca. 9 m, Sedimentbohrkern: 1100 m Coulman High Project (CHP) geplant 2016 - 2018	3 Bohrcamps für Subprojekte: Nahe McMurdo Station und im McMurdo Sound
Lake Vostock5 seit 1990-iger Jahren	Eisbohrkerne für Klimaforschung, Wasserproben Bohrlöcher, zum Teil wiederholt genutzt Bohrtiefe: 3741 m	Vostok Station: East Antarctic Ice Sheet

Informationen: [1]esf.org/index.php?id=855, [2]wissard.org, [3]ellsworth.org.uk, [4]andrill.org, [5] IEE Lake Vostok, AARI 2014, in ATCM37

Nach dem Ende von Großbohrprojekten verbleiben häufig Konstruktionsteile wie Stahlträger für die Containerplattformen, Holzabdeckungen, Elektrokabel und Kunststoffröhren der „temporären“ Station im Eis (Juterzenka & Spindler, 2000). Dieser Verbleib erfolgt planmäßig, da die Entfernung dieser Teile sehr aufwändig wäre und vermutlich größere Umweltbeeinträchtigungen zur Folge hätte, als ihr Verbleib an Ort und Stelle.

Bohrstationen werden in der vorliegenden Studie entsprechend ihrer potentiellen Umweltauswirkungen nach Dauer und Intensität der eingesetzten Hilfslogistik korrespondierend zu permanenten Stationen bzw. temporären Stationen vorläufig bewertet.

3.5.3.3 Umweltbeeinträchtigungen durch den Betrieb von Stationen und Camps

3.5.3.3.1 Emissionen in die Luft

Der Betrieb permanenter und temporärer Stationen erfordert die Versorgung mit Wärme und Elektrizität, die bislang vor allem durch Dieselgeneratoren sichergestellt wird. Lediglich auf der Neumayer-Station III kann ein Teil der benötigten Energie aus Windenergie gewonnen werden.

Der Betrieb von Generatoren und Fahrzeugen erzeugt Abgase mit Luftschadstoffen wie Schwefeloxiden (SOx), Stickoxiden (NOx), Kohlendioxid (CO_2) und Partikel (PM).

Stickoxide (NOx) tragen durch atmosphärische Deposition zur Nährstoffanreicherung (Eutrophierung) der terrestrischen und marinen Lebensräume bei. Schwefeloxidemissionen (SOx) tragen durch Deposition zur Versauerung der terrestrischen und marinen Lebensräume bei. Durch die Verbrennung von fossilem Treibstoff entsteht das klimawirksame Kohlendioxid (CO_2).

Abgase werden durch Wind verdriftet und gelangen als atmosphärische Deposition auf Schnee- und Eisoberflächen, schneefreie Landflächen oder direkt ins Meer. Auf Schnee- und Eisoberflächen können diese Depositionen die Albedo verringern und damit zum schnelleren Abschmelzen beitragen (Flanner *et al.*, 2007, Sand *et al.*, 2013). Durch Wind wird die Abgasfahne verteilt und verringert die Konzentration der Schadstoffe. Aufgrund von Neuschneeauflage und möglichen Schneeverwehungen ist der Albedoeffekt unter Umständen nur kurzfristig wirksam, der Schadstoffeintrag in die Gletscherumwelt verbleibt jedoch dauerhaft (UVS NM III, 2005). Unter der Annahme, dass der Ausstoß von Emissionen kontinuierlich erfolgt, ist auch die Albedo dauerhaft beeinträchtigt.

3.5.3.3.2 Entstehung von Abwasser

Im Stationsbetrieb permanenter Stationen fallen Abwasser aus Küche, Wäscherei, Labor sowie Sanitärbereich an.

Temporäre Stationen erzeugen deutlich geringere Mengen Abwasser, abhängig von der Dauer des Camps und der Anzahl der Bewohner. Das entstehende Abwasser ist vor allem Fäkalabwasser.

Abwässer aus Küche und Wäscherei enthalten Stoffe, die in der Umwelt eutrophierend oder toxisch auf Organismen wirken können. Fäkalabwasser enthält eutrophierende Bestandteile sowie eventuell pharmazeutische Rückstände und menschliche Pathogene. Menschliche Pathogene, u. a. *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. und *Campylobacter* spp. sind an verschiedenen Orten in antarktischen und subantarktischen Vögeln, im Boden und in den Küstengewässern in der Nähe von Stationen nachgewiesen worden.

Bisher gibt es keinen Nachweis für einen Zusammenhang mikrobieller Kontamination und Erkrankungen bei Wildtieren weder im marinen noch im terrestrischen Bereich, allerdings wird ein Zusammenhang auch nicht ausgeschlossen (Grondahl *et al.*, 2009; Tin *et al.*, 2009; Raines, 2010; Smith & Riddle, 2009; Power *et al.*, 2016; Stark *et al.*, 2016).

Permanente Stationen sind heute mit Abwasserbehandlungsanlagen ausgestattet (Grondahl *et al.*, 2009). Einige dieser Anlagen besitzen zusätzlich eine Desinfektionsstufe, die eine Einschleppung menschlicher Pathogene weitgehend ausschließen (ATCM 36, 2013). Die Einleitung von Abwässer kann in der Nähe der Einleitstelle zu einer Anreicherung von gelösten organischen Bestandteilen, menschlichen Pathogenen und Schadstoffen im Abwasser führen (Chen *et al.*, 2015; Stark *et al.*, 2016).

Temporäre Stationen wie Feldcamps können diese Aufbereitung und Desinfektion der Abwässer meist nicht bieten. Bei küstennahen Camps sowohl für touristische als auch wissenschaftliche Zwecke werden alle Fäkalien in Spezialbehältern gesammelt und mit zurück auf das Schiff oder zur Station genommen.

Bei langfristigen und innerantarktischen Camps werden die Abwässer ausnahmsweise in eine Eissickergrube eingeleitet in der Regel jedoch in Spezialcontainern gesammelt und aus dem AV-Gebiet entfernt.

Die Entsorgung flüssiger Abfälle in der Antarktis ist in § 24 AUG geregelt. Demnach sollten alle im Antarktisgebiet erzeugten Abfälle aus diesem Gebiet entfernt werden bzw. ist die Entsorgung flüssiger Abfälle auf eisfreien Flächen, auf Festlands-, Meer- und Schelfeis verboten (§ 24 Abs. 1). Die Versenkung flüssige Abfälle von Stationen, die auf Festlands- oder Schelfeis errichtet sind in Eisgruben ist möglich, wenn eine andere Entsorgungsart nicht möglich ist. Eine Einleitung der flüssigen Abfälle in das Meer bedarf entsprechend § 24 Abs. 3 AUG der Genehmigung.

3.5.3.3.3 Entstehung von Abfall

Im Betrieb permanenter Stationen fallen Abfälle aus der Küche, dem Wohnbereich, den Laboren sowie aus den technischen Versorgungseinrichtungen an. Der Abfall besteht aus Lebensmitteln, Rückständen der Kläranlage, Verpackungsmüll aus Plastik und Pappe/Papier, Glas, technische Abfälle wie Elektroschrott, Altöl, Baumaterialien als auch Restmüll.

Lebensmittelabfälle können eine Quelle für den Eintrag nicht heimischer Arten sein. Offen gelagerte Lebensmittelabfälle können von heimischen Tieren, insbesondere von Vögeln als Nahrung aufgenommen oder verbreitet werden (Kerry & Riddle, 2009). Bestandteile von Baustoffen (Isolierung) sowie Kleidung sind mögliche Quellen für nachgewiesene Flammschutzmittel in Gewebeproben von Wildtieren (Chen *et al.*, 2015). Diese Hexabromocyclododecane (HBCDs) sind giftig, persistent, bioakkumulierend und wirken hormonell.

Generell besteht die Gefahr, dass Abfälle sowie alle Arten von gelagertem Material durch Wind verblasen und verbreitet werden und unbeabsichtigt in die Umwelt geraten. Eine schiffbasierte visuelle Aufnahme schwimmender Müllteile detektierte in der Nähe der Antarktischen Halbinsel 0-1 Teile/km^2 und in der Drake Passage 0-3 Teile/km^2 (Barnes & Milner, 2005).

Neben der visuellen Verschmutzung erzeugen einige Abfallarten weitere Umweltbeeinträchtigungen, wenn beispielsweise bei der Zersetzung von Kunststoffen giftige und hormonell wirksame Zusatzstoffe, wie Weichmacher, Flammschutzmittel und UV-Filter, in die Meeresumwelt oder den Organismus, der sie aufnimmt, abgegeben werden[11]. Plastikabfall findet sich bereits überall in der Umwelt einschließlich der Antarktis (Barnes *et al.*, 2010; Rebolledo & Van Franeker, 2015). Von einer Vielzahl von Arten (Vögel, Wale, Fische) ist bekannt, dass sie Abfallbestandteile anstelle von Nahrung aufnehmen (PM NPWM 23.3.2016, Pham *et al.*, 2014, Jacobsen *et al.*, 2010). Größere Plastikteile verbleiben häufig im Magen der Tiere und können eine Beeinträchtigung der Vitalität verursachen oder zum Tod

[11] https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/ist-mikroplastik-problematisch aufgerufen am 07. Juni 2016

der Tiere durch Verhungern oder innere Verletzungen führen. Größere Tiere können sich in Abfallbestandteilen, wie vertriebene Fischernetze, verheddern, was qualvolle Beeinträchtigungen bis hin zum Tod bewirken kann.

Das Auftreten von Mikroplastik konnten Barnes *et al.* (2010) noch nicht nachweisen. Da jedoch Makroplastik in den Antarktischen Gewässern vorhanden ist, wird durch die Degradation zukünftig auch mit Mikroplastik in diesen Gewässern zu rechnen sein.

Grundsätzlich ist die Abfallentstehung zu vermeiden. Die Zulässigkeit der Entsorgung von Abfall und die Abfallbehandlung in der Antarktis regeln die §§ 21 ff. AUG. Die in § 21 Abs. 1 Nr. 1 - 6 genannten Abfälle (radioaktive Stoffe, Batterien, Brennstoffe, schadstoffhaltige Stoffe, bestimmte Kunststoffe) müssen entsprechend § 21 Abs. 1 AUG aus dem Antarktisgebiet entfernen werden. Für Brennstofffässer und sonstige nicht brennbare Stoffe gilt das Gebot der Entfernung aus dem Antarktisgebiet nicht, wenn ihre Entfernung aus dem Antarktisgebiet eine größere Umweltbeeinträchtigung darstellt als ihr Verbleib (§ 21 Abs. 1 Nr. 7,8 und Abs. 2 AUG). Speziell Tierkadaver, Laborkulturen und eingeführte Vogelprodukte sind von der Verpflichtung zur Entfernung aus dem Antarktisgebiet ausgenommen, wenn sie durch Verbrennen, durch Dampfsterilisation (Autoklavieren) oder sonstige Weise keimfrei gemacht werden. Für die Rückstände jeglicher Abfallverbrennung gilt das Gebot der Entfernung aus dem Antarktisgebiet (§ 23 Abs. 1 AUG in Verbindung mit § 21 Abs. 2 AUG).

3.5.3.3.4 Eintrag von Schadstoffen durch Leckagen

Die Nutzung von Treibstoffen zur Energiegewinnung birgt prinzipiell die Gefahr des Eintrags in die Umwelt. Durch Leckagen an Fahrzeugen und Tanklagern sowie bei Tankvorgängen kann es zu Austritten von Schadstoffen kommen.

Umwelteffekte durch den Austritt von Treibstoffen und Ölen konnten z. B. an der Casey Station untersucht werden. Dort waren noch nach 5 Jahren die küstennahen Gemeinschaften auf verschiedenen trophischen Ebenen erheblich durch eine Ölverschmutzung beeinträchtigt (Stark *et al.*, 2004).

3.5.3.3.5 Beunruhigung von Tieren durch Fahrzeug- und Personenbetrieb, Lichtemission

Stationen müssen zur Klimatisierung (Heizung, Lüftung) dauerhaft Aggregate betreiben. Weitere Arbeitsaggregate z. B. Müllpresse, Schredder, Laborgeräte usw. sind nach Bedarf in Betrieb.

Bohrstationen arbeiten häufig im 24 h Betrieb und erzeugen dabei permanente Schallemissionen sowie ggf. Lichtemissionen.

Die Intensität der möglichen Beunruhigung von Tieren durch den Schall hängt entscheidend vom Ort und somit der Nähe zu Tieren und Tierkolonien ab.

Lichtemissionen von küstennahen Stationen können zu Irritationen von Seevögeln führen, die bei schlechter Sicht durch Nebel, Dunkelheit oder Schneetreiben mit Hindernissen kollidieren. Lichtemissionen können durch die konsequente Verwendung von Lichtblenden, unnötiger Außenbeleuchtung, Bewegungsmelder und Einsatz gelber Lichtquellen oder LED gemindert werden.

In der Nähe von Stationen können die wissenschaftlichen Arbeiten und Freizeitaktivitäten des Stationspersonals eine hohe Intensität an Bewegung und Lärm erzeugen durch Fahrzeuge und Menschen zu Fuß. Mit zunehmender Entfernung von den Stationen nimmt die Intensität dieser Bewegungen ab, die zur Beunruhigung von Wildtieren, zu einer Reduktion des Bruterfolgs und zu Verschiebungen der Seevogelkolonien oder Robbenplätzen in der Stationsumgebung führen können (Pfeifer & Peter, 2003, Villier *et al.*, 2005, Tin *et al.*, 2009). Die höchste Mitarbeiterdichte auf den Stationen und damit die Zeit mit der höchsten Aktivität überlappt zudem zeitlich mit der Brutsaison von Wildtieren. Nach Pfeifer & Peter (2002) werden Abstandsregelungen oft auch durch Stationspersonal nicht beachtet.

Dadurch entstehende Beunruhigungen und Irritationen können durch umsichtiges Verhalten des Stationspersonals, das qualifiziert unterrichtet ist, gemindert werden.

3.5.3.3.6 Zerstörung von Vegetation durch Fahrzeugbewegungen und Personen

Eisfreie Flächen können eine Vielzahl von Moosen, Flechten, Gräsern sowie sublithische Organismen beherbergen (Kapitel 3.3.1.6). Bewegungen des Stationspersonals zu Fuß und vor allem mit Fahrzeugen auf eisfreien Flächen können zur Beeinträchtigung dieser Organismengemeinschaften führen (vgl. Kapitel 3.3.1.6.1). Dies konnte zwar bei Inspektionen der Antarktisvertragsstaaten festgestellt werden, ist aber nicht systematisch dokumentiert, so dass kein Trend ableitbar ist (Tin *et al.*, 2009, ATCM 36, 2013).

Die Reifenspuren durch Off-Road-Fahrzeuge können nach einer einmaligen Befahrung im eisfreien Gelände bis zu 5 Jahre sichtbar bleiben. Wiederholte Befahrung oder die Nutzung mehrerer Fahrzeuge führen zu permanenten Spuren. Die Reifenspuren verändern das natürliche Bodenprofil der oberen Schicht und zerstören dort lebende Organismen (ATCM 34, 2011a).

3.5.3.3.7 Eintrag nicht-heimischer Arten

Anthropogene Aktivitäten fördern den Eintrag nicht-heimischer Arten durch die schnelle Überwindung von *isolation barriers*, die normalerweise die antarktischen biogeographischen Regionen weitgehend voneinander und gegen Regionen außerhalb des Südlichen Ozeans abschirmen (Hughes & Convey, 2010).

Das unbeabsichtigte Einschleppen ist der dominierende Eintragspfad (Lee & Chown, 2009). Die Eintragspfade für nicht-heimische Arten sind Schiffe (Seekästen, Außenhaut), Materiallieferungen (u. a. Holz, Verpackungen, wissenschaftliches Gerät) sowie Schuhe und Kleidung von Touristen und Touristinnen sowie wissenschaftlichem Personal. Von dem Eintrag nicht-heimischer Arten sind sowohl terrestrische als marine Habitate betroffen (Tabelle 15; Frenot *et al.*, 2008).

Tabelle 15: Beispiele für nachgewiesene nicht-heimische Arten im AV-Gebiet

Habitat	Art	Deutscher Name	Vorkommen
Benthos	*Hyas araneus*	Nordische Seespinne	Antarktische Halbinsel
Benthos	*Mytilus galloprovincialis*	Mittelmeermiesmuschel	Antarktische Halbinsel
Land	*Poa pratensis, P. annua*	Rispengras	Antarktische Halbinsel
Süßwasser	Rotifera	Rädertierchen	Casey Station

aus Frenot *et al.*, 2008

Der antarktische Kontinent weist eine heterogene biogeographische Struktur mit diversen intra-kontinentalen Regionen auf. Transporte über große Distanzen und Grenzen biogeographischer Strukturen hinweg kann zu einer innerantarktischen Verschleppung von Organismen führen, die dann in Regionen auftauchen in denen sie originär nicht vorkommen. Diese innerantarktisch verschleppten Organismen sind ebenfalls als nicht-heimische Arten zu betrachten und können einen negativen Einfluss auf die lokale Organismengemeinschaft haben (ATCM 33, 2010). Daher sollten auch für innerantarktische Transporte Vorkehrungen zur Vermeidung der Verschleppung nicht-heimischer Arten getroffen werden (z. B. CEP, 2011, *guidelines for cleaning vehicles; biosecurity declaration*).

Der unbeabsichtigte Eintrag nicht-heimischer Arten durch menschliche Aktivitäten ist eine Bedrohung für die heimische antarktische Biodiversität. Beispiele von subantarktischen Inseln zeigen, dass dies zum Teil erhebliche Auswirkungen auf heimische Flora und Fauna haben kann (Frenot *et al.*, 2004, Chown *et al.*, 2012, Hughes & Convey, 2014). Durch fortschreitenden Klimawandel steht zu befürchten, dass eingeschleppte Arten in der Zukunft Bedingungen vorfinden, die ihnen ein Überleben ermöglichen. Möglicherweise besitzen eingeschleppte Arten, das Potential sich invasiv zu verbreiten. Als invasiv werden Arten bezeichnet, die sich so stark ausbreiten, dass sie eine Bedrohung für die heimische Biodiversität darstellen.

Der Eintrag nicht-heimischer Arten und das Verschleppen nicht regionaler Organismen kann negative Auswirkungen auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 Nr. 4, 5, 7 AUG bewirken.

3.5.3.4 Vorläufige Bewertung des Betriebs permanenter Stationen

Emissionen von Luftschadstoffen NOx, SOx und PM sowie des Klimagases CO_2 beeinträchtigen die Luft- und Wasserqualität, Gletscher- und Meeresumwelt durch Deposition sowie das Klima. Die zu erwartenden Wirkungen durch die Luftschadstoffe treten in einem begrenzten Gebiet mit einer mittleren Intensität auf, die mit zunehmender Entfernung zur Quelle abnimmt. Die Emissionen entstehen jedoch bei saisonal genutzten Stationen wie der Kohnen-Station über einen Zeitraum von wenigen Monaten und bei ständig besetzten Stationen wie der Neumayer-Station III und GARS O´Higgins das ganze Jahr über. Durch die Verdriftung der Abgase sowie die Überdeckung der Abgasdepositionen auf der Eis- und Schneeoberfläche mit Neuschnee kann der Albedoeffekt der Abgase gemindert bzw. auf einen sehr kurzen Zeitraum begrenzt sein. Die Emissionen an klimaerwärmendem CO_2 verbleiben über Jahrzehnte in der Atmosphäre. Aufgrund des geringen Beitrages zur Gesamtkonzentration sind sie von geringer Bedeutung.

In der Meeresumwelt können Umweltbeeinträchtigungen durch Abwasser entstehen, weil ein lokales Aussüßen, der Eintrag und Anstieg von Nährstoffen, der mögliche Eintrag von Fremdorganismen (Protozoen, Pilze, Bakterien), Pathogenen (Bakterien, Viren) sowie Schadstoffen möglich sind. Durch Abwassereinleitungen direkt ins Meer können Auswirkungen auf die Schutzgüter Wasserqualität, Gletscher- und Meeresumwelt (Eisgruben) entstehen. Die Beeinträchtigungen treten im einleitenahen Bereich auf. Bislang sind keine Fälle von Infizierungen der antarktischen Fauna durch menschliche Pathogene bekannt. Sie können für die Zukunft jedoch nicht ausgeschlossen werden. Ebenso stellt der Nährstoffeintrag eine Veränderung der abiotischen Lebensraumfaktoren dar und kann lokal zu Verschiebungen in den Organismengemeinschaften führen. Die möglicherweise in Abwässern enthaltene Schadstoffe und Medikamentenreste können sich in der Umwelt anreichern.

Der Fahrzeugbetrieb und Personenbewegungen auf eisfreiem Gelände können durch Bodenverdichtung, Fahrspuren und Trampelpfade Schäden an der Bodenvegetation, den Böden und Wirbellosen verursachen (vgl. Kapitel 3.5.3.18.4). Die Auswirkungen sind auf den unmittelbar betroffenen Bereich begrenzt. Aufgrund der sehr langsamen Regenerationsgeschwindigkeit der antarktischen Flora bleiben diese Schäden über viele Jahre oder Jahrzehnte bestehen.

Durch den Betrieb von Generatoren und Fahrzeugen sowie durch Personen können antarktische Warmblüter beunruhigt werden.

Die Gefahr des Eintrags nicht-heimischer Arten durch die Versorgung mit Gütern und Personal ist gegeben ebenso wie die Gefahr des Transfers von Arten über biogeographische innerantarktische Grenzen hinaus und könnte negative Wirkungen auf die Verbreitung und Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten sowie die Schädigung von Gebieten mit biologischer und wissenschaftlicher Bedeutung sowie Gebiete mit ursprünglichem Charakter zur Folge haben.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige und vorübergehende oder geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Der Betrieb permanenter Stationen kann durch die Emission von CO_2 und Luftschadstoffen das Klima, die Luftqualität und durch Deposition auch die Meeres- und Gletscherumwelt beeinträchtigen. Das Einleiten von Abwässern in Eisgruben oder in die Meeresumwelt kann die Gletscher- und Meeresumwelt durch Nähr-, und Schadstoffeintrag beeinträchtigen. Mit der Einleitung von nicht desinfizierten Fäkalabwässern besteht die Gefahr des Eintrags menschlicher Pathogene in die Meeresumwelt. Durch Fahrzeug- und Personenbetrieb können im Umfeld der Station auf eisfreiem Grund Schäden an der terrestrischen Flora entstehen sowie im Umfeld der Station lebende Wildtiere gestört werden. Durch Leckagen und Havarien an Fahrzeugen, Tanks und Tankvorgängen kann zu Schadstoffaustritten kommen, die je nach Entstehungsort, die Gletscherumwelt, die Unberührtheit des Gebietes, seine biologisch-wissenschaftliche Bedeutung und die marinen Ökosysteme beeinträchtigen können. Darüber hinaus ist der Eintrag von nicht heimischen Organismen durch das Stationspersonal sowie durch Materialtransport zu besorgen. Dies kann zu einer schädlichen Veränderungen in der Verbreitung und Häufigkeit von Tier- und Pflanzenarten, zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten und Schädigung von Gebieten besonderer Bedeutung oder sonstige erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt führen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG).

Es entstehen Abfälle und Abwasser (§ 21 ff. AUG).

Bei **dauerhaft besetzten** festen Stationen entstehen diese Wirkungen ganzjährig und ggf. über den Zeitraum des Betriebs der Station hinaus. Der Betrieb permanenter Stationen kann die Integrität und Entwicklung des terrestrischen und möglicherweise marinen Ökosystems in einem größeren Ausmaß als nur geringfügig oder vorübergehend verändern. Es wird empfohlen, den Betrieb dauerhaft besetzter Stationen für das erste Betriebsjahr in die bereits genannte notwendige UVP für den Bau der Station einzubeziehen. Unter Berücksichtigung der u. g. und in der UVS evaluierten Mitigationsmaßnahmen sind in Folgejahren durch den Betrieb dann geringfügige und vorübergehende Auswirkungen zu erwarten.

Bei **saisonal besetzten** festen Stationen entstehen die beschriebenen Auswirkungen über einen mehrmonatigen Zeitraum. Es ist anzunehmen, dass die Veränderungen innerhalb von Wochen bis Monaten, spätestens innerhalb eines Jahres reversibel oder auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert sind. Die Auswirkungen sind entscheidend vom Ort abhängig, z.B. ob sich die Station auf Eis befindet oder umgeben ist von Gestein mit Bewuchs (Flechten, Moose). Unter Berücksichtigung der Einzelparameter und Mitigationsmaßnahmen können die Auswirkungen, die der Betrieb saisonal besetzter Stationen verursacht, vorläufig als weniger als geringfügig und vorübergehend (z. B. auf Eis errichtete Station mit einem Betrieb im Sommer) und als geringfügig oder vorübergehend (z. B. auf Gestein mit Bewuchs errichtete Station) bewertet werden.

Es sind kumulative Effekte aller o. g. Einzelwirkungen (Emissionen, Beunruhigung, Schadstoffe usw.) sowohl bei dauerhaft als auch saisonal besetzten Stationen zu besorgen.

Betroffenheit § 17 AUG

Im Umfeld von Stationen sind die Beunruhigungen von Wildtieransammlungen sowie in eisfreien Gebieten die Schädigung von Landpflanzen durch Personen-, Fahrzeug- und Flugverkehr zu besorgen. Durch Havarien oder Leckagen an technischem Gerät, Tanklagern oder bei Tankvorgängen kann es zu Schadstoffaustritten kommen. Treten große Mengen von Schadstoffen aus, z. B. durch die Havarie eines Tankcontainers kann es zu einer Beeinträchtigung eines ganzen Lebensraumes kommen, wenn die Schadstoffe z.B. in ein limnisches oder marines Umfeld gelangen. Durch Personen und Materialtransport ist der Eintrag nicht-heimischer Arten zu besorgen, deren dauerhafte Etablierung zu einer Veränderung des Lebensraumes führen kann. (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 a, b, d, e, f AUG).

3.5.3.5 Vorläufige Bewertung des Betriebs temporärer Stationen (Eis- und Feldcamps)

Der Betrieb temporärer Stationen kann die in Kapitel 3.5.3.3 genannten Umweltbeeinträchtigungen (Emissionen in die Luft, Entstehung von Abwasser und Abfall, Eintrag von Schadstoffen durch Leckagen, Beunruhigung von Tieren durch Fahrzeug- und Personenbetrieb, Lichtemission, Zerstörung von Vegetation ggf. durch Fahrzeugbewegungen oder Personen zu Fuß, Eintrag nicht-heimischer Arten) bewirken. Die Größenordnungen sind jedoch einsatzabhängig zu bestimmen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Der Betrieb temporärer Stationen kann zu einer kurzzeitigen Beeinträchtigung der Luftqualität durch die Emission von Luftschadstoffen führen. Das Einleiten von Abwässern in Eisgruben oder in die Meeresumwelt kann die Gletscher- und Meeresumwelt durch Nähr-, und Schadstoffeintrag beeinträchtigen. Mit der Einleitung von nicht desinfizierten Fäkalabwässern besteht die Gefahr des Eintrags menschlicher Pathogene in die Meeresumwelt. Durch Fahrzeug- und Personenbetrieb können im Umfeld der Station auf eisfreiem Grund Schäden an der terrestrischen Flora entstehen sowie im Umfeld der Station lebende Wildtiere beunruhigt werden. Durch Leckagen und Havarien an Fahrzeugen, Tanks und durch Tankvorgänge kann es zu Schadstoffaustritten kommen. Darüber hinaus ist der Eintrag nicht-heimischen Organismen durch die Campbewohner sowie durch Materialtransport zu besorgen. Dies kann die Wasserqualität, die Wasserumwelt, Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung und die Umwelt und abhängige Ökosysteme beeinträchtigen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG).

Es entstehen Abfälle und Abwasser (§ 21 ff. AUG; vgl. Kapitel 3.5.3.3.2 und Kapitel 3.5.3.3.3).

Der Grad des Ausmaßes der Einzelwirkungen ist entscheidend vom Standort abhängig. Die o. g. vorläufige Bewertung gilt für einen wenig sensiblen Standort. Wenig sensibel sind Standorte auf Eis und Schnee sowie auf unbewachsenem Gestein, so dass eine Schädigung des Bewuchses durch Tritt- und Fahrzeugspuren nicht zu besorgen ist. Ein Standort muss ausreichend Entfernung zu Tierkolonien haben, um Beunruhigung zu vermeiden.

Feldcamps sind zeitlich begrenzt. Potentielle Auswirkungen entstehen für die Dauer des Camps oder sind nach einigen Wochen auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert. Die Intensität der potentiellen Auswirkungen auf die Schutzgüter ist niedrig, da es sich um kleine Personengruppen und kurzzeitige Aufenthalte handelt und durch Mitigationsmaßnahmen die Intensität der potentiellen Beeinträchtigungen deutlich herabgesetzt werden kann.

Betroffenheit § 17 AUG

Bei Standorten in der Nähe von Tierkolonien ist die Beunruhigung von Tierkolonien durch Flug- und Fahrzeuge sowie Menschen zu Fuß zu besorgen. Auf eisfreiem Gebiet können Ansammlungen von Landpflanzen erheblich geschädigt werden. Dies kann in sensiblen Gebieten zu nachteiligen Veränderungen des Lebensraumes von Säugetieren, Vögeln, Pflanzen oder Wirbellosen führen (§ 17 a, b, d, e, f AUG). An unsensiblen Standorten wie z. B. auf dem Hochplateau (Eisgrund, keine Tierkolonien) liegt keine Besorgnis vor, schädlich auf die o. g. Schutzgüter nachteilig einzuwirken.

Camps an sensiblen Standorten sollten vermieden werden, ggf. sind folgende Mitigationsmaßnahmen soweit wie möglich und relevant einzuhalten.

3.5.3.6 Mitigationsmaßnahmen beim Betrieb von Stationen

Alle Möglichkeiten der Reinigung und Desinfektion der Abwässer zur Minderung von Nähr- und Schadstoffeinträgen durch Abwasser und der Gefahr des Eintrags nicht-heimischer oder pathogener Organismen mit dem Fäkalabwasser sowie die Reduzierung der Abwassermengen bzw. die Sammlung und der Abtransport sollten genutzt werden.

Anfallender Abfall ist entsprechend der Vorgaben der Abfallbehandlungspläne und der §§ 21 – 28 AUG zu sammeln, zu behandeln, zu beseitigen und aus dem Antarktis-Vertragsgebiet zu entfernen.

Die Beunruhigung/Störung von Wildtieren durch Stationspersonal und Campbewohner kann durch gezielte und wiederholte Schulungen und Einhalten der Mindestabstände minimiert werden.

Die Zerstörung von Bodenvegetation durch Fahrzeugbetrieb und Herumlaufen von Personen im Umfeld von Stationen und Camps kann durch umsichtiges Verhalten reduziert werden.

Die Energieversorgung sollte soweit wie möglich auf Alternativen, z. B. Solarenergie, Photovoltaik und Wind umgestellt werden. Generatoren sollten nach Möglichkeit mit Partikelfiltern ausgestattet sein.

Zur Minderung der Gefahr von Schadstoffeinträgen sind die Empfehlungen des *COMNAP Fuel Manual* (2008) einzuhalten. Die Stationen sollten mit Schadstoffbekämpfungsausrüstung ausgestattet und das Stationspersonal mit dessen Umgang geschult sein.

Feldcamps sollten außerhalb der Sichtweite von Tierkolonien liegen, ggf. sollte eine Sichtblende eingerichtet werden. Die Abstandsregelungen entsprechend des „Leitfadens für Besucher der Antarktis“ und IAATO Richtlinien für touristische Camps (*IAATO Guidelines for Short Overnight Stays; Multi Night Coastal Camping Guidelines*) sollten eingehalten werden (UBA, 2013; ATCM 36 IP 98, 2013).

Feldcamps sollten von Süßwasserseen und Wasserläufen entfernt errichtet werden, um Kontaminationen auszuschließen. Es sollten nach Möglichkeit immer die gleichen Standorte genutzt werden, um die beanspruchte Fläche klein zu halten.

Der Eintrag nicht-heimischer Arten sollte durch die konsequente Anwendung des *Non-Native Species Manual* (ATCM 34 Res.6, 2011) unterbunden werden. Darin wird Bezug genommen auf Richtlinien und Empfehlungen zur Reisevorbereitung, die Hinweise zur Reinigung von Kleidung, Fahrzeugen und Verpackungsmaterial geben, so dass das Einschleppen von Samen, Sporen oder Mikroorganismen verhindert wird (z. B. *Checklist for supply chain Manager*, COMNAP/SCAR 2010; *Environmental code of conduct for terrestial scientific field research in Antarctica*, SCAR, 2009; *Don´t pack a pest*, USA und IAATO, *Boat washing guidelines*, IAATO; *Procedures for vehicle cleaning*, UK 2010). Es werden darüber hinaus Hinweise zum Aufstellen von Managementplänen für ASPA und ASMA gegeben, zum Ballastwasseraustausch, dem Monitoring und für das Vorgehen, wenn allochthone Arten entdeckt werden.

3.5.3.7 Schiffe

Schiffe sind Passagierschiffe im Sinne der SOLAS-Konvention sofern sie mehr als 12 Passagiere befördern. Passagiere sind alle Personen an Bord, die nicht für den Betrieb des Schiffes zuständig sind. Wissenschaftler sind im Sinne der SOLAS-Konvention somit als Passagiere zu betrachten.

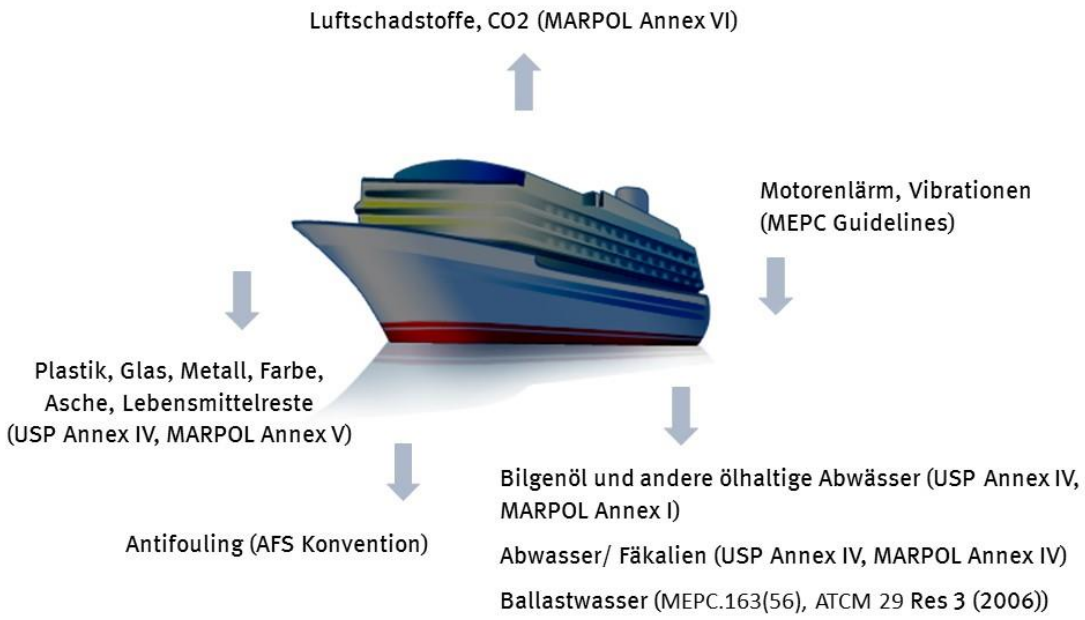
Schiffe sind die wichtigste Versorgungseinheit für Antarktisstationen. Vor allem FS Polarstern spielt eine zentrale Rolle bei der Ver- und Entsorgung der deutschen Stationen und der Durchführung wissenschaftlicher Tätigkeiten. Weiter verkehren Versorgungs- und Forschungsschiffe anderer Nationen sowie Kreuzfahrtschiffe und Yachten in antarktischen Gewässern.

Die navigatorischen Voraussetzungen, um in den antarktischen Gewässern sicher mit dem Schiff zu fahren, sind außerordentlich anspruchsvoll. Dies betrifft sowohl die konstruktive Ausstattung des Schiffes (Eisklasse), als auch die Ausbildung und vor allem die Erfahrung der Besatzung, um die Sicherheit des Schiffes, seiner Crew, des wissenschaftlichen Personals, der Passagieren als auch den Umweltschutz zu gewährleisten. Die Schifffahrt ist zur Minderung der betriebsbedingten Umweltbeeinträchtigungen verschiedenen internationalen Regelwerken unterworfen (vgl. Abbildung 10). Die

Antarktis ist ein sogenanntes Sondergebiet (*Special Area*) unter MARPOL Anlage I, II und V. Die Anlage IV USP regelt die Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe (im Sinne dieser Anlage) in der Antarktis.

Abbildung 10 zeigt die Regularien für die jeweilige Emission eines Schiffes. Teilweise gelten für die Antarktis durch den Status „Sondergebiet nach MARPOL“ und das USP strengere Mindestanforderungen als in anderen Seegebieten.

Abbildung 10: Emissionen von Schiffen sowie deren Regelungsquellen (Mayer, 2014 erweitert)



Zusätzlich gilt der *International Code for Ships Operating in Polar Waters* (*Polar Code*) für alle Schiffe, die nach dem 01.01.2017 neu gebaut werden. Für alle anderen Schiffe gelten die Regeln des *Polar Codes* spätestens ab der ersten Klassenerneuerungs-Besichtigung bzw. Zwischenbesichtigung (Resolution MEPC264(68), Resolution MSC.385(94)).

Der *Polar Code* ist ein zusätzliches Element, das für die polaren Gewässer der Arktis und der Antarktis gilt, ohne die bestehenden Regelungen für die Antarktis zu schwächen. Er basiert auf den beiden Konventionen SOLAS (International Convention for the S*afety of Life at Sea*) und MARPOL (*International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships*). Der *Polar Code* wird sich automatisch mit diesen Konventionen weiterentwickeln. Mit dem Inkrafttreten des *Polar Code* werden verschärfte Sicherheitsbestimmungen bezüglich Eisklasse, eine verpflichtende Schwachstellenanalyse für das jeweilige Schiff in dem vorgesehenen Fahrtgebiet und der Sicherheitsausstattung wirksam.

Der *Polar Code* enthält empfehlende und verpflichtende Elemente, die sich auf die Konstruktion, die Sicherheitsausstattung und Einsatzbereich der Schiffe, Qualifikation der Mannschaft, Such- und Rettungseinsätze und Fragen des Umweltschutzes beziehen (Tabelle 16). Die zusätzliche Umweltschutzwirkung des *Polar Code* ergibt sich für die Antarktis indirekt aus den höheren konstruktiven und operativen Sicherheitsanforderungen für Schiffe.

Tabelle 16: Struktur des Polar Code

Verpflichtende Bestandteile	Empfehlende Bestandteile
Sicherheit Teil I-A	Sicherheit Teil I-B
Umweltschutz Teil II-A t	Umweltschutz Teil II-B

Neu für Schiffe in der Antarktis ist u. a. die Verpflichtung zum Mitführen eines *Polar Ship Certificates* und des *Polar Water Operational Manual (PWOM)*.

Das *Polar Ship Certificate* klassifiziert das Schiff auf seine konstruktive Eistauglichkeit. Die Kategorisierung basiert auf den IACS Eisklassen sowie der Eisklassifizierung der WMO.

Die Eiskategorien des *Polar Codes* sind:

- Kategorie A - Schiffe, die für die Fahrt in mindestens mittlerem einjährigem Eis mit älteren Einschlüssen konstruiert sind
- Kategorie B - Schiffe, die mindestens für die Fahrt in dünnem einjährigem Eis mit älteren Einschlüssen
- Kategorie C - Schiffe, die für die Fahrt in offenem Wasser konstruiert sind oder für Eisbedingungen, die weniger schwerwiegend sind als in Kategorie A und B

Das PWOM dient der Besatzung und Schiffsführung als Entscheidungshilfe. Es enthält Informationen über operative und konstruktionsbedingte Fähigkeiten und Grenzen des Schiffes. Es umfasst die Schiffskonstruktion, Stabilität unter Vereisungsbedingungen, Schotteneinteilung, Wasserdichtheit unter allen Wetterbedingungen, Maschineneinrichtung, Feuerschutz, Rettungseinrichtungen, Manövrierfähigkeit, Navigations- und Kommunikationseinrichtungen, Reiseplanung, Bemannung und Mannschaftstraining, der Verhinderung von Öl-, Chemikalien-, Abwasser- und Abfallaustritt sowie operationelle Sicherheit. Die Erstellung des PWOM setzt eine umfassende Schwachstellenanalyse des jeweiligen Schiffes in dem beabsichtigten Seegebiet voraus.

Die Umweltbeeinträchtigungen von Schiffen z. B. in Bezug auf Abwasser und Luftschadstoffemissionen, sind zwar zum Teil von der Anzahl der Passagiere bedingt, weit entscheidender sind aber die eingesetzte technische Ausstattung, die operativen Bedingungen und die eingesetzten Betriebsmittel. Weitere Umweltwirkungen, z. B. Unterwasserlärm, sind unabhängig von der Passagieranzahl.

Aus diesem Grund wird hier in Schiffstypen, nicht jedoch in deren Größenklassen anhand von Passagierzahlen, unterschieden. Damit ist die hier vorgenommene Unterteilung in Schiffstypen mit der *Internationalen Maritimen Organisation* konform, die weitestgehend die Regelungskompetenz für Schiffe innehat.

3.5.3.7.1 Forschungs-, Versorgungs- und Kreuzfahrtschiffe

Das einzige deutsche **Forschungs- und Versorgungsschiff**, das derzeit in der Antarktis verkehrt, ist FS Polarstern. FS Polarstern wurde 1982 in Dienst gestellt und bietet Platz für 44 Personen Besatzung sowie 55 Wissenschaftler und Techniker. FS Polarstern ist ein doppelwandiger Eisbrecher mit 118 m Länge und besitzt einen Tiefgang von 11 m. Die Ausstattung erlaubt das Arbeiten bei Außentemperaturen bis zu -50 °C sowie das Überwintern in polaren Gewässern. FS Polarstern kann mit einer Geschwindigkeit von ca. 5 kn Eis mit einer Stärke bis zu 1,5 m durchfahren. Dickeres Eis muss durch Rammen gebrochen werden. Der Antrieb erfolgt dieselelektrisch mit zwei Verstellpropellern (www.awi.de, aufgerufen am 25.03.2015, Handbuch Polarstern). Das Unterwasserschiff ist mit Biozid freiem Korrosionsschutz aus Epoxid geschützt. Es wird auf keinem Teil der Außenhaut Antifouling genutzt (per E-Mail Reederei Laeisz, 08.04.2015). FS Polarstern emittiert konstruktionsbedingt hohe Schall- und Luftschadstoffemissionen. Der Stand der Technik ermöglicht derzeit weit niedrigere

Emissionen. Mit dem Neubau von FS Polarstern können die Schallemissionen deutlich gesenkt und der NOx-Ausstoß über die gesetzlichen Vorgaben (MARPOL Annex VI) hinaus auf das Tier III-Niveau vermindert werden. Der Neubau für ein eisbrechendes Forschungsschiff ist in der Konzeption.

Kreuzfahrtschiffe unterliegen ebenso wie Forschungs- und Versorgungsschiffe den internationalen Regulierungen entsprechend der MARPOL-Konvention, USP, *Polar Code* u.a. Darüber hinaus gelten für Kreuzfahrtschiffe verschärfte Sicherheitsbestimmungen in Bezug auf die Routenplanung in Gebieten mit eingeschränkten oder nicht vorhandenen Rettungsmöglichkeiten und in abgelegenen Seegebieten (MSC.1/Circ.1184, Res. A.999(25)).

Die traditionelle Einteilung von Kreuzfahrtschiffen in der Antarktis in die Größenklassen „mehr als 500 Passagiere“, „201-500 Passagiere“, „13-200 Passagiere“ und „Yachten“ erscheint den Autoren dieser Studie in Bezug auf die Umweltauswirkungen nicht mehr zeitgemäß. Grundsätzlich mitentscheidend für die Absolutmenge von Emissionen ist zwar die Anzahl der Personen an Bord (Passagiere und Crew) durch einen entsprechend höheren Energiebedarf und damit einhergehenden Luftschadstoffemissionen, anfallendem Abfall und Abwassermengen (vgl. Kap. 3.5.3.8). Weit prägender für die Umweltauswirkung ist die Art der Durchführung (Geschwindigkeit, Reiseroute, Erfahrung der Nautiker/Skipper, Management des Hotelbetriebs), die Antriebsform, Leistung und Einsatz der Maschinen, technische Einrichtungen zur Nachbehandlung von Emissionen etc.

Die an Passagierzahlen gebundene Einteilung von Kreuzfahrtschiffen in der Antarktis ermöglicht keine Aussage über die Quantität und Qualität von Emissionen im Normalbetrieb und folgt keiner internationalen technischen Einteilung (Klassifikation). Einzig das Umweltrisiko bei einer Havarie (s. u.) und der begrenzten Möglichkeiten große Passagiermengen im Falle einer Seenotrettung zu bergen, rechtfertigt diese Einteilung noch bedingt. Aber auch hier sind z. B. der Zustand des Rumpfes, die Eisklasse und Erfahrung der Seeleute entscheidend. Ebenso an Bedeutung verloren hat diese Art der Einteilung („mehr als 500 Passagiere“, „201-500 Passagiere“, „13-200 Passagiere“ und „Yachten“) hinsichtlich der Auswirkungen während der Anlandungen (vgl. Kapitel 3.4.9.4.1).

Kreuzfahrtschiffe mit mehr als 500 Passagieren werden von der internationalen Antarktisstaatengemeinschaft aufgrund der Auswirkungen im Havariefall als „sehr kritisch“ eingestuft. Die nationalen Entscheidungsträger sind aufgefordert, Reiseveranstalter möglichst von Schiffreisen mit mehr als 500 Passagieren an Bord abzuhalten[12] (*ATCM XXX CEP X, New Delhi Resolution 4, 2007*). Bislang hatten die großen Schiffe häufig keine Eisklasse und im Falle einer Havarie wäre der Umweltschaden sehr groß. Obendrein würde die große Anzahl von Menschen an Bord große Probleme im Falle einer notwendigen Seenotrettung bereiten. Liggett *et al.* (2010) geben eine Übersicht von bisher offiziell gemeldeten Schiffsunfällen und betonen das steigende Potential und Risiko mit weitreichenden Folgen für Mensch und Umwelt bei zunehmenden Tourismusaktivitäten und größer werdenden Schiffen. Bekannte Unfälle der jüngeren Vergangenheit sind u. a. MS Nordkapp in der Whalers Bay, MS Explorer in der Bransfield Strait, MS Fram, MS Hanseatic, MS Ushuaia und the MS Ocean Nova. Durch die Einführung des *Polar Code* wird die Vorsorge für diese Schiffe erhöht, da sie eine verpflichtende Schwachstellenanalyse in dem vorgesehenen Fahrtgebiet und der vorhandenen Sicherheitsausstattung vorweisen müssen.

3.5.3.7.2 Yachten

Eine international eindeutige Definition des Begriffes Yacht gibt es nicht. Häufig werden damit Schiffe bezeichnet, die Erholungszwecken dienen und entweder die luxuriöse Ausstattung (meist Mo-

[12] „discourage“

toryachten) im Vordergrund steht oder die Funktion eines Aktivurlaubs (meist Segelyachten). Im Rahmen des Antarktisvertragssystems werden Schiffe mit maximal 12 Passagieren als Yachten betrachtet.

In den antarktischen Gewässern verkehren kommerziell und privat genutzte Motor- und Segelyachten verschiedener Größen. Motoryachten haben häufig mehr Besatzungsmitglieder als Passagiere. Auf einigen Segelyachten dagegen sind die zahlenden Gäste gleichzeitig Crewmitglieder (Tabelle 17).

Tabelle 17: Beispiele für Yachten, die in der Antarktis verkehren

Schiffsname	Typ	Crew	Passagiere	Länge	Freizeitausstattung
Hanse Explorer	Motoryacht	14	12	47 m	2 Zodiacs, 2 aufblasbare Kajaks, SCUBA
Enigma XK	Motoryacht	19	12	71 m	Gym, Spa, Jacuzzi, SCUBA
SeaExplorer (Auslieferung geplant 2019)	Motoryacht	20	12	65 m	1 Helikopter, 1 U-Boot, 4 Jetski, 1 Tauchboot
SY Santa Maria Australis	Segelyacht	2	8 (sind gleichzeitig Crew)	22 m	-

Der umgangssprachliche Begriff der Mega- oder Superyacht wird häufig für besonders luxuriös ausgestattete moderne Yachten verwendet, die eine, für die Anzahl der Passagiere, vergleichsweise üppige Freizeit- und Komfortausstattung haben. Sie verwirklichen häufig neue Schiffsentwürfe. Ein Beispiel für einen solchen neuen Schiffsentwurf ist die SeaExplorer der Firma Damen[13], deren erstes Exemplar 2019 ausgeliefert werden soll. Diese Yacht soll neben einem neuen Rumpfdesign (Axe Bow, Eisbrecher-Heck) z. B. mit Partikelfiltern ausgestattet sein, dem Tier 3 NOx-Standard entsprechen, lange Zeit im Zero-Emission-Mode fahren können und für die Polar Class Kategorie B ausgestattet werden.

3.5.3.7.3 Kleine Begleitboote

Für Anlandungen und Notfälle werden von allen Schiffen Begleitboote mitgeführt. Diese sind meistens Schlauchboote mit festem Boden, sogenannte Zodiacs[14]. Üblicherweise werden die Begleitboote von Außenbordmotoren angetrieben. Dabei werden meist Benzinmotoren genutzt, vereinzelt Elektromotoren. Letztere Technologie ist derzeit für polare Bedingungen noch nicht ausreichend, da die Akkus eine begrenzte Laufzeit haben. Dies kann z. B. bei sich plötzlich ändernden Wetterbedingungen sicherheitsrelevant werden. Veraltet, aber leider immer noch im Einsatz, sind Dieselaußenborder mit deutlich höheren Emissionen insbesondere in der Startphase (Abbildung 11).

3.5.3.8 Umweltbeeinträchtigungen durch den Betrieb von Schiffen, Yachten und Booten

3.5.3.8.1 Emissionen in die Luft

Abgase entstehen durch den Betrieb der Antriebsmaschine sowie der Hilfsmaschinen. Die Verbrauchsmenge von Treibstoff ist schiffstypspezifisch und von vielen Faktoren abhängig wie Geschwindigkeit, Fahrtgebiet mit dessen Eis-/Wind-/Wasserströmungssituation, Rumpfform, Tiefgang,

[13] http://seaxplorer.nl/seaxplorer/innovation/

[14] Zodiac ist ein Brandname wird auch für Schlauchboote vergleichbarer Bauart verwendet

Unterwasseraufwuchs, Antriebsmaschinen (Stand der Technik, Leistung) etc. Es besteht rund um die Uhr Treibstoffbedarf für die Energieversorgung des Hilfsbetriebs (Strom, Wasser, Heizung, Klimaanlage, Hotel-/Messebetrieb etc.), der vor allem mit der Anzahl der Menschen und dem Luxusstandard an Bord ansteigt.

Die Verbrennungsabgase enthalten Schwefeloxide (SO_x), Stickoxide (NO_x), Partikel (PM), halogenierte Kohlenwasserstoffe und Kohlendioxid.

Die Menge der bei der Verbrennung entstehenden giftigen Schwefeloxide ist abhängig vom Schwefelanteil im Treibstoff. Die maximalen Schwefelgehalte von Schiffstreibstoffen sind international in MARPOL Anlage VI festgeschrieben. Derzeit sind Anteile bis zu 3,5 % im weltweiten Verkehr zulässig. Ab 2020 bzw. erst ab 2025 gilt ein globaler Grenzwert von 0,5 %.

Durch die Oxidation des Luftstickstoffs entsteht eine Mischung von Stickoxiden (NO, N_2O und NO_2), die eine negative Wirkung auf Ökosysteme haben, indem sie etwa Vegetation und Böden schädigen. Die Stickoxidanteile im Abgas sind von den Verbrennungsbedingungen im Motor abhängig. MARPOL Anlage VI regelt die Grenzwerte für die zulässigen spezifischen NO_x-Emissionen in Abhängigkeit von der Drehzahl [n] der Motoren.

Der Kohlendioxidausstoß pro Leistungseinheit ist abhängig vom Kohlenstoffgehalt des Brennstoffs. Es kann von ca. 3,18 t CO_2 pro t Brennstoff ausgegangen werden. Dieser Wert kann je nach Treibstoffqualität schwanken (GAUSS, 2008). CO_2–Emissionen tragen zur Verschärfung des Klimawandels bei, der sich in der antarktischen Region bereits u. a. durch den Rückgang und die Abbrüche großer Schelfeisgebiete bemerkbar macht. Die Emission von Klimagasen ist eine unabdingbare Randbedingung der Aktivität in der Antarktis. Bislang gibt es noch keine CO_2-neutralen Antriebsformen und Wärmeerzeugung für Schiffe, die für den Einsatz in polaren Gewässern geeignet sind.

Moderne Abgasnachbehandlungsanlagen, wie Partikelfilter und Stickstoffminderungsanlagen (*Selective-Catalytic-Reduction*; SCR-Anlagen) bieten heute bereits die Möglichkeit, Luftschadstoffemissionen (PM, NOx) wirksam zu reduzieren. Die Reduktion der Schwefelemissionen sollte ausschließlich über die Treibstoffqualität erfolgen. Abgasnachbehandlungsanlagen zur Reduktion von SOx, sogenannte *Scrubber*, verlagern das Problem der Abgase zum Teil in die Meeresumwelt und erzeugen schadstoffhaltige Abfälle. *Scrubber* können deshalb nicht empfohlen werden (Lange *et al.*, 2014).

Die Luftschadstoffemissionen der Schifffahrt werden in der unteren Luftschicht, der Troposphäre emittiert und durch die jeweiligen Witterungsbedingungen verteilt (Kapitel 3.5.3.3.1). Ein Teil dieser Emissionen gelangen durch atmosphärische Deposition direkt ins Meer und ein Teil wird auf den Eis- und Landflächen abgelagert. Auf Eisflächen führen die Ablagerungen insbesondere die Partikelemissionen zu einer Verringerung des Schneealbedos und damit unter Umständen zu einem schnelleren Abschmelzen der Eisflächen (Flanner *et al.*, 2007). Mit dem Abschmelzen bzw. durch atmosphärische Deposition werden die Schadstoffe in die Meeresumwelt eingetragen, wo sie lokal zur Versauerung, Eutrophierung und dem Eintrag von Schadstoffen beitragen.

Lokal wirken sich Emissionen von Luftschadstoffen sehr begrenzt und durch Verdünnung über einen relativ kurzen Zeitraum aus. Die Intensität nimmt mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab.

3.5.3.8.2 Entstehung von Abwasser

Im Schiffsbetrieb entstehen Abwässer, die direkt aus dem technischen Betrieb sowie dem Wohn-, Sanitär- und Küchenbereich der Schiffe stammen. Die verschiedenen Arten von Abwässern (Schwarz—, Grau-, Bilgenwasser) können – sofern sie in die antarktischen Gewässer gelangen –aufgrund ihres Gehaltes an eutrophierenden Stoffen, giftigen Öl- oder Schadstoffgehalten zu Umweltbeeinträchtigungen führen.

Das Antarktisvertragsgebiet ist seit 1992 Sondergebiet entsprechend MARPOL Anlage I (Res. MEPC.42(30)). Dadurch ist das Risiko für mögliche Umweltbelastungen durch die Einleitung von Öl und ölhaltigen Abwässern, für die grundsätzlich ein Einleitverbot besteht (vgl. auch Artikel 3 Anlage IV USP), kleiner geworden. Seit 2011 ist Schweröl als Schiffstreibstoff und als Ladung im Antarktisvertragsgebiet verboten, wodurch die Umweltschäden im Fall einer Schiffshavarie durch austretendes Schweröl verringert wurden (Res. MEPC 189(60)).

Für schädliche flüssige Stoffe gilt seit 1994 ein Einleitverbot (Sondergebiet nach MARPOL Anlage II, MEPC.57(33), vgl. auch Artikel 4 Anlage IV USP). Eventuell anfallende Mengen an Abwasser mit schädlichen Substanzen, z. B. aus dem Labor eines Forschungsschiffes werden aufgefangen und an Bord gelagert, bis sie einer geordneten Entsorgung außerhalb des AV-Gebietes zugeführt werden können.

Für **Schiffsabwasser** (Abwasser im Sinne der Anlage IV MARPOL) gelten bestimmte Einleitbeschränkungen. So ist das Einleiten von unbehandeltem Schiffsabwasser entsprechend MARPOL Anlage IV innerhalb 12 sm von Land oder der Schelfeiskante nicht zulässig (Art. 6 Abs. 1 a Anlage IV USP). Vom Einleitverbot ausgenommen sind Einleitungen von behandelten Abwässern nach Regel 11 Abs. 1 S.1 Anlage IV MARPOL oder aus einer Abwasser-Aufbereitungsanlage entsprechend Regel 11 Abs. 1 S. 2 Anlage IV MARPOL (Artikel 6 Abs. 1 b) Anlage IV USP), die bei einer Geschwindigkeit von mindestens 4 Knoten eingeleitet werden dürfen.

Die vorgenannten Regelungen gelten für Schiffe, die für mehr als 10 Personen zugelassen sind (vgl. Artikel 6 Abs. 1 Satz 2 Anlage IV MARPOL). Für Schiffe, die für höchstens 10 Personen zugelassen sind, hat die Einleitung unter Berücksichtigung der Selbstreinigungskraft der aufnehmenden Meeresumwelt nur an Orten zulässig, an denen die Voraussetzungen für eine Erstverdünnung und eine rasche Ausbreitung vorliegen (Artikel 5 Abs. 1 a) Anlage III USP). Die Einleitung in das Meer kann daher nur in einer Entfernung von mindestens drei Seemeilen vom nächstgelegenen Land oder von der nächstgelegenen Eisbank erlaubt werden.

Kreuzfahrtschiffe müssen aus Kapazitätsgründen während der mehrtägigen Aufenthalte im AV-Gebiet ihr an Bord aus Meerwasser entsalztes Wasser als Grauwasser wieder ablassen. Kumulative Effekte durch verschiedene Unternehmungen sind durch Einleitungen in besonders häufig befahrenen Seegebieten wie Meeresbuchten oder Küstenabschnitten (z. B. in der Gerlachstraße) zu besorgen.

Fäkalienfreies, gering verschmutztes Abwasser, sogenanntes **Grauwasser** aus Küchen, Wäschereien, Kombüsen und Duschen, ist kein Schiffsabwasser nach Anlage IV MARPOL und somit nicht im oben genannten Einleitverbot eingeschlossen.

Das AUG regelt die Entsorgung flüssiger Abfälle in § 24. Danach sind flüssige Haushaltsabfälle oder andere flüssige, nicht in § 22 Abs. 1 AUG genannte Abfälle, grundsätzlich aus der Antarktis zu entfernen (§ 24 Abs. 1 AUG). Die Entsorgung dieser Abfälle in das Meer bedarf der Genehmigung (§ 24 Abs. 3 AUG). Für die Einleitung von Grauwasser gelten folgende Regelungen:

Die Einleitung von Grauwasser ist unter Berücksichtigung der Selbstreinigungskraft der aufnehmenden Meeresumwelt nur an Orten zulässig, an denen die Voraussetzungen für eine Erstverdünnung und eine rasche Ausbreitung vorliegen (Artikel 5 Abs. 1 a) Anlage III USP). Die Einleitung von Grauwasser in das Meer hat daher in einer Entfernung von mindestens drei Seemeilen vom nächstgelegenen Land oder von der nächstgelegenen Eisbank zu erfolgen.

Eine Abwasserbehandlung von Grau- und Schwarzwasser mit biologischer Klärung, Ultrafiltration und UV-Entkeimung sowie die Einleitung außerhalb des Antarktis-Vertragsgebietes sollte von allen Schiffen, die in den empfindlichen Seegebieten der Antarktis verkehren, angestrebt werden.

Der Yachtsektor bildet die gesamte Spannbreite von Abwasseraufbereitung bis direkter Einleitung ab. Größere Motoryachten sind i.d.R. mit modernster Technologie ausgestattet. Auf Segelyachten fällt aufgrund weniger Personen vergleichsweise wenig Abwasser an.

Das Einleiten von Abwässern wirkt sich in der Umwelt lokal und durch Verdünnung über einen relativ kurzen Zeitraum aus. Die Veränderungen treten in einem begrenzten Gebiet auf und die Intensität nimmt mit zunehmender Entfernung von der Quelle ab.

3.5.3.8.3 Entstehung von Abfall

Während des Schiffsbetriebs fällt Abfall aus den verschiedenen Lebens- und Arbeitsbereichen auf einem Schiff an: Verpackung, Lebensmittelreste, technische Verbrauchsmaterialien, Papier und Pappe. Die Lagerung von Abfall an Bord ist sowohl ein hygienisches als auch ein Platzproblem.

Das Antarktisvertragsgebiet ist seit 1992 in Bezug auf das Einbringen von Abfall ein ausgewiesenes Sondergebiet nach MARPOL Anlage V (MEPC.42(30)). Das Einbringen von Abfall in die Meeresumwelt ist verboten (Artikel 5 Anlage IV USP, / MARPOL Anlage V). Ausgenommen sind Lebensmittelabfälle, die nach einer Behandlung („Schreddern“) so zerkleinert sind, dass sie ein Sieb mit Öffnungen von höchstens 25 Millimetern passieren können. Die so behandelten Abfälle dürfen mit einem Mindestabstand von 12 sm zum nächstgelegenen Land oder zur nächstgelegenen Eisbank ins Meer eingeleitet werden. Kumulative Effekte sind durch die Entsorgung von Lebensmitteln der Kreuzfahrtschiffe, insbesondere entlang viel befahrener Küsten zu besorgen.

Abfall an Bord von Seeschiffen muss entsprechend der MARPOL Regeln getrennt behandelt und gelagert werden. Große Forschungs- und Kreuzfahrtschiffe haben meist Abfallschredder und Pressen an Bord, um das Volumen zu reduzieren. Auf vielen Schiffen werden zur Volumenreduktion die Abfälle in einer Abfallverbrennungsanlage an Bord verbrannt und nur die Asche an Bord gelagert, bis sie im Hafen entsorgt werden kann.

Die internationalen Regeln der IMO (MEPC.244 (66)) erlauben das Verbrennen aller Müllfraktionen einschließlich von Klär- und Ölschlamm, die während der Fahrt entstanden sind, an Bord. Ausgenommen von dieser Erlaubnis ist die Abfallverbrennung in Häfen und Ästuaren. Dabei entstehen in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Abfallgemisches Emissionen, wie Ruß, Schwefeloxide, Chlorwasserstoffe und andere gasförmige Emissionen. In der Resolution MEPC.244 (66) Reg. 7 wird deshalb vor allem für große Passagierschiffe, mit einer installierten Leistung von über 1500 kW, die ihre Verbrennungsanlage kontinuierlich über lange Zeiträume betreiben, eine Abgasnachbehandlung für die Verbrennungsanlage empfohlen. Dies sollte zum Schutz der sensiblen Regionen erfolgen, in denen diese Schiffe üblicherweise verkehren.

Kleine Schiffe, wie Segelyachten haben in der Regel keine Abfallbehandlungs- oder -verbrennungsanlagen an Bord und sammeln den anfallenden Abfall, um ihn bis zur nächsten Entsorgungsmöglichkeit in einem Hafen mitzunehmen oder die erlaubten Fraktionen (Lebensmittel) entsprechend MEPC.42(30) zu verklappen.

Die Abfallverbringung und -behandlung in der Antarktis ist in § 21 ff. AUG geregelt.

3.5.3.8.4 Schadstoffeinträge ins Wasser durch Schiffsbetrieb

3.5.3.8.4.1 Schmier- und Betriebsmittel

Der normale Schiffsbetrieb führt zu einem geringen aber steten Eintrag von Schmiermitteln aus der Lagerung der Antriebswelle und u. U. der Ruderanlage. Hier sollte darauf geachtet werden, biologisch abbaubare Schmiermittel insbesondere in den Bereichen mit direktem Meerwasserkontakt zu verwenden oder zu prüfen, ob eine wassergeschmierte Lagerung der Antriebwelle möglich ist.

Unverbrannte Dieselbestandteile aus dem Abgas oder durch kleine Leckagen beim Betrieb der kleinen Beiboote können ins Wasser gelangen. Besonders anfällig sind Außenbordmotoren. Insbesondere Diesel betriebene Außenborder hinterlassen häufig einen Ölfilm auf dem Wasser, was die Wasserqualität verschlechtert und eine zusätzliche Gefahr für marine Organismen oder Vögel darstellt (Abbildung 11). In der antarktischen Umwelt können solche Öleinträge kaum chemisch oder biologisch abgebaut werden und verbleiben somit in der Umwelt.

Kumulative Effekte können durch hohe Frequentierung an touristisch besonders attraktiven Gebieten, wie der Paradisbucht an der Antarktischen Halbinsel auftreten.

Abbildung 11: Ölfilm auf der Wasseroberfläche und Rauchabgase einer veralteten Diesel-Außenbordmotortechnik an einem Zodiac im Kaltstart in der Antarktis

3.5.3.8.4.2 Antifouling

Antifouling vermindert den Bewuchs von Schiffsrümpfen mit sessilen Organismen wie Algen, Muscheln oder Seepocken. Bewuchs führt zur Zunahme des Schiffgewichtes, Erhöhung des Strömungswiderstandes und somit zu höheren Treibstoffkosten. Ein positiver umweltrelevanter Nebeneffekt ist, dass so die Außenhaut von Schiffen nicht zum Eintragspfad für nicht-heimische Organismen wird.

Seit dem 17.09.2008 verbietet das Internationale Übereinkommen von 2001 über die Beschränkung des Einsatzes schädlicher Bewuchs-Schutzsysteme auf Schiffen schädliche zinnorganische Verbindungen in Schiffsanstrichen (AFSG im BGBl II 2008, 520). Heute werden in der Regel andere Biozide verwendet, die auf Kupfer- oder Zinkpyrithion basieren. Diese sind bisher nicht verboten.

Alternative Beschichtungen, die aufgrund ihrer physikalischen und katalytischen Eigenschaften das sogenannte Biofouling hemmen, haben sich noch nicht durchgesetzt, sind aber in der Anwendung. So besitzt FS Polarstern kein Antifouling, sondern eine Epoxid-Korrosionsschutzschicht, die keine

biotoxischen Eigenschaften hat. Während der Wartungszeiten von FS Polarstern wird das Unterwasserschiff mechanisch von Bewuchs befreit.

3.5.3.8.5 Eintrag nicht-heimischer Arten durch Schiffe

Der Austausch von Ballastwasser ist einer der potentiellen Haupteintragspfade für nicht-heimische Arten. Im AV-Gebiet ist das Ablassen von Ballastwasser gesondert geregelt (MEPC.163(56), ATCM 29, Resolution 3 (2006)). Schiffe auf Antarktisfahrt müssen ein Ballastwassermanagementbuch führen und vor ihrem Fahrteintritt in die antarktischen Gewässer bzw. mindestens 50 sm vom nächsten Land und einer Mindestwassertiefe von 200 m ihr Ballastwasser erneuern. Ebenso müssen Schiffe, die die antarktischen Gewässer verlassen, ihr in den antarktischen Gewässern aufgenommenes Wasser nur nördlich der Antarktischen Konvergenz und mindestens 200 sm vom nächstgelegenen Land und bei mindestens 200 m Wassertiefe austauschen.

Zur Minderung der Artverschleppung durch Ballastwasser von Schiffen ist über die Einleitregel (ATCM 29, Resolution 3 (2006)) hinaus eine Behandlung bzw. Desinfektion des Ballastwassers durch entsprechende Anlagen notwendig. Eine solche Vorschrift ist mit der Ballastwasserkonvention (BWC) in Vorbereitung. Die BWC ist bereits 2004 verabschiedet worden. Sobald die Ballastwasserkonvention in Kraft tritt, ist die Nutzung einer Ballastwasserbehandlungsanlage für alle Schiffe verpflichtend.

Ein anderer Eintragspfad für nicht-heimische Arten ist die Außenhaut des Schiffes, vor allem, wenn kein Antifouling verwendet wird. Gefährdet sind insbesondere die Schiffe, die sich vor dem Eintritt in antarktische Gewässer eine Zeit lang in subantarktischen Gewässern aufgehalten haben.

3.5.3.8.6 Zusätzliche Gefahren für die antarktischen Schutzgüter durch Schiffe

3.5.3.8.6.1 Havarie

Schiffshavarien bergen die Gefahr großer Schadstoffaustritte. Die Gewässer rund um die Antarktis sind aufgrund der dort vorherrschenden sehr rauen Wetterbedingungen navigatorisch äußerst anspruchsvoll und das Havarierisiko im Vergleich zu Seegebieten gemäßigter Breiten deutlich erhöht. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit liegt bei 6 m/s bzw. 4 Beaufort. Stürme mit Windgeschwindigkeiten von 30 – 40 m/s (11 – 12 Beaufort) können auch im antarktischen Sommer auftreten. Die mittleren Wellenhöhen liegen im Juli bei 5 – 6 m und im Januar bei 3 – 4 m (Tomaczak & Godfrey, 2005).

Innerhalb der Packeiszone nehmen die Wellenhöhen deutlich ab, dort besteht aber die Gefahr, dass Schiffe durch einen Wetterumschwung im Eis eingeschlossen werden und sich aus eigener Kraft nicht befreien können. So ist das ehemalige Forschungsschiff Akademik Shokalskiy in der Saison 2014/2015 mit 52 Passagieren an Bord im Packeis auf der neuseeländischen Seite des antarktischen Kontinents eingeschlossen worden und in Seenot geraten. Durch den gemeinsamen Einsatz der Eisbrecher anderer Nationen (Australien, China, USA) konnte das Schiff nach zwei Wochen jedoch befreit werden. Der Erfolg der Rettungsaktion wurde erst durch einen erneuten Wetterumschwung mit dem Aufbruch der Eisschollen möglich.

Die Temperaturerhöhung durch den Klimawandel bewirkt ein verstärktes Kalben der Gletscher. Dies führt zu einer zunehmenden Gefährdung in den häufig befahrenen Fahrtgebieten A1 und A3[15]. Gletscherabbrüche in verschiedenen Größen vom kleinen „*Growler*“ bis zum Tafeleisberg sind im Hauptfahrtgebiet von Yachten und Kreuzfahrtschiffen regelmäßig und den ganzen Sommer über anzutreffen. Gerade die relativ kleinen Gletscherabbrüche führen zu einer Erhöhung des Risikos einer Eiskollision sogar bei schönem Wetter, wie der Untergang des *MS Explorer* 2007 beweist.

[15] Definition aus dem „Antrag zur Durchführung touristischer Kreuzfahrten in antarktischen Gebieten südlich des 60. Breitengrades Süd“ des Umweltbundesamtes: Westliche antarktische Halbinsel bis 65°18’ S und Antarctic Sound bis 64°50’ S

Derzeit verfügbare Seekarten und navigatorische Informationen der antarktischen Gewässer sind zum Teil noch unzureichend (IHO, 2012). Obwohl Anstrengungen unternommen werden, die Informationsdichte zu erhöhen, muss gegenwärtig mit Lücken in den Kartengrundlagen gearbeitet werden.

Havarien sind als Unglücksfälle nicht vorherzusehen. Derartige Ereignisse gehören mit zum Risiko der Schifffahrt insbesondere in polaren Gewässern. Zur Risikominimierung kommt es auf eine sorgfältige Vorbereitung, eine gute technische Ausstattung und die Erfahrung der planenden und durchführenden Personen an. Es besteht zu allen Jahreszeiten und in allen antarktischen Gewässern das Risiko, mit treibenden Gletscherabbrüchen zu kollidieren. Die dort verkehrenden Schiffe sollten deshalb konstruktiv auf eine Kollision mit Eisbergen bzw. auf Eispressung vorbereitet sein.

Kreuzfahrtschiffe sollten immer mindestens die Eisklasse entsprechend des *polar code* B besitzen und grundsätzlich nicht in un- oder schlechtkartierten Meeresgebieten fahren.

Yachten sind besonders anfällig für Notfallsituationen. Sie müssen aufgrund hoher Wellen und starker Winde mit überkommenden Wellen und Vereisungen an Deck rechnen. Eine der größten Risiken für Yachten sind jedoch Growler-Kollisionen, die zu Schäden am Rumpf führen können.

3.5.3.8.6.2 Kollision mit Tieren

Schiffe können mit schwimmenden und (auf)tauchenden Meerestieren während der Fahrt und insbesondere bei schlechten Sichtverhältnissen kollidieren. Deshalb sollte bei schlechter Sicht die Personalzahl auf der Brücke verstärkt werden („Ausgucker“), die Geschwindigkeit reduziert und bei Sichtung von Walen entsprechend Abstand gehalten bzw. die Geschwindigkeit auf ein Minimum reduziert werden.

3.5.3.8.6.3 Ankern

Ankert ein Schiff z. B. während der Anlandungszeiten, so sind dadurch im küstennahen und flachen Gewässern nur geringfügige und vorübergehende Auswirkungen auf die Meeresbodengemeinschaft zu erwarten, denn die Artenassoziationen stehen im Flachwasserbereichen unter dem andauerndem Störeinfluss durch das Meereis und sind an Störungen angepasst (Piepenburg & Gutt, 2014).

3.5.3.8.7 Beunruhigung von Meerestieren durch Schiffe (Schallemissionen, Bewegung, Licht)

3.5.3.8.7.1 Schallemissionen: Motorenlärm und Vibrationen

3.5.3.8.7.1.1 Große Schiffe

Die Geräuschemissionen großer Schiffe sind kontinuierliche Geräusche und entstehen sowohl konstruktions- als auch betriebsbedingt. Wesentliche Schallquellen an Bord sind die Dieselmotoren für den Antrieb des Propellers und für die Stromerzeugung. Der größte Teil der Motorengeräusche wird als Körperschall (hochfrequente Vibration) zunächst in die Stahlstruktur des Schiffs übertragen, die den Lärm in das Wasser abstrahlt. Für die Belastung der marinen Organismen spielt die Integration der Motoren daher eine entscheidende Rolle, denn je weniger Lärm in die Schiffstruktur eingeleitet wird, desto geringer ist der Pegel der Motorengeräusche im Wasser.

Eine weitere, dominante Schallquelle für Unterwasserlärm ist der Propeller, der vor allem dann laute Geräusche in einem breiten Frequenzbereich erzeugt, sobald Kavitation auftritt. Kavitation bezeichnet das Entstehen und Implodieren von kleinen Gasblasen. Diese Gasblasen treten schon bei einer Anströmgeschwindigkeit von 14 m/s – also vor allem bei stark belasteten Propellern – oder bei Verstellpropellern mit reduzierter Steigung auf. Die Geräusche des Propellers sowie die Kavitationsgeräusche werden direkt in das Wasser abgeleitet.

Als weitere, temporär sehr dominante Schallquellen wirken die Bug- und Heckstrahlantriebe, die bei Manövern und zum dynamischen Positionieren (DP) zum Einsatz kommen, wenn z. B. während einer

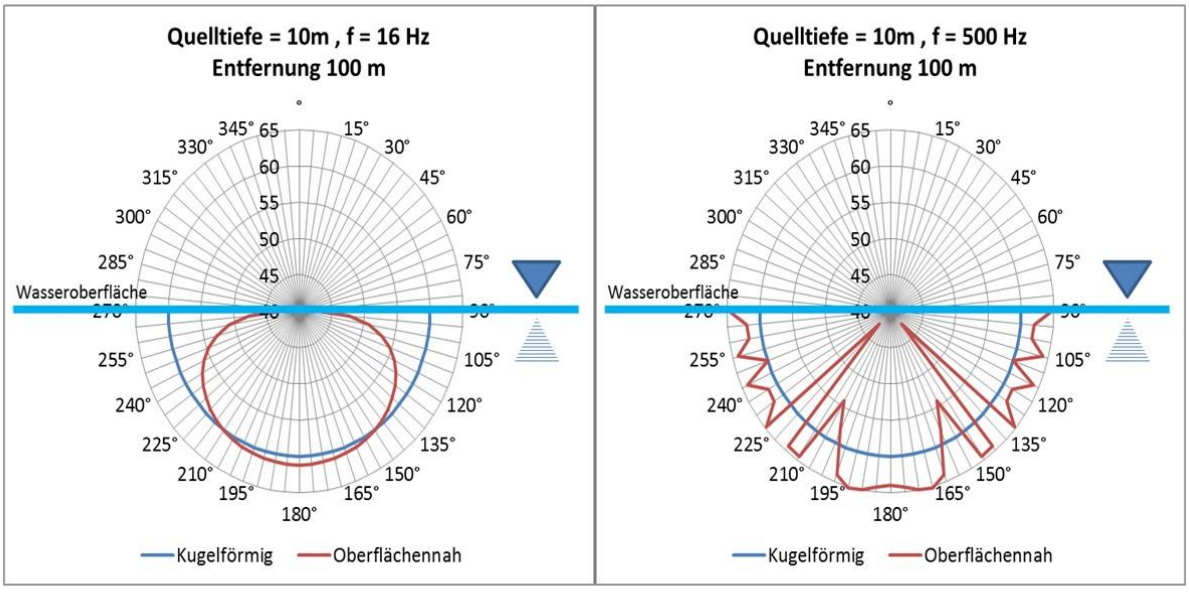
Anlandung aufgrund größerer driftender Eisblöcke nicht geankert werden kann. Im DP Betrieb können diese Antriebe über viele Stunden aktiv sein.

Der größte Teil des Schiffslärms hat kontinuierlichen Charakter, nur wenige Formen der Kavitation machen sich durch stark impulshafte Geräusche bemerkbar. Diese treten vor allem bei stark belasteten Propellern schnell fahrender Schiffe auf. Diese Schallemissionen können wegen ihrer hohen Pegel eine Beeinträchtigung für marine Säuger, andere marine Lebewesen und tauchende Vögel darstellen.

Weitere Schallquellen sind Klimaanlagen, Ventilatoren, Pumpen, Winden- und Ankeranlagen, Durchsagen an den Außendecks und bei Kreuzfahrtschiffen auch Unterhaltungsveranstaltungen an Deck. Die Schallemissionen dieser Quellen sind unter Wasser weitgehend sehr niedrig. Durch Pumpen können starke tonale Beiträge in das Wasser abgestrahlt werden, sofern das geförderte Medium direkt in das Meerwasser austritt, wie es z. B. bei Kühlwasserpumpen der Fall ist. Identifizierbar ist dieser Beitrag nur dann, wenn die übrigen Quellen sehr leise sind.

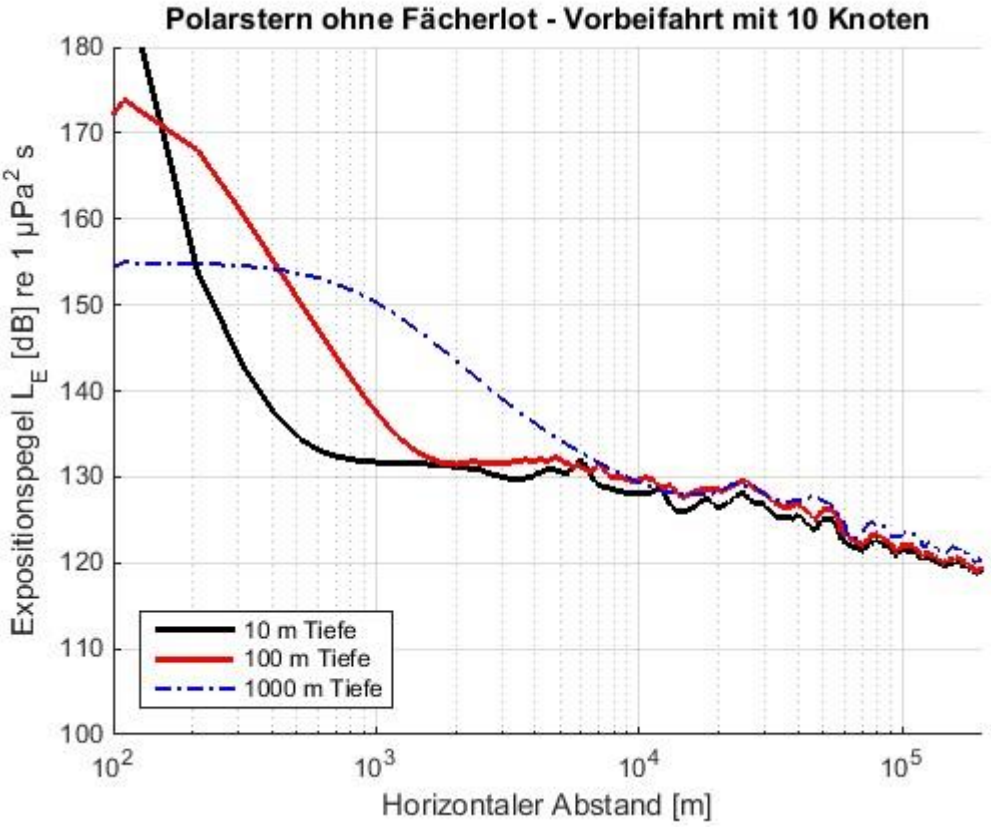
Die Schiffsgeräusche breiten sich im Wasserkörper stark abhängig von der Frequenz aus. Bei tiefen Frequenzen führt die Wechselwirkung mit der Wasseroberfläche dazu, dass sich eine Wirkung in Richtung des Meeresbodens ausbildet, wodurch die Ausbreitung in Querrichtung stark beeinträchtigt wird. Dieses als Lloyd-Mirror-Effekt bezeichnete Phänomen ist für tieffrequente Schallquellen an der Wasseroberfläche besonders ausgeprägt. Beispielhaft ist die Richtwirkung einer Schallquelle mit 16 Hz und 500 Hz in Abbildung 12 dargestellt. Darin ist sichtbar, dass der empfangene Schalldruckpegel nah unter der Wasseroberfläche bei tiefen Frequenzen deutlich kleiner ist als bei gleichem Abstand senkrecht unter der Schallquelle. Für hohe Frequenzen schwankt der empfangene Pegel stark. Nah unter der Wasseroberfläche ist der empfangene Pegel der Schallquelle mit 500 Hz ca. 20 dB höher als der empfangene Pegel der 16 Hz Schallquelle mit gleichem Quellschallpegel.

Abbildung 12 Richtwirkung einer Schallquelle mit 16 Hz (links), 10 m unter der Wasseroberfläche im Vergleich zur Schallquelle mit 500 Hz (rechts). Dargestellt ist der empfangene Schalldruckpegel einer Schallquelle mit 100 dB Quellschallpegel. Das Diagramm stellt den Schalldruckpegel am Empfänger mit 100 m Abstand zur Quelle dar.



Die tiefenabhängige Abnahme der Schallpegel ist beispielhaft für FS Polarstern in Abbildung 13 für drei Empfängertiefen über die Entfernung aufgetragen. Das Diagramm zeigt die Schallexposition (LE), summiert über alle Frequenzen, die bei einer Vorbeifahrt von FS Polarstern empfangen werden können. Darin zeigt sich, dass der empfangene Schallexpositionspegel (LE) bei der Verdoppelung des horizontalen Abstandes von 200 m auf 400 m um 18 dB von 155 dB re 1 µPa²s auf 137 dB re 1 µPa²s sinkt. In 100 m Tiefe beträgt die Abnahme, bei Verdoppelung der Entfernung von 200 m auf 400 m, nur 14 dB. In einigen Kilometern Entfernung ist der empfangene Schallpegel weitgehend unabhängig von der Tiefe.

Abbildung 13: Schallexposition bei einer Vorbeifahrt mit 10 kn



Bei Frequenzen oberhalb 10 kHz bekommt die absorbierende Wirkung des Meerwassers einen zunehmend dominanten Einfluss. So beträgt der zusätzlich Ausbreitungsverlust infolge Absorption bei 10 kHz ca. 1 dB/km, bei 20 kHz ca. 3 dB/km und bei 50 kHz ca. 15 dB/km.

Die Antriebsanlage von FS Polarstern unterscheidet sich grundlegend von denen typischer Kreuzfahrtschiffe. Der Eisbrecher besitzt einen Direktantrieb mit zwei Verstellpropellern, die vor allem bei reduzierter Steigung stark zu Kavitation neigen. Darüber hinaus sind die vier Dieselmotoren starr auf dem Fundament gelagert, somit wird ihr Körperschall direkt zur Außenhaut übertragen. Während der Beitrag der Dieselmotoren weitgehend unabhängig von der Schiffsgeschwindigkeit ist, hat die Kavitation am Propeller einen Einfluss, der das Schiff bei niedrigen Geschwindigkeiten bis zu 20 dB lauter werden lässt. Davon ist der gesamte Frequenzbereich betroffen.

FS Polarstern strahlt Geräusche in einem breiten Frequenzbereich ab, dessen Beiträge der 16 Hz und 32 Hz Oktave bestimmend sind (Tabelle 18) und die das natürliche Umweltgeräusch noch in großer Entfernung zwischen Schiff und Empfänger überdecken. Diese Entfernung, in der der Schiffslärm das natürliche Hintergrundgeräusch überdeckt, ist von der Tiefe des Empfängers abhängig. In 10 m Tiefe ist das Schiffsgeräusch bei Entfernungen von mehr als 60 km leiser als das natürliche Geräusch. In 1

km Tiefe beträgt diese Entfernung 120 km. Für höhere Frequenzen sind die Abstände kleiner (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Quellpegel FS Polarstern und Umweltgeräusch bei Seegang 4 (Wellen lang, Schaumköpfe, brechend, Windstärke 5)

Frequenz [Hz]	Seegang 4 [dB] re 1 µPa² m² / Hz	Polarstern [dB] re 1 µPa² m² / Hz
16	69,0	175
32	69,8	174
63	70,1	167
125	71,3	161
250	72,4	147
500	72,4	137
1000	69,3	129
2000	64,1	120
4000	59,0	111
8000	53,9	103
16000	48,8	95
32000	43,0	86

Kipple (2002) maß den Wasserschall, den unterschiedlich angetriebene Kreuzfahrtschiffe abstrahlen. Bei den untersuchten Schiffstypen wurde der absolut höchste Pegel im tiefen Frequenzbereich erzeugt. An der Schallentstehung sind hier gleichermaßen Propeller und Dieselmotoren beteiligt. Ihr Beitrag kann in den Terzspektren ohne zusätzliche Informationen nicht getrennt werden. Für die Bewertung der Schallbelastung in der Meeresumwelt muss dieser Quellpegel anhand geeigneter Schallausbreitungsmodelle in einen empfangenen Pegel umgerechnet werden.

Im Frequenzbereich unter 1.000 Hz variieren die gemessenen Pegel je nach Schiff bis zu 20 dB. Für die Unterschiede können sowohl die unterschiedlichen Antriebskonzepte (dieselmechanisch oder dieselelektrisch), als auch unterschiedlich hochwertige Propeller verantwortlich sein. Generell lassen sich durch diesel-elektrische Antriebe niedrigere Schallpegel erzielen, sofern der Körperschall der Dieselmotoren gut von der Schiffstruktur isoliert wird. Bei jüngeren Kreuzfahrtschiffen spielt Komfort an Bord eine zunehmende Rolle. Daher werden die meisten Schiffe mit guten elastischen Lagerungen ausgestattet, die vor allem bei hohen Frequenzen gut wirken. Der massive Einfluss des Dieselmotors begrenzt sich dadurch auf den Frequenzbereich unter 100 Hz.

Eisbergkollisionen sind mit die lautesten natürlichen akustischen Einzelereignisse mit einem Quellschallpegel von 200 dB re 1 µPa @ 1 m bzw. über 10 min einem Summenpegel von 228 dB SEL (Kindermann, 2008). Damit sind die impulshaften Eisgeräusche kurzzeitig teils lauter als die kontinuierlichen Motoren- und Propellergeräusche der Schiffe.

3.5.3.8.7.1.2 Kleine Boote

Kleine Boote wie Zodiacs, Yachten, kleine schwimmende Arbeitsplattformen und Beiboote[16] verwenden Motoren, die eine höhere Drehzahl haben als größere Motoren. Der Schall-Beitrag des Motors

[16] Beiboote sind logistische Hilfsmittel zur Hauptaktivität „Kreuzfahrtschiff“ oder „Yacht“ oder eine eigene Aktivität, wenn damit Rundfahrten durchgeführt werden (Kapitel 3.4.9.4.2).

und des Propellers begrenzt sich bei diesen Fahrzeugen auf hohe Frequenzen (Kipple & Gabriele, 2004). Tieffrequente Beiträge breiten sich wegen der geringen Entfernung zur Wasseroberfläche, sofern sie überhaupt entstehen, nur in vertikaler Richtung aus (s. o. Lloyd-Mirror-Effekt).

Bei hohen Frequenzen oberhalb 1 kHz kann der abgestrahlte Schall kleiner Fahrzeuge durchaus auf dem Niveau großer Schiffe liegen. Im Frequenzbereich 3—6 kHz sind die Schallpegel eines als Beiboot genutzten „Zodiacs“ mit Außenbordmotor vergleichbar mit denen eines Kreuzfahrtschiffs oder liegen sogar darüber! Der Lärm am Außenbordmotor entsteht sowohl durch den Verbrennungsmotor selbst, als auch durch Kavitation am kleinen, hoch belasteten Propeller (Kipple & Gabriele, 2004).

Die Schiffsgeschwindigkeit ist ein wesentlicher Faktor für die Qualität der Unterwasserschallemissionen (Kipple & Gabriele, 2004). Kavitationsgeräusche können durch Geschwindigkeitsreduktion sowie durch besondere Propellerformen mit stark gebogenen Enden gemindert werden, was insbesondere bei kleinen Booten relativ leicht umzusetzen ist.

3.5.3.8.7.1.3 Umweltbeeinträchtigung

Das Störungspotential durch die Schiffsbewegung und Schiffslärm fällt zur Hauptreisezeit mit der Brutzeit der meisten antarktischen Vögel zusammen (vgl. Carstens *et al.*, 1999). Schiffslärm kann zu einer Störung von Seevögeln führen (SCAR, 2002).

Schallemissionen von Schiffen werden von marinen Säuger wahrgenommen und können zu Verhaltensänderungen, Reduzierung der Kommunikation für soziale Interaktion, Änderung der Nahrungssuche, Fluchtverhalten und möglicherweise zu längerfristigen Verlassen von Habitaten führen. Niederfrequente Schiffsgeräusche maskieren teilweise akustische Signale mariner Säugetiere. Da niederfrequente Geräusche über große Distanzen reichen, ist der akustisch beeinflusste Bereich sehr groß (MEPC 57/INF.4 2007).

Verhaltensänderungen oder Stresssymptome durch Unterwasserschall bei Fischen sind in Untersuchungen in anderen Meeresgebieten nachgewiesen (Tyack, 2008, Sivle *et al.*, 2012, Debusschere *et al.,* 2014, IUCN, 2015). Dabei haben Versuche gezeigt, dass einzelne Schallereignisse einen stärkeren Einfluss auf das Verhalten der untersuchten Fische erzeugen als kontinuierlicher Lärm, selbst wenn dieser einen höheren Schallpegel hatte (Neo *et al.*, 2014).

Kumulative Effekte sind durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Begleitboote bei touristischen Aktivitäten wie Anlaufen einer Anlandestelle und beim Einsatz akustischer Geräte z. B. einem Echolot zur Bestimmung der Wassertiefen zu besorgen.

3.5.3.8.7.2 Bewegung

Bewegung von Menschen und Fahrzeugen stellt generell eine Beunruhigungsquelle für Wildtiere dar. Ob und wie stark diese Beunruhigung ausfällt, ist im Wesentlichen von der Geschwindigkeit und Richtung der Annäherung, dem Abstand, der Größe und von dem begleitenden Lärm abhängig (Schwemmer *et al.,* 2011).

Die Aktivitäten „Tierbeobachtung mit großen und kleinen Schiffen“ werden im Kapitel 3.4.9.4.1.1 ausführlich beschrieben und vorläufig bewertet.

3.5.3.8.7.3 Licht

Künstliche Lichtquellen, z. B. Schiffslichter, haben einen starken Einfluss auf das Verhalten von Seevögeln (Black, 2005). Besonders sensibel für lichtinduzierte Irritationen scheinen Sturmvögel zu sein. Ein gut dokumentiertes Vogelschlagereignis westlich von Südgeorgien stammt vom 06. und 10. Februar 2004 von dem Trawler *MV Dorada*. Bei schlechter Sicht aber ruhiger See kollidierten damals 900 Seevögel mit dem Schiff, ca. ¼ der Vögel kam dabei ums Leben (Black, 2005).

Gebiete mit besonders hohem Risiko des Vogelschlags sind um die Inseln Südgeorgiens und im nördlichen Teil der Antarktischen Halbinsel. Das Risiko steigt besonders bei schlechter Sicht (Nebel, Schneesturm) sowie in der Nähe von Brutkolonien (Thomson, 2013).

Vögel können verletzt oder getötet werden.

3.5.3.9 Vorläufige Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen durch den Betrieb von Schiffen

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einzelwirkungen, die beim Betrieb von Forschungs- und Versorgungsschiffen, Kreuzfahrtschiffen, Yachten und Begleitbooten entstehen, können negative Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter bewirken. Der Grad der Besorgnis, die Dauer der Auswirkung und die Intensität der Auswirkung ist nicht vom Einsatzzweck des Schiffes (Forschung oder Kreuzfahrt), sondern von der Leistung und technischem Stand der eingesetzten Maschinen (Energiebedarf), der Antriebsform (Unterwasserschall), Eisklasse (Havarierisiko) und vor allem von der Art der Durchführung der Schiffreise abhängig.

Die Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter durch den Betrieb von FS Polarstern werden vom Umweltbundesamt als „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ eingestuft.

Vorläufige Bewertung des Betriebs von Forschungs-, Versorgungs- und Kreuzfahrtschiffen nach § 4 Abs. 3 AUG: geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Der Betrieb von Schiffen kann aufgrund der Emission von CO_2 und Luftschadstoffen das Klima, die Luftqualität beeinträchtigen. Abwässer, Schadstoffe und das unbeabsichtigte Einschleppen allochthoner Arten, die Beunruhigung durch Lärm, Licht und Bewegung können die Wasserqualität, die Wasserumwelt, Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität oder Populationen sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung und die Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosystem negativ beeinträchtigen und können eine zusätzliche Gefahr für bedrohte Arten darstellen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1 - 7 AUG).

Schiffe können durch die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einzelwirkungen ihrer Emissionen (Abgase, Abwasser, Abfälle, Schadstoffe, Schall) die antarktischen Schutzgüter negativ beeinflussen. Die Auswirkungen z. B. auf die Wasserqualität oder Meeresumwelt können durch Verdriftung oder Verdünnung innerhalb von Tagen oder Wochen bis Monaten reduziert sein.

Es bestehen Wissenslücken hinsichtlich kumulativer Effekte und Langzeitwirkung durch die Umweltbeeinträchtigungen mehrerer Unternehmungen und häufige Nutzung der gleichen Region und Ankerstellen (Schadstoffeintrag, Schneealbedo, Unterwasserschall, Habitat(zer)störung).

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten ist § 17 AUG zu beachten (Benutzung von Wasserfahrzeugen; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG). Zur Vermeidung der Beunruhigung von Vogel- oder Robbenansammlungen sind Mitigationsmaßnahmen wie Annährung im Winkel von hinten, Geschwindigkeitsreduzierung, begrenzte Aufenthaltsdauer bei den Tieren etc. einzuhalten.

Vorläufige Bewertung eines Begleitbootes „Zodiacs“ nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Begleitboote können aufgrund der Emission von CO_2 und Luftschadstoffen das Klima, die Luftqualität beeinträchtigen. Schadstoffe und das Beunruhigung durch Lärm und Bewegung können die Wasserqualität, die Wasserumwelt, Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität oder Populationen sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung und die Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosystem negativ beeinträchtigen und eine zusätzliche Gefahr für bedrohte Arten darstellen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1 - 7 AUG).

Die Einzelwirkungen der Emissionen können die Integrität und Entwicklung eines Ökosystems in begrenztem Umfang beeinflussen. Auswirkungen z. B. auf die Wasserqualität oder Meeresumwelt sind innerhalb von Stunden reversibel.

Die Bewertung des Einsatzes von Begleitbooten sollte in der Gesamtheit der Aktivitäten und gebietsspezifisch erfolgen. Mittelgroße Kreuzfahrtschiffe (‹200 Passagiere) setzen häufig bis zu 10 Zodiacs für vier Stunden gleichzeitig ein. In geographisch abgeschlossenen Gebieten mit hohem Besuchsaufkommen sind möglicherweise kumulative Auswirkungen zu besorgen, die nicht „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ sind. Es bestehen Wissenslücken, ob die kumulativen Wirkungen durch wiederholte und häufige Zodiac-Einsätze langfristig und auch in Folgejahren, zu einer Vergrämung tauchender Tiere aus stark frequentierten Gebieten (z. B. Paradiesbucht) führen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Benutzung von Wasserfahrzeugen; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG).

Zur Vermeidung von Beunruhigung von Vogel- oder Robbenansammlungen sowie Wale sind die entsprechenden Verhaltensrichtlinien (*Marine Wildlife Watching Guidelines, http://iaato.org/wildlife-watching-guidelines*) einzuhalten. Zodiac-Fahrer/Fahrerinnen müssen hinsichtlich Sicherheit und Verhaltensrichtlinien geschult sein.

Vorläufige Bewertung des Betriebs von Yachten (max. 12 Passagieren) nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Yachten können aufgrund der Emission von CO_2 und Luftschadstoffen das Klima, die Luftqualität beeinträchtigen. Abwässer, Schadstoffe und das unbeabsichtigte Einschleppen allochthoner Arten, die Beunruhigung durch Lärm, Licht und Bewegung können die Wasserqualität, die Wasserumwelt, Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität oder Populationen sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung und die Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosystem negativ beeinträchtigen und eine zusätzliche Gefahr für bedrohte Arten darstellen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG).

Die beschriebenen Einzelwirkungen der Emissionen beeinflussen aufgrund der geringen Mengen im Vergleich zur Größe des Gebietes die Integrität und Entwicklung des Ökosystems nur in sehr begrenztem Umfang. Veränderungen sind innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen reversibel erwartet.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Benutzung von Wasserfahrzeugen; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG). Zur Vermeidung des schädlichen Einwirkens auf Vogel- oder Robbenansammlungen sowie Wale sind Mitigationsmaßnahmen einzuhalten (z. B. *Yachting Guidelines*, ATCM 35 Res. 10, 2012).

3.5.3.10 Mitigationsmaßnahmen beim Betrieb großer und kleiner Schiffe

Mitigationsmaßnahmen können im konstruktiven, d. h. im schiffbaulichen Teil, und operativen, dem Schiffsbetrieb, ergriffen werden. Mitigationsmaßnahmen sollten immer schiffs- und reisespezifisch evaluiert und umgesetzt werden. Die Möglichkeiten der Risikovorsorge und Mitigation sollten ausgeschöpft werden (siehe auch Kapitel 3.4.8).

3.5.3.10.1 Reduktion von Luftschadstoffemissionen

Partikel- und Rußemissionen sollten durch die Begrenzung von Abfallverbrennung an Bord auf ein Minimum begrenzt werden. SOx-Emissionen sollten durch die Verwendung von schwefelfreiem Treibstoff gemindert werden. Ein geringer Schwefelanteil im Treibstoff wirkt sich zudem positiv auf die Partikelemissionen aus.

3.5.3.10.2 Reduktion von Abwassereinleitungen

Die antarktischen Gewässer sind kein Sondergebiet entsprechend MARPOL Annex IV. Trotzdem sollte zum Schutz des sensiblen Meeresgebietes vor Nähr- und Schadstoffeintrag und der Möglichkeit mit dem Abwasser menschliche Pathogene einzutragen, eine Aufbereitung des Abwassers an Bord stattfinden. Als Richtlinie sollten die Anforderungen entsprechend Resolution MEPC.227(64) gelten.

Darüber hinaus sollten alle schiffsspezifischen Möglichkeiten zur Reduktion der anfallenden Abwassermenge genutzt werden.

3.5.3.10.3 Reduktion von Abfall

Zur Vermeidung von Abfall an Bord sollten die gesamte Lager- und Packlogistik sowie das Hotelmanagement (auch auf Forschungsschiffen) auf Müllvermeidung ausgerichtet sein. Es kann bereits beim Einkauf auf möglichst große Gebinde geachtet werden. Verpackungen, wie Plastikumhüllungen der Paletten sowie die Paletten selbst, können sofort nach Übernahme der Ladung an Bord entfernt und an Land zurückgegeben werden. Es sollte geprüft werden, ob eine Trinkwasseraufbereitung an Bord möglich ist, statt Plastikwasserflaschen zu verwenden.

3.5.3.10.4 Schadstoffeinträge durch Havarien

Die Gefahr für Havarien sollten durch sorgfältige Planung und Reisevorbereitung auf ein Minimum begrenzt werden.

Neben den konstruktiven Voraussetzungen für die Fahrt in polaren Gewässern sollte die Bemannung mit einer ausgewiesen, polarerfahrener Schiffsführung und einer Besatzung, die für die Besonderheiten des Fahrtgebietes geschult ist, erfolgen. Dies ist Bestandteil des ISM Codes (IMO, 1989), der eine Richtlinie für das Sicherheitsmanagement des Schiffsbetriebs und der Vermeidung von Schadstoffunfällen darstellt. Darin sollten auch Richtlinien für die Navigation bei schwerem Wetter und im Eis enthalten sein sowie die Routenplanung und ggf. Anpassung aufgrund von Wetter- und Eisvorhersagen zum Schutz von sensiblen Gebieten. Entsprechend dem Polar Code ist ein *Polar Water Operational Manual* (PWOM) schiffsspezifisch zu entwickeln.

Besonders gefahrenträchtig für unbeabsichtigten Schadstoffeintrag sind Bunkervorgänge auf See. Es sollte grundsätzlich die Vorgaben des COMNAP Fuel Manuals (2008) befolgt werden.

Es sind die IAATO-Empfehlungen für Yachten zu beachten (ATCM 35 Resolution 10, 2012a).

Schiffe müssen einen schiffsspezifischen Notfallplan für Schadstoffunfälle (SOPEP) entsprechend Regulation 37 MARPOL Annex I besitzen.

3.5.3.10.5Schiff-Wal-Havarie

Zur Vermeidung von Schiffskollisionen mit Walen ist vor allem bei schlechter Sicht eine möglichst geringe Geschwindigkeit in besonders sensiblen Gebieten einzuhalten sowie die Brücke ständig mit einer zur Beobachtung qualifizierten Person zu besetzen.

3.5.3.10.6 Vermeidung von Beunruhigung (Schallemissionen, Bewegung, Licht)

Bei der Annäherung an tauchende oder schwimmende antarktische Warmblüter und küstennahe Ansammlungen und Kolonien von Robben und Seevögeln ist der IAATO-Verhaltenskodex mit Abstandsregeln zu beachten und bei Anzeichen von Beunruhigung langsam der Abstand wieder zu vergrößern (IAATO 2013). Nach Möglichkeit sollte der Motor in angemessener Entfernung zu den Wildtieren für die Beobachtungszeit ausgestellt werden. Darüber hinaus ist die Anzahl der Boote, die sich Wildtieren nähern, so gering wie möglich zu halten. Die Tiere dürfen nicht eingekreist werden.

Die Beunruhigung und Irrleitung von Vögeln durch Lichtemissionen sind durch Verdunkeln von Fenstern und Abschalten von unnötigem Außenlicht entsprechend der Richtlinien zur Minimierung oder Vermeidung von Lichtverschmutzung in der Antarktis (ATCM 33 WP 12, 2010) zu reduzieren und zu vermeiden.

Wichtige Mitigationsmaßnahmen zur Vermeidung von Vogelschlag ist die Minimierung von Lichtquellen (*Guidelines on Minimising the Impact of Pollution by Light at Antarctic Stations and Ships*). Die Folgen von Vogelschlag können essentiell reduziert werden durch in der Handhabung mit Vögeln erfahrene Wissenschaftler und Expeditionspersonal.

Maßnahmen zur Reduktion des Unterwasserschalls von Schiffen sind entsprechend der *IMO Guidelines for minimizing underwater noise from commercial ships* (MEPC.1/Circ.833) sowohl konstruktiv als auch operationell möglich.

Kipple (2002) empfiehlt für Kreuzfahrtschiffe eine Geschwindigkeitsbegrenzung auf 10 kn, was ungefähr der Einsetzgeschwindigkeit für Kavitation entspricht. Geschwindigkeitsbegrenzungen können eine Minderung der Schallemissionen von 5 - 20 dB erzielen (Wittekind, 2007).

3.5.3.10.7 Schulung und Erfahrung der durchführenden Personen

Reisende in die Antarktis sollten hinsichtlich des Umweltschutzes und der geltenden Vorschriften geschult sein und über ein auf Erfahrung basiertes Verständnis verfügen wie die Regulierungen umzusetzen sind.

Insbesondere bei touristischen Einzelaktivitäten sollte Polarerfahrung vorhanden sein und die Reise gut vorbereitet werden. Andernfalls besteht die Besorgnis, dass z. B. durch Such- und Rettungsmaßnahmen oder Einschleppen nicht-heimischer Arten weitere Auswirkungen eintreten.

3.5.3.11 Flugzeuge und Helikopter

Flugzeuge und Helikopter werden für wissenschaftliche (z. B. Eiserkundungs-, Zählflüge Kapitel 3.2.2.2.2.3), touristische (z. B. Rundflüge, Passagierwechsel im AV-Gebiet Kapitel) und logistische (z. B. Versorgung von Stationen) Zwecke zum Transport von Mensch und Material eingesetzt.

Flüge finden vor allem in den Sommermonaten statt, der antarktische Winter lässt mit seiner Dunkelheit und extremen Kälte keinen Flugverkehr zu.

3.5.3.11.1 Großflugzeuge

Großflugzeuge werden vor allem für interkontinentale Flüge zwischen Südamerika und Antarktischer Halbinsel sowie von Südafrika, Cape Town zu den Stationen Nowolasarewskaja (Russland) und Troll (Norwegen) oder für den Anflug großer Stationen wie McMurdo (USA) eingesetzt. Die Flugzeugtypen, die dabei zum Einsatz kommen, sind z. B. Ilyushin IL-76TD, Hercules C-130 und Orion P3N (www.dromlan.org, aufgerufen am 21.01.2015). Diese Maschinen bewähren sich seit Jahren im Ein-

satz in Polarregionen. Sie sind als Transportmaschinen konzipiert und können auf unbefestigten Pisten starten und landen. Diese Großflugzeuge haben eine hohe Tragfähigkeit, die von 9 t bis 40 t reicht. Dazu können bei diesen Transportmaschinen noch Passagiere mitgenommen werden.

Für touristische Überflüge ohne Landung werden Großflugzeugen, z. B. Boeing 747 für 400 Passagiere, eingesetzt (vgl. Kapitel 3.4.9.3).

3.5.3.11.2 Kleinflugzeuge und Helikopter

Bei innerkontinentalen Flügen kommen vor allem Kleinflugzeuge (z. B. Basler BT 67, Dornier, Twin Otter) und Helikopter (z. B. BO 105, Bell 142) zum Einsatz.

Das Alfred-Wegener-Institut (AWI) verwendet zwei Dornier 228 Turbo-Prop Maschinen (Polar 5 und 6), die speziell für polare Einsätze ausgerüstet sind. Es sind zweimotorige Propellermaschinen mit einem Rad- und Skifahrwerk, Zusatztanks, verstärkten Generatoren, Enteisungsanlagen an Propellern und Tragflügeln und einer zusätzlichen Isolierung des Innenraumes. Die Kleinflugzeuge benötigen relativ kurze Start- und Landepisten. Die Reichweite der Dornier beträgt max. 3.500 km. Neben den beiden Piloten können 15 Personen transportiert werden.

Kleinflugzeuge, wie die BAE 146-200, werden u. a. für touristische Aktivitäten in Kombination mit Kreuzfahrten und für SAR-Aufgaben eingesetzt.

Auf FS Polarstern werden zwei kleine Hubschrauber vom Typ BO 105 mitgeführt. Diese Hubschrauber können neben dem Piloten und einem Techniker bis zu drei weitere Personen transportieren und werden vor allem zur Unterstützung von Forschungsarbeiten, z. B. Messflüge, oder Material- und Personentransport zu Camps oder Eisstationen eingesetzt.

Andere nationale Programme setzten zu Transportzwecken und für SAR-Aufgaben auch größere Helikoptertypen ein, z. B. Helikopter Bell 142.

3.5.3.12 Umweltbeeinträchtigungen durch Flugzeuge und Helikopter

Umweltbeeinträchtigungen entstehen durch den Flugbetrieb selbst sowie durch Infrastrukturen, die für den Start und die Landung notwendig sind.

Die technische Anpassung an Umweltschutzstandards, wie geringe Emissionen und geräuscharme Triebwerke, ist aufgrund der erforderlichen Robustheit der Flugzeuge und Helikopter nicht vergleichbar mit Verkehrsflugzeugen in gemäßigten Breiten. Die in der Antarktis eingesetzten Flugzeuge bleiben meist hinter den Schall- und Schadstoffemissionsstandards moderner Flugzeuge zurück.

Beeinträchtigungen durch Schall- und Luftschadstoffemissionen von Flugzeugen treten vor allem in der Nähe von Forschungsstationen und touristischen Stützpunkten auf, da sich hier die Lande- und Startvorgänge mit ihren verstärkten Schadstoffemissionen und Betankungsvorgänge konzentrieren.

Die Flughöhe bei Start- und Landevorgängen ist notwendigerweise niedrig und birgt dadurch besonders die Gefahr Wildtiere zu beunruhigen.

3.5.3.12.1 Luftschadstoffemissionen

Die Umweltwirkung der Luftschadstoff- und CO_2-Emissionen wurde bereits im Kapitel 3.5.3.8.1 Schiff- bzw. Stationsbetrieb im Kapitel 3.5.3.3.1 beschrieben. Die Emissionen aus dem Flugbetrieb werden in der Troposphäre stark verdünnt und weit verteilt. Sie unterliegen dennoch der atmosphärischen Deposition mit dem bereits beschriebenen Albedoeffekt (vgl. Kap. 3.5.3.3.1).

Großflugzeuge haben einen höheren Treibstoffverbrauch pro zurückgelegtem Kilometer als Kleinflugzeuge und somit absolut einen höheren Ausstoß an CO_2 und Luftschadstoffen. Dem gegenüber steht

die höhere Tragfähigkeit von Großflugzeugen. Die Quantifizierung der Emissionen auf die geleistete Transportarbeit (t/km) kann im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden.

Sie ist für die Bewertung der Aktivität schlussendlich aber auch nicht bedeutsam, weil die Verteilerflüge in der Antarktis, aufgrund geringerer Transportaufkommen und kleinerer Passagierzahlen mit Kleinflugzeugen erfolgt. Großflugzeuge wären auf den Verteilerstrecken vermutlich nicht ausgelastet und so würde ihr anzunehmender Effizienzvorteil durch mangelnde Auslastung wieder ausgeglichen. Aus diesen Gründen wird in dieser Studie bei der vorläufigen Bewertung der potentiellen Umweltauswirkungen auf die Schutzgüter der Antarktis nicht zwischen Großflugzeugen und Kleinflugzeugen differenziert.

3.5.3.12.2 Schadstoffeinträge durch Havarien und Leckagen

Alle Flugzeug- und Helikoptereinsätze haben aufgrund der schwierigen Wetterbedingungen ein erhöhtes Risikopotential für Havarien. Über die Gefährdung von Gesundheit und Leben der Insassen hinaus kann es dadurch zu Schadstoffeinträgen in die Umwelt kommen. Diese haben eine schädigende Wirkung wie in Kap.3.5.3.3.4 beschrieben.

Schadstoffe können durch Leckagen bei Betankungsvorgängen und Wartungsarbeiten eingetragen werden.

3.5.3.12.3 Schadstoffeinträge durch Enteisungsmittel

Die Wetterbedingungen in der Antarktis erfordern regelmäßig die Enteisung von Flugzeugen und der betonierten Landebahnen. Die Enteisungsmittel sind üblicherweise isopropanol- oder glykolhaltige Wassergemische.

Isopropanole sind leicht entzündlich und schwach wassergefährdend (Wassergefährdungsklasse 1). Glykolhaltige Wassergemische sind schwach wassergefährdend (Wassergefährdungsklasse 1). Sie sind nicht toxisch und gelten als gut biologisch abbaubar. Die Abbaubarkeit ist unter antarktischen Bedingungen (niedrige Temperaturen, fehlender organischer Bestand) eingeschränkt bis nicht gegeben.

3.5.3.12.4 Eintrag nicht-heimischer Arten

Die Gefahr des Eintrags nicht-heimischer Arten und Verschleppung für innerarktische Barrieren hinweg mit der Ladung, am Fahrgestell des Flugzeugs oder mit der Kleidung und dem Gepäck von Passagieren stellt ebenso wie im maritimen Transport (vgl. Kap. 3.5.3.3.7 und Kap. 3.5.3.8.5) eine ernsthafte Gefahr für die heimische Flora und Fauna dar. Der Flugverkehr ermöglicht darüber hinaus auch den deutlich schnelleren Austausch mit weit entfernten Regionen als der Schiffsverkehr es ermöglicht.

3.5.3.12.5 Beunruhigung durch Flugbetrieb

Der Flug-, Start- und Landebetrieb von Flugzeugen und Helikoptern kann Vogel- oder Robbenansammlungen beunruhigen und Fluchtreaktionen auslösen. Der Einsatz von Helikoptern hat in der Vergangenheit bereits zu tragischen Panikattacken unter Pinguinen geführt (Harries, 2005).

Lautstärke, Geschwindigkeit, Flughöhe, Flugrichtung sowie Dauer und Wiederholung der Flüge nehmen Einfluss auf das Maß der Wirkung (Pfeiffer & Peter, 2003).

Die Folgen dieser Beunruhigung sind abhängig von der Lebensphase der Tiere (Jung-/Alttier, Brutzeit, Mauser, Fellwechsel, Laktation). Vor allem während der Fortpflanzungszeit muss bei wiederholten Störungen mit Auswirkungen auf den Reproduktionserfolg der Tiere und somit auf die Populationen ausgegangen werden.

Flugzeuge und Helikopter unterschreiten während der Start- und Landevorgänge notwendigerweise die empfohlenen Mindestflughöhen zum Schutz von Wildtieren vor Beunruhigungen (ATCM 27 Resolution 2, 2004). Deshalb ist besondere Sorgfalt bei der Auswahl der Landeplätze und der Einhaltung der Mindestabstände zu wahren.

3.5.3.13 Infrastrukturen für Flugzeuge

Flugzeuge und Helikopter benötigen für ihre Start- und Landevorgänge ebene Flächen entweder auf dem Eis oder auf eisfreiem Untergrund. Diese müssen nach der baulichen Herstellung fortlaufend unterhalten werden. So entstehen sowohl während des Baus als auch bei der Nutzung der Landepisten Luftschadstoff- und Schallemissionen durch Fahrzeuge.

Im Zusammenhang mit Landepisten sind häufig campähnliche Begleitinfrastukturen wie z. B. Tanklager, Energieversorgung, Wohneinheiten, Zufahrtswege und anderes notwendig (vgl. z. B. Kapitel 3.5.3.5, Kapitel 3.5.3.25).

3.5.3.13.1 Schnee und Eispisten

Schneepisten können nach Beendigung der Unterhaltung schnell wieder von Schnee überdeckt werden und sind als anthropogene Strukturen wenig sichtbar. Die Landepiste für Flugzeuge an der Neumayer-Station III ist eine Schneepiste von 1.000 m Länge und die Kohnen-Station unterhält eine Schneepiste von 900 m Länge. Diese werden durch Schneefräsen hergestellt und betriebsbereit gehalten. Die Schnee- und Eispisten sowie deren Zufahrtswege sind zwar eine optische Beeinträchtigung der Ursprünglichkeit der Antarktis, stellen selbst aber keine Beeinträchtig für lebende Schutzgüter dar.

Während der Bauphase und der Unterhaltung kann es zu Beeinträchtigungen der Luft- und Wasserqualität und des Schneealbedos durch Fahrzeugemissionen, Schadstoffeinträgen aus Leckagen bei Tankvorgängen und durch Havarien kommen sowie zu Beunruhigung von Warmblütern durch Fahrzeuglärm (vgl. ATCM 25, 2002).

3.5.3.13.2 Landepisten auf eisfreiem Grund

Schneefreie Pisten stellen einen erheblichen und nicht reversiblen Eingriff in das Schutzgut Boden und in das Landschaftsbild dar. Auf hartem Grund sind die Veränderungen des Reliefs etwa durch Sprengungen und Bagger für sehr lange Zeiträume sichtbar.

Aufgrund des Baus und der Unterhaltung von Pisten auf eisfreien Untergrund werden Habitate (Brutplätze für Vögel, Pflanzenansammlungen) sowie Bodenstrukturen dauerhaft zerstört. Es können erhebliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen bewirken.

Der Bau und die Unterhaltung von Flugpisten und deren Zufahrtswegen auf eisfreiem Grund können Gebiete von besonderer Bedeutung erheblich schädigen. Während des Baus und der Unterhaltung kann es zu Störungen nahegelegener Tieransammlungen kommen (vgl. PNRA, 2016).

Durch den Einsatz von Enteisungsmitteln kommt es zum Schadstoffeintrag in den Boden. Dadurch sind Beeinträchtigungen terrestrischer Organismen zu besorgen.

Für den benötigten Treibstoff müssen Tanklager eingerichtet werden, die sich in der Nähe der Landeplätze der jeweiligen Stationen oder Feldcamps befinden. Die zu besorgenden Umweltbeeinträchtigungen sind in Kap. 3.5.3.24 beschrieben und bewertet.

3.5.3.14 Vorläufige Bewertung des Betrieb von Luftfahrzeugen (Helikopter, Klein- und Großflugzeuge)[17]

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einzelwirkungen, die beim Betrieb von Helikopter und sonstigen Luftfahrzeugen entstehen, können negative Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter besitzen.

Vorläufige Bewertung von Flugbetrieb nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die Emissionen von CO_2 und Luftschadstoffen und deren Deposition können die Luftqualität sowie die Gletscher- oder Meeresumwelt nachteilig verändern. Schadstoffeinträge aus Leckagen, Havarien und Enteisungsflüssigkeit, Beunruhigung durch Fluglärm, Start- und Landevorgänge in der Nähe von Warmblüterkolonien sowie der mögliche Eintrag nicht heimischer Arten können Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität oder Populationen sowie Gebiete mit besonderer Bedeutung und die Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosystem negativ beeinträchtigen. (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-5 AUG).

Helikopter und sonstige Luftfahrzeuge produzieren Emissionen, die eine nachteilige Wirkung auf das Klima haben können. Dies gilt sowohl für inner- als auch interkontinentale Flüge und Überflüge. Die Auswirkungen auf das Klima sind aufgrund des geringen Beitrages zur Gesamtemission von CO_2 jedoch vernachlässigbar gering. Mögliche Veränderungen durch Schadstoffemissionen aus dem Flugzeug- und Helikopterbetrieb sind innerhalb von Wochen auf ein zu vernachlässigendes Maß reduziert.

Es sind kumulative Effekte durch die Häufung des Betriebes zu besorgen.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigung von Vogel- und Robbenansammlungen durch die Benutzung von Hubschraubern und sonstigen Luftfahrzeugen; Schädigung von Landpflanzen durch das Landen von Luftfahrzeugen § 17 Abs. 1 Nr. 2 a, e AUG).

Mitigations- und Vorsorgemaßnahmen sind einzuhalten (ATCM XXVII Res. 2, 2004: *Guidelines for the Operation of Aircraft near Concentrations of Birds in the Antarctic;* ATCM XXIX 2006: *Wildlife Awareness Manual for helicopter and fixed wing operations; COMNAP Fuel Manual).*

Der Landeplatz muss so gewählt sein, dass keine Landpflanzen erheblich geschädigt werden. Landungen von Flugzeugen und Helikoptern sollten nur auf Eis und in einer Art und Weise durchgeführt werden, dass Tiere und Tieransammlungen nicht beunruhigt oder gestört werden. Vogelkolonien dürfen nicht überflogen werden, beim Fliegen über Wasser und Meereis ist eine Mindesthöhe einzuhalten, so dass schwimmende, tauchende und ruhende Tiere nicht beunruhigt werden. Maßnahmen gegen das Einschleppen nicht-heimischer Arten und Verschleppen von Arten aus anderen Regionen der Antarktis sind anzuwenden.

3.5.3.15 Vorläufige Bewertung von Infrastrukturen für den Flugbetrieb nach § 4 Abs. 3 AUG:

a) Schnee- und Eispisten: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

[17] „Drohnen“ sind hier ausgeschlossen und werden in Kapitel 3.2.1.2.9.5 beschrieben und bewertet.

Begründung: Durch die Unterhaltung von Schnee- und Eispisten und deren Zufahrtssträßen entstehen CO_2 und Luftschadstoffemissionen, die das Klima sowie die Luft-, Wasser- und Gletscherqualität beeinträchtigen können (§ 3 Abs. 4 Nr. 1, 2, 3, 6 AUG).

Eine bestehende Schneepiste beeinflusst die Integrität und Entwicklung eines Ökosystems nur in sehr begrenztem Umfang. Veränderungen (Schneeverdichtung, optische Veränderung) sind innerhalb von Tagen oder wenigen Wochen nach Beendigung der Aktivität reversibel. Nach Ende der Nutzung und Wartung werden Eispisten in kurzer Zeit wieder von Schnee überdeckt.

Maßnahmen gegen das Einschleppen nicht-heimischer Arten und Verschleppen von Arten aus anderen Regionen der Antarktis sind anzuwenden (CEP, 2011, *guidelines for cleaning vehicles; biosecurity declaration*).

Zusätzliche Umweltbeeinträchtigungen entstehen möglicherweise während des Baus und zur Unterhaltung der Schneepisten und Zufahrtswege durch Landfahrzeuge, Tanklager, Navigationseinrichtungen u. a.

b) eisfreier Untergrund: mehr als nur geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die Emissionen der Bau- und Unterhaltungsfahrzeuge lassen nachteilige Wirkung auf Klima- und Wetterverhältnisse, Luft- und Wasserqualität besorgen. Die Profilierung der Landschaft bewirkt eine erhebliche Veränderung der Landumwelt in einer Weise, dass schädliche Veränderungen in der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität von Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen sowie zusätzliche Gefahren für gefährdete oder bedrohte Arten oder deren Populationen zu besorgen sind. Das Anlegen einer Landepiste stellt aufgrund der Habitatzerstörung eine erhebliche Beeinträchtigung für Gebiete mit besonderer Bedeutung oder Gebiete mit ursprünglichem Charakter sowie der Umwelt und der abhängigen und verbundenen Ökosysteme dar (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-7 AUG).

Das Ökosystem wird in seiner Integrität und Entwicklung mehr als nur in begrenztem Umfang beeinflusst. Die Veränderungen sind dauerhaft vorhanden.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen. Beim Bau von Flugzeugpisten auf eisfreien Grund können durch Sprengung oder Baufahrzeuge Bodenstrukturen, Landpflanzen und Vogelbruthabitate unwiederbringlich zerstört werden. Durch die Benutzung von Landfahrzeugen und der Verwendung von Sprengstoffen in der Bauphase können Tieransammlungen beunruhigt werden. Landpflanzen und der Lebensraum von Arten oder Populationen von Tieren und Pflanzen werden durch das Anlegen der Piste (Habitatzerstörung) erheblich nachteilig verändert. Beim Betrieb von Landepisten können Tieransammlungen durch Fahr- und Luftfahrzeuge beunruhigt oder einzelne Tiere beunruhigt werden (§ 17 Abs. 1 Nr. 2 b, c, e, f AUG).

Ortspezifische Auswirkungen beim Anlegen von Landepisten auf eisfreiem Grund sowie mögliche Mitigationsmaßnahmen sollten entweder im Zusammenhang mit dem Bau oder der Erweiterung von Stationen (Infrastrukturen für den Flugbetrieb) oder in einer separaten UVP evaluiert werden. Dies schließt zusätzliche Infrastruktur wie Tanklager, Unterkünfte oder andere Installationen ein.

3.5.3.16 Mitigationsmaßnahmen für Helikopter und sonstige Luftfahrzeuge, Infrastrukturen

3.5.3.16.1 Reduktion von Luftschadstoffemissionen

Die Luftschadstoffemissionen können bei Flugzeugen und Helikoptern nur durch eine Verringerung der Flugstunden erreicht werden, da sie bereits mit hochwertigem Treibstoff betrieben werden. Die Steigerung der Energieeffizienz wäre bei den derzeit eingesetzten Flugzeugen wahrscheinlich nur zu Lasten der Sicherheit möglich.

Die Emissionen von Baufahrzeugen für die Errichtung von Pisten kann durch Partikelfilter an den Baufahrzeugen erreicht werden (vgl. Kapitel 3.5.3.17).

3.5.3.16.2 Reduktion von Schadstoffeinträgen durch Havarien und Leckagen, Enteisungsmittel

Das Risiko einer Havarie kann mit Vorsichtsmaßnahmen (erfahrenes Personal, Wettervorhersagen) reduziert werden.

Schadstoffeinträge durch Betankungsvorgänge sollten durch die Beachtung der Vorgaben des *COMNAP Fuel Manuals* vermieden werden (COMNAP, 2008).

Der Einsatz von Enteisungsmitteln ist eine notwendige Begleiterscheinung des Flugverkehrs und kann nach dem derzeitigen Stand der Technik nur durch das Unterlassen der Flugaktivität vermieden werden.

3.5.3.16.3 Vermeidung des Eintrags nicht-heimischer Arten

Vor allem der unbeabsichtigte Eintrag durch Personen ist durch eine konsequente Reinigung vom Schuhen, Kleidung und Gepäck vor Reiseantritt zu unterbinden. Das Gleiche gilt für die Ladung und Staumittel durch die Beachtung der entsprechenden Leitlinien wie das *Non-Native Species Manual* (CEP, 2011).

3.5.3.16.4 Vermeidung Beunruhigung durch Flugbetrieb

Es sind die Mindestflughöhen zum Schutz von Wildtieren vor Beunruhigungen (ATCM 27 Resolution 2, 2004) einzuhalten. Es ist besondere Sorgfalt bei der Auswahl der Landeplätze zu wahren. Mindestabstände sind einzuhalten. Es ist von besonderer Bedeutung, Start- und Landevorgänge nicht in der Nähe von Wildtieren durchzuführen und möglichst konstante Flugkorridore einzurichten.

3.5.3.17 Land- und Schneefahrzeuge

Land- und Schneefahrzeuge werden bei wissenschaftlichen und touristischen Unternehmungen zum Transport von Mensch und Material sowie zu Unterhaltungszwecken von Infrastrukturen eingesetzt. Land- und Schneefahrzeuge sind Verbrennungsmotor getriebene Fahrzeuge in verschiedenen Größenordnungen.

Motorschlitten (*Skidoos*) sind kleine Gefährte auf Kufen mit Ketten- oder Riemenantrieb für i.d.R. zwei Personen und der Möglichkeit des Lastentransports über Eis. Pistenbullies werden für den Lasten- und Personentransport eingesetzt, der über die Tragfähigkeit von Motorschlitten hinausgeht.

Quads sind offene vierrädrige *All-Terrain-Vehicles* (ATV), die wahlweise mit einem Kettenantrieb ausgestattet werden können und innerhalb von Stationen als Fahrzeug für kurze Wege auf eisfreiem Gelände dienen. Quads dienen zudem als Abenteuerfahrzeug bei manchen touristischen Aktivitäten.

Sport Utility Vehicles (SUV)/Trucks/Pritschenwagen dienen als Transportfahrzeug innerhalb von Stationen und in Stationsnähe. Zu touristischen Zwecken werden reine Trucktouren als Abenteuerurlaub angeboten. Die Passagiere sitzen wettergeschützt in der Kabine während auf der Ladefläche, dem Laderaum oder dem Anhänger das Gepäck transportiert werden kann.

Schwere Raupenfahrzeuge („Pistenbullies“) und mobile Kräne helfen bei Baumaßnahmen an Stationen und Forschungseinrichtungen und bei Pistenpräparation.

An die meisten Schneefahrzeuge können Fracht-Schlitten angekoppelt werden. In der Regel sind dies Spezialanfertigungen mit unterschiedlichen Auslegungen, die die Transportmöglichkeiten für wissenschaftliches Geräte und Baumaterial erweitern.

3.5.3.18 Umweltbeeinträchtigungen durch Land- und Schneefahrzeuge

3.5.3.18.1 Luftschadstoffemissionen

Verbrennungsmotoren erzeugen im Betrieb Abgase, die Kohlendioxid und Luftschadstoffe enthalten: Schwefeloxide (SO_x), Stickoxide (NO_x), Partikel (PM), halogenierte Kohlenwasserstoffe. Die Emissionen sind von der Qualität des Treibstoffes (Benzin für 2- bzw. 4-Taktmotoren oder Diesel) , Qualität der Verbrennung, der Menge des genutzten Treibstoffes (Laufzeit, Leistung) und den eingesetzten Schmiermitteln abhängig.

Ein Teil der Emissionen gelangt als atmosphärische Deposition auf die Eis- und Landflächen. Auf Eis- und Schneeflächen führen diese Ablagerungen zu einer Verringerung des Albedos und verstärken das Abschmelzen der Eisflächen (vgl. Kap. 3.5.3.3.1). Mit dem Abschmelzen werden die Schadstoffe möglicherweise in die Meeresumwelt eingetragen, wo sie lokal zur Versauerung, Eutrophierung und Akkumulation von Schadstoffen beitragen.

3.5.3.18.2 Schadstoffeintrag beim Betanken

Schadstoffe wie Treibstoffe und Schmiermittel können durch technische Defekte an Fahrzeugen und Tanklagern bei Betankungsvorgängen eingetragen werden. Diese wirken toxisch und können so die terrestrische Flora und Fauna, wie Flechten, Moose und Wirbellose, beeinträchtigen.

Schadstoffeinträge auf Schnee- und Eisflächen gelangen mit der Eisbewegung schlussendlich im Meer und wirken dort auf allen Trophieebenen schädigend (vgl. Kap. 3.5.3.3.4). Die in gemäßigten Breiten mögliche biologische Abbaubarkeit von Kohlenwasserstoffen ist bei antarktischen Temperaturen nicht möglich. Verunreinigungen verbleiben demnach dauerhaft in der Umwelt.

3.5.3.18.3 Eintrag nicht-heimischer Arten

Die Gefahr des Eintrags nicht-heimischer Arten in die Antarktis mit der Ladung oder am Fahrgestell des Fahrzeugs stellt eine ernsthafte Gefahr für die heimische Flora und Fauna dar (vgl. Kap. 3.5.3.3.7, Kap. 3.5.3.8.5, Kap. 3.5.3.12.4). Der Langstrecken-Fahrzeugverkehr ermöglicht darüber hinaus z. B. bei Landtraversen eine innerarktische Verschleppung.

3.5.3.18.4 Bodenverdichtung und Zerstörung von Vegetation auf eisfreiem Grund

Fahrzeuge können auf schneefreiem Gelände Böden und Bodenvegetation erheblich schädigen und die Ursprünglichkeit der Landschaft beeinträchtigen (vgl. Kap. 3.5.3.3.6). Die Reifenspuren können nach einer einmaligen Befahrung im eisfreien Gelände auf bemoosten Boden über Jahre sichtbar bleiben. Wiederholte Befahrung kann zu permanenten Spuren führen. Die Reifenspuren verändern das natürliche Bodenprofil und die Dichte der oberen Schicht und zerstören die dort lebenden Organismen (ATCM 34, 2011a).

3.5.3.18.5 Beunruhigung durch Land- und Schneefahrzeuge

Motorenlärm (ca. 80 – 85 db bei 40 – 50 km/h, RWTUEV, 2005) und Bewegungen können in der Nähe von Vögeln und Säugern eine Störung bewirken. Dies kann zu einer Reduktion des Bruterfolgs und zur Verschiebung der Vogelbrutplätze oder Robbenansammlungen in der Stationsumgebung führen. Auf Forschungsstationen überlappt die Zeit mit der höchsten Aktivität mit der Brutsaison von Wildtieren. Beunruhigungen und Irritationen können durch umsichtiges Verhalten des Stationspersonals, das qualifiziert unterrichtet ist, vermieden werden.

Touristische Aktivitäten finden vor allem in den Sommermonaten statt. Zur Vermeidung von Störungen von Tieren durch Fahrzeuge ist die Erfahrung des Expeditionsleiters und infolge die Art der Durchführung von entscheidender Bedeutung.

3.5.3.19 Vorläufige Bewertung von Landfahrzeugen

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einzelwirkungen, die beim Einsatz von Land- und Schneefahrzeugen entstehen, können negative Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter besorgen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die Emissionen von CO_2 und Luftschadstoffe können das Klima, die Luftqualität sowie die Gletscher- oder Meeresumwelt beeinträchtigen. Schadstoffeinträge aus Leckagen, Beunruhigung durch Fahrzeuglärm in der Nähe von Warmblüterkolonien sowie der mögliche Eintrag nicht heimischer Arten und Fahrzeugspuren können Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität negativ beeinflussen und stellen eine zusätzliche Gefahr für gefährdete Arten dar (§ 3 Abs. 4 Nr. 1, 2, 3, 4, 6 AUG).

Die zu besorgenden Auswirkungen sind zeitlich und räumlich begrenzt und bei Einhaltung von Mitigationsmaßnahmen (v. a. Vermeidung empfindlichen Bodens; Vorsorge bei Betankungsvorgängen) von niedriger Intensität.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigung durch Benutzung von Landfahrzeugen; Schädigen von Landpflanzen durch Fahrzeuge; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b, e AUG).

3.5.3.20 Vorläufige Bewertung von Schneefahrzeugen

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einzelwirkungen, die beim Einsatz von Schneefahrzeugen entstehen, können negative Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter besorgen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die Emissionen von CO_2 und Luftschadstoffe können das Klima, die Luftqualität sowie die Gletscher- oder Meeresumwelt beeinträchtigen. Schadstoffeinträge aus Leckagen, Beunruhigung durch Fahrzeuglärm in der Nähe von Warmblüterkolonien sowie der mögliche Eintrag nicht heimischer Arten können Tier- und Pflanzenarten hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität beeinträchtigen und stellen eine zusätzliche Gefahr für gefährdete Arten dar (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-4 AUG).

Die zu besorgenden Auswirkungen sind zeitlich und räumlich begrenzt und bei Einhaltung von Mitigationsmaßnahmen von niedriger Intensität.

Es bestehen Wissenslücken hinsichtlich kumulativer Effekte mehrfach wiederholter Einsätze von Fahrzeugen auf Eis.

Betroffenheit § 17 AUG

Zur Erhaltung der antarktischen Tier- und Pflanzenarten wird § 17 AUG herangezogen (Beunruhigung durch Benutzung von Landfahrzeugen; § 17 Abs. 1 Nr. 2 b AUG).

3.5.3.20.1 Mitigationsmaßnahmen

Als Mitigationsmaßnahme kommt in Betracht, dass

- Fahrzeuge mit geringen Lärm- und Abgasemissionen eingesetzt werden und der Betrieb der Fahrzeuge auf ein notwendiges Maß reduziert wird,
- keine Schadstoffe in die Umwelt gelangen. Es muss Vorsorge gegen Leckagen getroffen sein und das Austreten von Schadstoffen in die Umwelt bei der Betankung verhindert werden. Dies kann durch umsichtiges Verhalten bei Tankvorgängen und ggf. Nutzung von Ölauffangwannen oder Matten entsprechend der Richtlinien des *COMNAP Fuel Manuals* (2008) erreicht werden,
- keine Bereiche ohne Eis außerhalb von Stationen und Stationswegen, insbesondere mit weichen empfindlichen oder vegetationsbedeckten Böden, befahren werden. Nach Möglichkeit sollten vorhandene Wege wieder benutzt und die Aktivitäten auf eisfreiem Grund so gering wie möglich gehalten werden. Der Einsatzort der Fahrzeuge ist bei der Bewertung der Umwelteinflüsse von entscheidender Bedeutung. Die potentiellen Auswirkungen können durch eine umsichtige Routenplanung minimiert werden. Z. B. sollte bei die Querung von Wasserläufen auf kürzester Strecke und im rechten Winkel erfolgen, um alluviales Sediment nicht zum Abrutschen zu bringen,
- keine Gebiete mit besondere Bedeutung befahren werden,
- Mindestabstände zu Tieren und Tieransammlungen eingehalten werden. Zusätzlich kann das Herabsetzen der Geschwindigkeit und das tangentiale Heranfahren und Passieren von Kolonien die Störwirkung, die durch den Lärm und die Bewegung entsteht, mindern,
- Vorkehrungen zur Vermeidung der Verschleppung nicht-heimischer Arten (z. B. *guidelines for cleaning vehicles; biosecurity declaration*) getroffen worden sind.

3.5.3.21 Sonstige logistische Hilfsmittel (Verbrennungsmotoren)

Als logistische Hilfsmittel kommen kleine Motoren, z.B. Generatoren, unterschiedlicher Größe zur Erzeugung elektrischen Stroms außerhalb von Stationen (z.B. für Camps, wissenschaftliches Gerät) zum Einsatz. Kompressoren füllen Tauchflaschen für Forschungstauchereinsätze mit Druckluft. Kettensägen werden zum Schneiden von Eis und Baumaterial genutzt und Handmotoren werden als Hilfsantrieb für z. B. Bohrgeräte verwendet. Bedingt durch fortschreitende Forschungsanforderungen werden laufend neue Geräte entwickelt oder für spezielle Einsätze modifiziert.

Mit Motoren angetriebene kleinere logistische Hilfsmittel emittieren Luftschadstoffe (u.a. Stickoxide, Rußpartikel), die Auswirkungen für Luftqualität, Schadstoffdeposition und Albedoänderung auf Schnee und Eisoberflächen haben können (vgl. Kap. 3.5.3.3.1).

Darüber hinaus erzeugt Motorenbetrieb Schallemissionen, die Tiere und Tieransammlungen stören oder beunruhigen können (vgl. Kap.3.5.3.3.5). Schallemissionen von logistischen Hilfsmitteln können neben den Motorengeräuschen z.T. erhebliche Schallpegel emittieren.

Alle logistischen Hilfsmittel, die mit Verbrennungsmotoren angetrieben werden, erfordern eine sorgfältige Handhabung der Betankungsvorgänge, um Schadstoffaustritte zu vermeiden.

3.5.3.22 Umweltbeeinträchtigungen durch kleine Verbrennungsmotoren

3.5.3.22.1 Luftschadstoffemissionen

Verbrennungsmotoren erzeugen im Betrieb Luftschadstoffe und Kohlendioxid.

Ein Teil der Emissionen gelangt als atmosphärische Deposition direkt auf den Eis- und Landflächen. Auf Eis- und Schneeflächen führen die Ablagerungen zu einer Verringerung des Albedos und verstärken das Abschmelzen der Eisflächen (vgl. Kap. 3.5.3.3.1). Mit dem Abschmelzen werden die Schadstoffe möglicherweise in die Meeresumwelt eingetragen, wo sie lokal zur Versauerung, Eutrophierung und Akkumulation von Schadstoffen beitragen.

3.5.3.22.2 Schadstoffaustritt

Mit dem Betrieb von Verbrennungsmotoren verbunden ist grundsätzlich das Risiko von Schadstoffaustritten durch Leckagen beim Betanken der Motoren sowie beim Auffüllen der Tankstofflager sowie einer Havarie von Tanklagern. Die möglichen Schadstoffaustritte sind können von kleinen Mengen bis zu einem Totalverlust der Tankladung reichen. Schadstoffaustritte können den Boden, Pflanzen und Bodenorganismen, die Eis- und Gletscherumwelt sowie das Wasser kontaminieren.

Beim Austritt von Treibstoffen im Wasser verteilen sich diese in erster Linie auf der Wasseroberfläche, verdriften, verdunsten oder emulgieren. Die Konzentration an der Schadstoffeintrittsstelle nimmt schnell ab. Tritt Treibstoff auf Eis und Schneeoberflächen aus, verdunsten die leicht flüchtigen Bestandteil. Der Rest versickert und verteilt sich im Porenraum. Es bestehen Wissenslücken, welche Konzentrationen für antarktische Organismen schädigend wirken und über das physikalische Verhalten von Mineralölprodukten in der polaren Umwelt (Yang *et al.*, 2009; Woolfenden *et al.*, 2011).

Die Besorgnis für eine Havarie ist niedrig, sofern im sachgerechten Umgang mit Treibstoffen geschultes Personal die Vorgänge umsichtig vornimmt.

3.5.3.22.3 Schallemissionen

Motorengeräusche können in der Nähe von Vögeln und Säugern eine Störung bewirken.

Neben Motorengeräuschen entstehen Arbeitsgeräusche, die weit über den Motorengeräuschen liegen. So erzeugen Kreissäge, Schlagbohrer oder Flex einen Lärmpegel um 100 Dezibel (dB (A) (http://www.bgbau.de/presse/pressemeldungen/preme11/pm-tgl, Zugriff 20.5.2016). Aufgrund der großen Spanne der möglichen Geräte kann kein allgemeingültiger Arbeitsschallpegel für logistische Hilfsmittel nicht angesetzt werden. Für den Einsatz dieser besonders lauten Geräte ist auf Lärmschutz zu achten.

3.5.3.23 Vorläufige Bewertung kleiner Verbrennungsmotoren

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Einzelwirkungen (Schall-, Abgasemissionen, Schadstoffaustritt durch Leckage), die beim Einsatz von kleinen Motoren entstehen können, lassen negative Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter besorgen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Die Emissionen von CO_2 und Luftschadstoffen können das Klima, die Luftqualität sowie die Gletscher- oder Meeresumwelt beeinträchtigen. Schadstoffeinträge aus Leckagen können die Gletscherumwelt oder Pflanzen beeinträchtigen. Beunruhigung durch Motorenlärm in der Nähe von Warmblüterkolonien können diese hinsichtlich ihrer Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität negativ beeinträchtigen (§ 3 Abs. 4 Nr. 1-4 AUG).

Die zu besorgenden Auswirkungen sind zeitlich und räumlich begrenzt und bei Einhaltung von Mitigationsmaßnahmen von sehr niedriger Intensität.

3.5.3.24 Tanklager

Die Treibstoff-Tanklager für die Generatoren, den Fuhrpark, die Flugzeuge und Helikopter bestehen zumeist aus doppelwandigen Tankcontainern, die gleichzeitig zum Betanken benutzt werden. Kleinere Gebinde werden in 200 l- Fässern, Schmierstoffe oder technische Flüssigkeiten in noch kleineren Gebinden geliefert und gelagert. Die Neumayer-Station III ist das zentrale Lager für alle kontinentalen und auf dem Eis geplanten Aktivitäten in der jeweiligen Saison für deutsche wissenschaftliche Aktivitäten. Für den Transport zu anderen Stationen oder Camps und zum Betranken der Flugzeuge werden die jeweiligen Tanks auf Schlitten gelagert und mit Landfahrzeugen oder Helikopter an ihrem

Bestimmungsort abgesetzt. Tanklager für Camps auf Meereis oder in Küstennähe werden meist direkt von FS Polarstern an die entsprechende Stelle transportiert. Auf der Neumayer-Station III gibt es derzeit sechs Lagertanks mit jeweils 9.000 l und zwei Tagestanks á 1.500 l. Für die Versorgung von Camps und an Landepisten werden entsprechend kleinere Tanks benötigt. Es sind regelmäßig Tankvorgänge für das Umpumpen von Lager- auf Tagestanks sowie für kleinere Gebinde und die Fahrzeuge notwendig.

Auch der Inlandtourismus benötigt Tanklager für Flugzeuge, Helikopter und Kraftfahrzeuge (Skidoos, Trucks) zum Transport von Mensch und Material. Dazu werden entsprechende Kraftstofflager eingerichtet.

3.5.3.24.1 Umweltbeeinträchtigungen durch Tanklager

Mit dem Betrieb von Verbrennungsmotoren verbunden ist grundsätzlich das Risiko von Schadstoffaustritten durch Leckagen beim Betanken der Motoren sowie beim Auffüllen der Tankstofflager. Die möglichen Schadstoffaustritte können von kleinen Mengen bis zu einem Totalverlust der Tankladung reichen.

Beim Austritt von Treibstoffen im Wasser verteilen sich diese in erster Linie auf der Wasseroberfläche, verdriften, verdunsten oder emulgieren. Die Konzentration an der Schadstoffeintrittsstelle nimmt schnell ab. Tritt Treibstoff auf Eis und Schneeoberflächen aus verdunsten die leicht flüchtigen Bestandteile. Der Rest versickert und verteilt sich im Porenraum. Es bestehen Wissenslücken, welche Konzentrationen für antarktische Organismen schädigend wirken und über das physikalische Verhalten von Mineralölprodukten in der polaren Umwelt.

Die Besorgnis für eine Kompletthavarie ist niedrig, sofern im sachgerechten Umgang mit Treibstoffen geschultes Personal die Vorgänge umsichtig vornimmt.

Tanklager emittieren ständig flüchtige organische Verbindungen (VOCs). Diese gelten als krebserzeugend, erbgutverändernd und fortpflanzungsgefährdend. Die Konzentration in der Umgebungsluft nimmt aufgrund der Verdünnung durch Wind mit steigender Entfernung vom Entlüftungsventil stark ab. Verdunstung aus Tanklagern tragen zu anderen stationsgebundenen Quellen für z. B. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) aus der Verbrennung von Treibstoff bei. Durch diese dauerhafte Quellen kann es zu kumulativen Effekten in der Nähe von Stationen kommen (Carstens *et al.*, 1999), da der biologische Abbau von Kohlenstoffverbindungen unter antarktischen Bedingungen nur sehr eingeschränkt möglich ist (Yang *et al.*, 2009; Woolfenden *et al.*, 2011).

3.5.3.25 Vorläufige Bewertung von Tanklagern

Die Emission von VOCs ist eine Begleiterscheinung von flüssigen Treibstoffen. Die zu erwartenden Konzentrationen in der Luft sind gering. Es kann durch Deposition im Nahbereich von Depots zu kumulativen Effekten kommen. Darüber hinaus sind Schadstoffaustritte durch Leckagen aufgrund von unsachgemäßem Umgang bzw. durch Havarien zu besorgen.

Vorläufige Bewertung nach § 4 Abs. 3 AUG: weniger als geringfügige oder vorübergehende Auswirkungen

Begründung: Durch Schadstoffeinträge sind nachteilige Wirkungen auf die Luft- und Wasserqualität und schädliche Veränderungen der atmosphärischen, Land-, Wasser-, Gletscher- oder Meeresumwelt sowie von Tier- oder Pflanzenarten oder deren Populationen hinsichtlich der Verbreitung, Häufigkeit oder Produktivität zu besorgen (§ 3 Abs. 4 Nr. 2, 3, 4 AUG).

Die Verdunstung von VOCs durch die Entlüftungsventile von Tanklagern findet in sehr geringem Umfang statt. Es sind im Umfeld von dauerhaften Tanklagern kumulative Effekte im Nahbereich zu besorgen. Leckagen und Unglücksfälle sind keine regelmäßigen Umweltbeeinträchtigungen. Sie sind

nicht planbar. Das Risiko von Leckagen und Havarien ist durch umsichtiges Verhalten, sorgfältige Planungen und Vorsorgemaßnahmen zu reduzieren.

3.5.3.25.1 Mitigationsmaßnahmen

Als Mitigationsmaßnahmen kommen in Betracht:

- Sicherstellung eines sachgerechten Umgangs mit Treibstoffen durch geschultes und erfahrenes Personal unter der Beachtung des Fuel Manuals (COMNAP Fuel Manual, 2008),
- Durchführung von Betankungsvorgängen nach Möglichkeit nicht auf dem Wasser,
- Verwendung von Ölauffangwannen oder Matten beim Betankungsvorgang und unter Aggregaten.

4 Schlussbetrachtung

4.1 Grenzen des Bewertungsschemas

Die vorliegende Studie basiert auf publizierter Fachliteratur, die i. d. R. einen anderen Forschungsinhalt als die Verträglichkeit der Methode untersucht. Die Einschätzung der erfolgte auf Grundlage dieses erweiterten Literaturstudiums, Interviews mit Wissenschaftlern der jeweiligen Disziplinen sowie der Empirie des Autorenteams.

Die Betroffenheit und Einschätzung der Auswirkungen auf die jeweiligen antarktischen Komponenten wird durch eine dreistufige Gradierung (vgl. Kapitel 2.2.2) von Intensität, Besorgnis und Dauer der Auswirkung vorgenommen. Dies bildet Genauigkeiten ab, die oft nicht bestehen. Alle in dieser Studie vorgenommenen Bewertungen sind unvermeidlich mit grundsätzlichen Unsicherheiten durch Wissenslücken zu realen Bedingungen und Auswirkungen behaftet, wodurch eine differierende Interpretation möglich ist.

Es liegt im Auftrag der Wissenschaft in unbekannte Gebiete vorzustoßen, was zwangsläufig zu einem Konflikt in der Bewertung führt: die potentiellen Auswirkungen sind auf ein Ökosystem, dessen Funktionsweise noch nicht einmal verstanden ist, im Vorfelde nicht kategorisierbar.

Dennoch ist das hier vorgestellte Bewertungsschema durch die Detailanalyse der Einzelwirkungen auf die jeweils betroffenen antarktischen Komponenten eine Herangehensweise, die Auswirkungen von Aktivitäten auf die Schutzgüter der Antarktis wirklichkeitsnah prognostizieren und auf Basis des heutigen Wissensstands bewerten kann.

Wichtig dabei ist, dass für eine gesamthafte Bewertung einer Aktivität alle Einzelaktivitäten betrachtet werden. Beispielsweise mag die Schneepiste an sich im Betrieb keine Auswirkungen auf die Schutzgüter nach § 3 Abs. 4 AUG hervorrufen, wohl aber die Fahrzeuge, die in Folge der Einrichtung einer Schneepiste auf dieser fahren.

4.1.1 Empfehlung

Es wird empfohlen, das Tabellen-Tool (Bewertung der Auswirkungen der Einzelaktivitäten auf antarktische Komponenten; vgl. Kapitel 2.2), das im Zusammenhang mit dieser Studie an das Umweltbundesamt ausgehändigt wurde und auszugsweise im Anhang 1 veröffentlicht ist, kontinuierlich zu pflegen und jeweils neuem Kenntnisgewinn anzupassen, insbesondere zu den Einstufungen des Besorgnisgrades, der Intensität und Dauer einer Auswirkung. Eine regelmäßige Aktualisierung der Arbeitstabellen mit fortschreitender Forschungs-und Technologieentwicklung ist unbedingt notwendig, um das hier erarbeitete Bewertungsschema langfristig nutzen zu können. Eine Online-Umsetzung ist anzudenken.

4.2 Grenzen des AUG

Die in dieser Studie durchgeführte Bewertung erfolgte auf der Grundlage des AUG. Ein kumulativer Effekt im Sinne des AUG ist eine „über eine Zeitspanne auftretende, fortschreitende Umweltverschlechterung, die aus einer Reihe von unmittelbar aufeinanderfolgenden Aktivitäten in einem Gebiet oder einer Region entstehen, wobei jede Aktivität für sich betrachtet möglicherweise nicht als wesentlicher Verursacher anzusehen ist“ (Carstens *et al.*, 1999). Die Bewertung von Aktivitäten ist – abhängig von Art, Umfang o. ä. der Aktivität – unterschiedlich, führt jedoch im Ergebnis oftmals zu einer Einstufung in die Kat. I nach § 4 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 AUG, da es sich jeweils um Einzelfallentscheidungen handelt und Langzeitschädigungen der Umwelt, die durch Kombinationen verschiedener Faktoren verursacht werden, nicht erfasst werden.

Kumulative Effekte sind Auswirkungen, die durch Kombination verschiedener Faktoren entstehen und sich als Langzeitschädigung der Umwelt manifestieren (verändert nach Gilpin 1995, aus Carstens *et al.*, 1999). Kumulative Effekte sind nach Auffassung der Autoren die weitaus größte Bedrohung für die antarktischen Schutzgüter.

4.2.1 Empfehlung

Das Risiko für die antarktische Umwelt durch die kumulative Umweltbelastung ist kein nationales Problem, sondern kann nur auf internationaler Ebene geklärt werden. Es wird empfohlen, auf internationaler Ebene eine Lösung zur Erfassung, Berücksichtigung und Regulierung kumulativer Effekte (Tätigkeiten verschiedener Akteure und Wiederholungen von Tätigkeiten in verschiedenen Jahren, andauernde und zukünftige Aktivitäten) zu finden. Dies gilt sowohl für wissenschaftliche, touristische als auch logistische Aktivitäten. Die Problematik ist seit dreizig Jahren auf ATCM Ebene bekannt, eine Übersicht bisheriger Löstungsvorschlägen gibt ASOC (*Antarctic and Southern Ocean Coalition*; IP 111, CEP 8b, ATCM XXXVIII 2015).

4.3 Forschungs- und Handlungsbedarf bezüglich anthropogener Einflüsse

Alle menschlichen Aktivitäten im AV-Gebiet können kumulative Effekte hervorrufen, die kaum nachweisbar oder nachvollziehbar sind (vgl. auch Carstens *et al.*, 1999). Immer noch ist das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den Umweltkomponenten begrenzt. Es besteht grundsätzlicher Forschungsbedarf zu quantifizieren, ab wann der Mensch als Störgröße in die natürlichen Umweltprozesse eingreift und was die genauen Folgen für die verschiedenen Komponenten bei diversen Veränderungen (Einschleppen nicht-heimischer Arten, Temperaturerhöhung, Störungen etc.) sein werden.

An dieser Grundaussage hat sich seit Carstens *et al.* (1999) nichts geändert, neues Wissen schafft neue Wissenslücken.

4.3.1 Wissenschaft

Bei der Bearbeitung dieses Forschungsvorhabens wurde deutlich, dass das Wissen um die Funktionalität des antarktischen Ökosystems insbesondere mit seinen Wechselwirkungen zwischen den Gemeinschaftsebenen und hinsichtlich anthropogener Einflüsse lückenhaft ist. Die Betrachtung von Ökosystemfunktionen gilt als unerlässlich für die Charakterisierung des Systems und der Interaktion mit benachbarten Ökosystemen. Diese sind nur schwer zu erfassen. Insbesondere in der Antarktis besteht Forschungsbedarf, sowohl zum Erkenntnisgewinn als auch zur Einstufung der Sensitivität gegenüber Umweltveränderungen und anthropogenen Einflüssen.

Grundlagenforschung zum IST-Zustand der antarktischen Schutzgüter ist erforderlich, um deren Sensibilität auf sich ändernde Umweltbedingungen fundiert einschätzen zu können. Besonders offensichtlicher Forschungsbedarf wird im Folgenden genannt:

4.3.1.1 Benthos

Die Regenerations- und Wachstumsraten bestimmen die Wiederbesiedlung eines Habitats auf der Gemeinschaftsebene und die Regenerationsfähigkeit einer Population. Die Reproduktionsmuster vieler, insbesondere benthischer Arten, sind weitgehend unbekannt.

4.3.1.2 Wale, Robben, tauchende Vögel

Forschungsbedarf besteht für alle Arten mariner Warmblüter (Säugetiere und Vögel) im Hinblick auf die möglichen Auswirkungen einer Störung oder Schädigung auf Individuen- sowie auf Populationsebene. In diesem Zusammenhang spielen mögliche kumulative Effekte, d. h. das gleichzeitige Auftreten mehrerer Störungen unterschiedlicher Art (z. B. akustisch und visuell) oder das zeitlich eng aufeinanderfolgende Auftreten der gleichen Störung (z. B. eine wiederholte akustische Störung) eine wichtige Rolle. Gewöhnung oder Sensibilisierung müssen dabei als wichtige Faktoren ebenfalls Berücksichtigung finden. Um eine dezidiertere Bewertung der Auswirkungen (z. B. hydroakustischer

Verfahren; Anhang II) nach dem AUG vornehmen zu können, müssen weitere umfassende wissenschaftliche Erkenntnisse gesammelt werden.

Die Diskussion zu den Auswirkungen der seit Jahren und teilweise Jahrzehnten eingesetzten Feldmethoden an antarktischen Warmblütern ist noch relativ jung. Die Auswirkungen einiger Methoden sind für einzelne Arten untersucht worden, wobei anzunehmen ist, dass die verschiedene Arten, ja sogar Individuen einer Art in verschiedenen Lebens- und Fortpflanzungsphasen unterschiedlich empfindlich reagieren.

Die Modularität und breite Kombinierbarkeit wissenschaftlicher und logistischer Geräte ermöglichen maßgeschneiderte Lösungen für die jeweilige Fragestellung und das Einsatzgebiet. Schallsignale spielen dabei eine wesentliche Rolle, sowohl zur Gerätekommunikation als auch zur Datengewinnung. Mögliche Auswirkungen akustischer Signale auf marine Organismen, insbesondere Meeressäuger, in der Antarktis sind noch wenig bekannt. Hier besteht dringender Forschungsbedarf nicht nur in Bezug auf die biologischen Auswirkungen, sondern ebenso in Bezug auf die Quellen: bekannte Gerätedetails lassen nicht immer eine Abschätzung des akustischen Belastungspotentials zu, da die Angaben unzulänglich sind.

Im Bereich der hydroakustischen Geräte und möglicher Auswirkungen auf marine Warmblüter in der Antarktis besteht umfassender Forschungsbedarf zu zahlreichen Aspekten:

- Charakterisierung der Schallemissionen: Die Herstellerangaben zu den akustischen Signalen der in der Antarktis zum Einsatz kommenden/geplanten Geräte sind für eine biologische Bewertung der Auswirkungen auf die marine Fauna oft unzureichend.
- Vergrämung durch Schiff- und Bootsbetrieb: Unterwasserschallemissionen durch Schiffbetrieb können nur reduziert, jedoch nicht vermieden werden. Inwieweit es durch wiederholtes Passieren einer attraktiven Passage oder Zodiacrundfahrten zu einer dauerhaften Vergrämung kommt, ist unbekannt.
- Schallausbreitung: Eine genaue akustische Vermessung der Schallemissionen der Geräte im Tiefwasser und Flachwasserbereich der Antarktischen Gewässer sowie ausführliche Messreihen zur Schallausbreitung in den verschiedenen Meeresgebieten sind erforderlich, um die Schallbelastung der marinen Umwelt besser vorhersagen zu können.
- Abundanz und Verbreitung: Die vorliegenden Informationen über das Vorkommen und die Verbreitung der marinen Warmblüter in der Antarktis sind lückenhaft oder nicht vorhanden. Das zeitlich-räumliche Vorkommen aller Arten muss besser dokumentiert sein, um eine mögliche Belastung der marinen Warmblüter durch den Einsatz hydroakustischer Methoden in der Antarktis besser bewerten zu können.
- Akustische Sensitivität: Die vorhandenen Informationen zur Empfindlichkeit der marinen Warmblüter gegenüber akustischen Signalen ist für viele Arten nicht vorhanden oder für eine Bewertung unzureichend. Audiometrische Untersuchungen zum Hörvermögen und der möglichen Maskierung bei antarktischer Warmblütern sowie Untersuchungen zu schallbedingtem Stress und Verhaltensreaktionen sind dringend erforderlich. Insgesamt muss der Einfluss von Unterwasserschall auf die Lebensfunktionen einzelner mariner Warmblüter sowie deren Populationen in der Antarktis besser untersucht werden, um eine Beurteilung der Auswirkungen überhaupt vornehmen zu können.
- Grenzwerte: Die Grenzwerte zu vertretbaren akustischen Belastungen müssen dringend definiert und bestehende Grenzwerte überarbeitet werden. Zahlreiche wichtige akustische und audiometrische Kriterien finden derzeit keine oder nicht die erforderliche Berücksichtigung bei der Bewertung der Auswirkungen hydroakustischer Geräte in der Antarktis. Dazu zählen beispielsweise: kontinuierlicher vs. impulshafter Schall, die Frequenz-Gewichtung sowie kumulative Effekte. Die derzeitige Neufassung der Grenzwerte in den USA (NOAA, 2015) stellt eine gute Grundlage für eine Überarbeitung dar, kann jedoch aufgrund der unterschiedlichen rechtlichen Grundlagen und

Herangehensweisen bei der Bewertung nicht ohne eine umfassende, unabhängige Bewertung übernommen werden.

- Mitigationsmethoden: Zahlreiche Verfahren zur Mitigation von schallbedingten Auswirkungen müssen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit überprüft werden. Neue oder alternative Methoden zur Mitigation müssen gegebenenfalls entwickelt und erprobt werden. Dazu zählt auch die Erprobung alternativer Methoden der Schallerzeugung (Beispiel: Marine Vibroseismik) bzw. wissenschaftlichen Untersuchung. Beispielsweise eignen sich magnetotellurische Verfahren möglicherweise für einige Forschungsansätze (vgl. beispielsweise Constabel, 2013; Haroon *et al.*, 2016).

4.3.1.3 Vögel

Es besteht umfassender Forschungsbedarf zu nahezu allen Aspekten der antarktischen Brutvögel: Verbreitung, Brutpaarzahlen, Nahrungsgebiete im Sommer und Winter, Verhalten, inter- und intraspezifische Kommunikation, Hörvermögen über und unter Wasser, Sensibilität auf verschiedenartige Störungen wie touristische Aktivitäten, aber auch Einwandern nicht-heimischer Arten und mögliche großräumige Arealverschiebungen von Pinguinen und Seevögeln im im Zuge des Klimawandels u. v. m.

Die in Einzelauswirkungen zerlegte Gesamtaktivität erfasst die potentiellen Auswirkungen mehrschichtig, was eine realitätsnahe Bewertung so detailliert wie möglich erlaubt. Schwer zu erfassen sind zeitliche Kombinationen von Tätigkeiten (z. B. Vogel wird gefangen, vermessen, besendert). Die von Carstens *et al.*, (1999) vorgenommene vierstufige Bewertungseinteilung für wissenschaftliche Untersuchungsmethoden nach § 17 AUG berücksichtigt nicht die Kombinationen von Methoden und vernachlässigt somit mögliche kumulative Wirkungen von Kombinationen. In dem in dieser Studie durchgeführten Verfahren wurde versucht, dies zu berücksichtigen (vgl. Kapitel 3.2.1.3). Dennoch ist zu hinterfragen, ob z. B. bei einer erfolgten Flügelmarkierung ein noch höherer Stress ausgelöst wird, wenn zusätzlich Blut abgenommen wird. So besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Wirkung von Standardmethoden auf verschiedene Arten in verschiedenen Lebensphasen und der Wirkung der Kombination von Methoden. Auch über die Wirkung vergleichsweise neuer Methoden wie dem Einsatz von Drohnen über Vogelkolonien, die sowohl invasivere Methoden ersetzen können als auch neue, bislang unbekannte Störwirkungen haben können, ist noch zu wenig bekannt. Für Forschungsansätze, die „geringfügige oder vorübergehende“ Auswirkungen besorgen lassen, sollte das Bestreben nach alternativen Untersuchungsmethoden zusätzlicher Forschungsinhalt sein.

4.3.2 Technologien

Die Erkundung des Südozeans und des antarktischen Kontinents mit seinen Eisschilden erfordert innovative Technologien. Unser Wissensstand steigt mit der Zunahme neuartiger Technologien, wie roboterartige Beobachtungsplattformen, ozeanische Langzeitmessmethoden oder weiterreichenden Bohrtechniken. Es besteht grundsätzlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich alternativer Forschungsmethoden (z. B. Fernerkundung), um logistische Aktivitäten zu reduzieren.

Elektrochemische Energiespeicher (Batterien, Akkus) versorgen viele wissenschaftliche Geräte mit der notwendigen Energie. Häufig verbleiben die Energiespeicher anschließend in der Umwelt. Batterien enthalten giftige Schwermetalle und wasserlösliche ätzende Bestandteile, die insbesondere bei Kontakt und bei Anreicherung in der Nahrungskette oder Umwelt schädlich für Tiere, Pflanzen und Menschen sind. Zwar sorgen marine Verhältnisse für eine starke Verdünnung, grundsätzlich erfolgt dennoch eine Verschlechterung des Umweltzustandes. Es besteht Wissensbedarf hinsichtlich möglicher Auswirkungen oder Akkumulationen von Batterien in der polaren Umwelt.

Insgesamt besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf für Technologien, z. B. Sonden, diese so herzustellen, dass beim Verbleib in der Umwelt keine Umweltbeeinträchtigungen entstehen oder der Verbleib ganz vermieden werden kann.

Wissenschaftliche und touristische Aktivitäten tragen mit den CO_2-Emissionen ihrer logistischen Vehikel und Stationen zum globalen Klimawandel bei. Aus diesem Grund muss den Einsatzmöglichkeiten CO_2-freier Energieerzeugung und als *ultima ratio* der Kompensation von CO_2-Emissionen mehr Bedeutung beigemessen werden. Es besteht grundsätzlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich eines umweltverträglichen Schiffs- und Stationsbetriebs.

4.3.3 Forschungsförderung

Wissenschaftler unterliegen dem hohen Erfolgsdruck in einer begrenzten (Expeditions-) Zeit zu Ergebnisse zu gelangen. Es bleibt in der Verantwortung einzelner Personen, die wissenschaftliche Aktivität und auch die eingesetzte Logistik so auszuwählen, dass möglichst geringe Auswirkungen auf möglichst wenige Schutzgüter der Antarktis entstehen.

Ethische Richtlinien, durch nationale und internationale wissenschaftliche Gesellschaften erstellt und im AV-System verankert, können einen wichtigen Beitrag leisten, die Auswirkungen von Forschungsmethoden auf die antarktischen Schutzgüter zu verringern. Allerdings beansprucht die Einhaltung von z. B. Tierschutzmaßnahmen Extra-Zeit, die in der zur Verfügung stehenden Expeditionszeit knapp bemessen ist. Forschungsförderungsprogramme können hier unterstützen, indem z. B. die Einplanung und Minimierung der Auswirkung auf die antarktischen Schutzgüter auf die zeitliche Laufzeit von Programmen angemessen angepasst wird.

Eine Datenbank für wissenschaftliche Methoden und mögliche Alternativen für bestimmte Forschungsansätze wird als Möglichkeit gesehen, den Genehmigungsaufwand für wissenschaftliche Methoden zu reduzieren. Die im Rahmen dieser Studie recherchierten Datenblätter mit zusätzlichen Informationen zu Geräten und Methoden bieten eine Grundlage für einen Methodenkatalog. Es wird empfohlen, die Sammlung der Datenblätter permanent zu aktualisieren und zu erweitern, so dass über die Zeit ein Methodenkatalog/-nachschlagewerk entsteht.

4.3.4 Tourismus

Grundsätzlich ist anzumerken, dass der Antarktistourismus bisher unbedeutende Schäden im Vergleich zu Bau und Betrieb wissenschaftlicher Einrichtungen und zur regulierten Entnahme marinen Lebens verursacht hat (Stewart *et al.*, 2005, Chwedorzewska & Korczak, 2010). Es ist jedoch mit einer weiteren Zunahme touristischer Aktivitäten in den kommenden Jahren zu rechnen, die diese Aussage möglicherweise ändern kann. Es ist zu erwarten, dass insbesondere der schiffsgestützte Antarktistourismus weiter ansteigt und in Folge der Druck und die potentiellen Risiken für die antarktische Umwelt vor allem an der Antarktischen Halbinsel zunehmen. Die Diskussion, ob es umweltverträglicher sei, touristische Aktivitäten an der Antarktischen Halbinsel auf ein Gebiet zu beschränken oder zeitlich und räumlich weiter zu verteilen, dauert unvermindert an (z. B. Lynch *et al.*, 2010).

4.3.4.1 Überwachung der touristischen Aktivitäten

Kumulative Auswirkungen sind die wohl größte negative Umweltauswirkung durch touristische Aktivitäten. Verursacht durch Überfrequentierung verschiedener Unternehmungen, in verschieden Zeiträumen oder Wiederholungen gleicher Veranstalter in mehreren Jahren. Diese sind der Bewertung der Einzelaktivität nicht erfasst. Hier besteht dringender internationaler Regulierungsbedarf.

Sollte es in den nächsten Jahren möglich sein, große Landepisten wetterunabhängig zu unterhalten, würde das wahrscheinlich zu einem enormen Anstieg touristischer Aktivitäten sowie permanenter Infrastruktur führen. Um diese Art der Weiterentwicklung zu verhindern, ist eine internationale Regulierung von Nöten. Hinsichtlich der rechtlichen Möglichkeiten zur Regulierung touristischer Aktivitäten in der Antarktis sind bereits Vorschläge erarbeitet worden (Vöneky *et al.*, 2016).

Grundlage jeder Regulierung ist jedoch ein fundierter Kenntnisstand der IST-Situation, hier der antarktischen Schutzgüter, des Störungspotentials der einzelnen und der kumulativen Auswirkungen. Viele Informationen zur Umweltrelevanz touristischer Aktivitäten werden den Vertragsstaaten von

der IAATO bereitgestellt. Die IAATO ist ein Zusammenschluss gewinnorientiert arbeitender Unternehmen und keine unabhängige wissenschaftliche Einrichtung. Viele der Tourismus-relevanten Regelmechanismen im Antarktisvertragssystem basieren auf Angaben und Vorschläge der Tourismusindustrie. Nach unserer Auffassung sollte eine Überwachung der Tourismusaktivitäten nicht durch die IAATO, sondern durch eine unabhängige Institution erfolgen.

4.3.4.2 Einteilung der Umweltrelevanz von Schiffen in Abhängigkeit von der Passagierzahl

Die geltende Einteilung - „500 Passagiere“, „201-500 Passagiere“, „13-200 Passagiere“, „Yachten“ - spiegelt nicht die wirkliche Umweltrelevanz eines Schiffes wider. Diese ist vielmehr abhängig u. a. vom technischen Stand der Emissionsbehandlung des Schiffes und Art (u. a. Geschwindigkeit, Routenführung, Erfahrung) der Durchführung einer Reise im Antarktisgebiet.

Das Potential bei einem Unfall erheblich schädigend auf die antarktische Umwelt einzuwirken, kann mit der Größe des Schiffes wachsen, aber das Risiko, dass eine Havarie eintritt, ist weit mehr von der Eisklasse des Schiffes, dem Fahrgebiet und der Erfahrung der Nautiker abhängig. Größere Schiffe transportieren in der Antarktis trotz deutlich höherer Kapazitäten häufig weniger als 200 Passagiere, was die „pro Kopf Emissionen“ anhebt.

Die ortspezifischen Besuchsbeschränkungen basieren ebenfalls auf der Passagieranzahl der einzelnen Schiffe, Besuchszeiten von Yachten sind nicht begrenzt. So können wenige Yachtpassagiere längere Zeit an einer Pinguinkolonie verbringen und möglicherweise mehr stören als die Gesamtzahl aller Passagiere eines Kreuzfahrtschiffes. Auch für die Vegetation ist es unerheblich, ob z. B. am Tag die wenigen Passagiere einer Yacht mehrfach darüber laufen oder die vielen Passagiere eines Kreuzfahrtschiffes einmalig.

Schiffe mit weniger als 200 Passagieren bergen möglicherweise ein größeres Umweltbelastungspotential während der Anlandungen, da sie im Vergleich zu größeren Schiffen, mehr Anlandungsplätze und auch selten besuchte Plätze anfahren. Grundsätzlich dürfen nur 100 Personen gleichzeitig an Land. Mittels des Buchungssystems der IAATO (*scheduler*) können Besuchsbeschränkungen in der Hochsaison voll ausgeschöpft werden. Verlässt ein kleineres Expeditionskreuzfahrtschiff die Anlandestelle, so folgt daraufhin das nächste Schiff. Kumulative Effekte und Überfrequentierung können zu Auswirkungen führen, die durch eine Prüfung der Umweltauswirkungen einer Einzelaktivität nicht erfasst werden.

Empfehlung: Umweltrelevanz von Kreuzfahrtschiffen nicht über die Passagierzahl kategorisieren

Eine Einteilung könnte z. B. anhand der Schwachstellenanalyse gemäß *Polar Code* oder den Kriterien des „Blauen Engels“ für umweltfreundlichen Schiffbetrieb erfolgen. Ein modernes Umweltlabel für polare Schifffahrt (Arktis & Antarktis) könnte entwickelt werden.

Grundsätzlich sollte eingesetzte Technik dem aktuellen Umwelt- und Technikstandard entsprechen und z. B. auch die kleinen Boote (*Zodiacs)*, die die Passagiere an Land bringen, emissionsarm nach dem Stand der Technik betrieben werden (leise Laufgeräusche von Motor und Schraube, kein Austritt von Partikeln im Abgas oder Treibstoff).

4.3.4.3 Verhältnis Expeditionsmitglied/*Guide*: Passagiere

Die Gesamtzahl der Besucher und Besucherinnen in der Saison ist entscheidender als Störgröße als die Passagierzahl eines einzelnen Schiffes. Entscheidend für das Maß an Störung während einer touristischen Anlandung ist vielmehr das Besuchsmanagement.

Empfehlung: Verhältnis Guide: Passagier von 1:20 auf 1:10 verbessern!

- Erfahrung des Expeditionsteams

Seit einigen Jahren definiert die IAATO den Kenntnisstand ihres *field staffs* und prüft die Kenntnisse in einem *online assessment*.

Empfehlungen: Es wird empfohlen, dass das gesamte Expeditionsteam die Kenntnis der mittlerweile umfangreichen Regelwerke und Empfehlungen der Antarktisvertragsstaaten zum Schutz der antarktischen Umwelt nachweist und ggf. an Schulungen (*staff training*) teilnimmt. Dieses Training sollte durch eine von der Tourismusindustrie unabhängige und akkreditierte Stelle erfolgen.

Die Art der Durchführung (Besuchsmanagment an Land) ist von zentraler Bedeutung während touristischer Aktivitäten. Der Kenntnisnachweis gemäß § 33 AUG sollte bei touristischen Unternehmungen verstärkt werden, indem insbesondere im Feld aktive Personen – Expeditionsleitung, Lektoren und Lektorinnen, Reiseleitung, Zodiacfahrer und Zodiacfahrerinnen – diese Kenntnisse nachweisen. Es wird empfohlen, dass alle Fahrer/-innen der Anlandungsboote Kenntnisse über Mindestabstände und Annährungswinkel und -geschwindigkeiten an marine Tiere nachweisen müssen. Es sollten nur geschulte und für diesen Einsatz vorgesehene Crewmitglieder die Anlandungsboote fahren.

Expeditionsleiter von wissenschaftlichen und touristischen Unternehmungen sollten über ortsbezogene, ökologische Kenntnisse verfügen und mit nationalen und internationalen Regularien vertraut sein und diese Kenntnisse nachweisen können.

Es wird empfohlen, dass nicht nur Antarktis-erfahrene Personen, sondern insbesondere bei Besuchen von Tierkolonien (beispielsweise Kaiserpinguinkolonien) naturwissenschaftlich vorgebildetes Personal die Expeditionsführung innehat. Zahlreiche Antarktisbesuche sind kein Nachweis für das Verständnis ökologischer Zusammenhänge und der Fähigkeit, Störungen und Beunruhigungen von Tieren und sensiblen Boden- und Pflanzengemeinschaften zu erkennen. Dies zu erkennen, ist notwendig, um bei Anlandungen Wege in einer Weise festzulegen, dass weniger als geringfügige und vorübergehende nachteilige Auswirkungen eintreten. Daher wird empfohlen, dass zumindest die Expeditionsleitung einen biologischen / ökologischen Hintergrund hat, da die Verhaltensrichtlinien (z. B. für den Besuch von Kaiserpinguinkolonien und *site guidelines*) darauf bauen, z. B. „Anzeichen von Beunruhigung und Störung von Tieren frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden“, um „richtig“ zu reagieren.

4.3.4.4 Einstufung der Anlandegebiete gemäß „Sensibilität“

Ortsspezifische Richtlinien basieren nicht auf langen Monitoringreihen, sondern wurden aufgrund der zunehmenden menschlichen Aktivitäten in der Antarktis relativ schnell aufgestellt. Biologische Datenreihen wurden dafür kaum, schlecht oder gar nicht genutzt (Lynch *et al.*, 2016). Ortsspezifische Richtlinien sollten daher regelmäßig angepasst werden, sobald neue Erkenntnisse vorliegen. Beispielsweise lenken Richtlinien Menschen zu Fuß über „vegetationsfreie Zonen“, was bei einigen Böden zu erheblichen Veränderungen (z. B. durch Erosion) führt (Tejedo *et al.*, 2012). Es gibt kein von CEP oder ATCM abgestimmtes System, das eine Anlandungsstelle als eine „sensible“ oder „weniger sensible“ Anlandungsstelle klassifiziert. Es wird ein von *Oceanites*[18] eingeführtes 9-Kriteriensystem benutzt. Die *Site guidelines* sollten regelmäßig aktualisiert werden.

Oceanites liefert bislang als einzige Organisation eine – wenn auch lückenhafte – Dokumentation von Langzeitbeobachtungen vieler Anlandestellen. Die ökologischen Verhältnisse der Anlandestellen sowie die anthropogenen Einflüsse sind nicht bekannt. Für sehr viele Anlandestellen fehlt eine fundierte Datenlage. Viele Studien über Auswirkungen touristischer Aktivitäten laufen relativ kurz, so dass interannuelle Schwankungen mögliche Langzeiteffekte überlagern. In den *site guidelines* sind Schiffverkehr und Zodiacbewegungen mit ihren Begleiterscheinungen (vgl. Kapitel 3.5) nicht enthalten.

Empfehlung: Die Einstufung in sensible/unsensible Gebiete als Grundlage für Begrenzungen sollte hinsichtlich eines Kriterienkatalogs und auf der Basis einer fundierten Datengrundlage erfolgen.

[18] *Oceanites* ist eine US-amerikanische nicht-regierungsgesteuerten Organisation (NGO) mit starken Verbindungen zur IAATO: www.oceanites.org

Die Vorgehensweise (z. B. Anzahl und Dauer der Erhebungsbesuche) zur Empfindlichkeitseinstufung der Anlandeplätze sollte anhand eines abgestimmten und wissenschaftlich fundierten Kriterienkatalogs erfolgen.

4.3.4.5 Verhaltensrichtlinien für verschiedene Aktivitäten

Richtlinien zur Durchführung von Aktivitäten (z. B. Camping, Tauchen, Drohneneinsatz, Besuch einer Kaiserpinguinkolonie) werden der internationalen Staatengemeinschaft i.d.R. von der IAATO vorgelegt, nachdem eine Umweltrelevanz erkannt wurde. Dies ermöglicht der Vereinigung der Tourismusunternehmen einem möglichen totalen Verbot einer bereits etablierten Aktivität jeweils vorzugreifen. Allerdings hängen die Richtlinien den tatsächlichen Aktivitäten oft hinterher. Beispielsweise haben in der vergangenen Saison große Schiffe, denen keine Anlandungen erlaubt sind, damit begonnen, Anlandestellen wasserseitig zu belagern. Sie fahren möglichst nahe an Anlandungsgebiete heran und verweilen dort für eine gewisse Zeitspanne (ca. 1h). Dies verlängert die von Schiffsbesuchen beanspruchte Zeit eines bestimmten Ortes, ohne dass die *site guidelines* diese erfassen.

Empfehlungen:

Zur Bewertung der o. g. touristischen Aktivitäten sollte der Fragenkatalog „*Questions to consider as part of the authorisation process for non-Governmental land-based activities in Antarctica*“ (*The Assessment of Land-Based Expeditionary Activities*, ATCM XXXV CEP XV, Hobart Resolution 9, 2012) und die Resolution 6 (2014) –(ATCM XXXVII - CEP XVII, Brasilia) konsquent angewendet werden.

Es besteht zudem Forschungsbedarf zu potentiellen Auswirkungen von „Sub-Aktivitäten“ auf die antarktische Umwelt. Verhaltensrichtlinien sollten nicht ausschließlich von der Tourismusindustrie herausgegeben werden, sondern primär von der ATCM als verbindliche Regelungen (*regulations*, *decisons)*.

4.3.4.6 Statistiken

Tourismuszahlen wie die in Kapitel 3.4.2 aufgeführten wurden und werden von der Tourismusindustrie selbst erhoben. Nicht-IAATO Mitglieder werden nicht erfasst, was insbesondere die Informationen über Yachttourismus begrenzt. Unabhängige belastbare Tourismuszahlen sind nicht verfügbar, da diese von der ATCM nicht oder nur unvollständig innerhalb des *Electronic Infomation Exchange Systems* (EIES) gesammelt werden. Auf dieser Datenbasis ist es schwierig, tatsächliche Umweltauswirkungen durch touristische Aktivitäten zu evaluieren und sinnvolle Regularien zuerarbeiten. Es gibt keine Melde- und Datensammelstelle über Aktivitäten von Yachten, die die Antarktis befahren.

Empfehlung: Vertragsstaaten sollten eine eigene zentrale Datenbank für touristische Aktivitäten aufbauen.

4.3.4.7 Umweltauswirkungen durch touristische Aktivitäten

Derzeit besteht im Rahmen der ATCM-noch kein abgestimmtes Monitoring-Programm im AV-Gebiet bezüglich der Auswirkungen touristischer Aktivitäten.

Empfehlung: Etablierung eines unabhängigen Monitoringprogramms zu den Auswirkungen touristischer Aktivitäten.

Es sollte ein standardisiertes, von der Tourismusindustrie unabhängiges, Monitoring über die Auswirkungen touristischer Aktivitäten eingerichtet werden. Darauf aufbauend sollten die *site guidelines* regelmäßig angepasst werden. Der Umgang mit einem möglichen Ausbau von touristischer Infrastruktur sollte im Rahmen der ATCM erfolgen.

Handlungsbedarf: Strategische Vorgehensweise zur Reduzierung der kumulativen Auswirkungen touristischer Aktivitäten z. B. nach den Vorschlägen von ASOC (IP 53, XXXII ATCM, 2009).

4.3.5 Logistik

Logistische Unterstützung ist die Grundvoraussetzung jeglicher Aktivität in der Antarktis. So sind die Umweltbeeinträchtigungen, die durch CO_2-Emissionen, Abwassereinleitungen, mögliche Einschleppung nicht-heimischer Arten, Schallemissionen, Störungen durch Menschen zu Fuß, Fahrzeuge etc. entstehen, Begleiterscheinungen sowohl touristischer als auch wissenschaftlicher Aktivitäten.

Diese Studie zeigt, dass logistische Aktivitäten bisher die stärksten negativen Auswirkungen auf die antarktischen Schutzgüter ausüben. Dies gilt sowohl für logistische Aktivitäten im Rahmen wissenschaftlicher sowie touristischer Aktivitäten. Die Umweltbeeinträchtigungen durch begleitende logistische Aktivitäten sind im Allgemeinen immer größer als die Auswirkungen der touristischen bzw. wissenschaftlichen Zielaktivitäten. Vor allem durch kumulative Effekte ist eine kontinuierliche Umweltverschlechterung zu besorgen, die im Rahmen des USP und AUG nicht erfasst ist. Insbesondere der Bau und Betrieb von festen Stationen und großen Bohrstationen verursachen erhebliche und langfristige Schäden. Unvorhergesehene Ereignisse wie Havarien von Schiffen oder Tanklagern würden weitere gravierende Umweltschäden hervorrufen.

Dennoch, die Auswirkungen der überwiegenden Anzahl der logistischen Einzelaktivitäten werden gemäß AUG als „weniger als geringfügig oder vorübergehend“ vorläufig bewertet. Diese schwache Einstufung ist auf die ausschließliche Beurteilung einzelner Aktivitäten (Einzelfallentscheidung) zurückzuführen. Kumulative Effekte durch Wiederholung von Tätigkeiten sowie die Kombination mit den Auswirkungen anderer Tätigkeiten können jedoch zu einer erheblichen Umweltwirkung führen. Ebenso entziehen sich die kumulativen Effekte durch die Aktivitäten unterschiedlicher Akteure und über lange Zeiträume den Möglichkeiten der Erfassung des AUG.

Es besteht grundsätzlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich umweltverträglichen Schiffs- und Stationsbetriebs sowie alternativer Forschungsmethoden (z. B. Fernerkundung), um logistische Aktivitäten zu reduzieren.

Es besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Beschränkung des Baus weiterer (fester) Stationen v. a. Tourismus, Vorsorge gegen Havarien durch sicherheitsrelevante Kriterien wie Eisklasse und vor allem eine Lösung zur Erfassung kumulativer Effekte verschiedener Akteure.

Handlungsbedarf

Es besteht Handlungsbedarf hinsichtlich der Beschränkung des Baus weiterer Stationen v. a. für touristische Zwecke, hinsichtlich Vorsorge gegen Havarien auf der Grundlage sicherheitsrelevanter Kriterien wie der Eisklasse in der Schifffahrt sowie einer Lösung zur Erfassung kumulativer Effekte verschiedener Akteure.

5 Quellenverzeichnis

AARI, 2014: Study of the water column of the subglacial Lake Vostok, Initial Environmental Evaluation, Arctic and Antarctic Research Institute, Russian Antarktic Expedition

Achberger, A. M., Christner, B. C., Michaud, A. B., Priscu, J. C., Skidmore, M. L., Vick-Majors, T. J. (2016): Microbial Community Structure of Subglacial Lake Whillans, West Antarctica, Front. Microbiol. doi.org/10.3389/fmicb.2016.01457.vö

Adams, J., Scott, D., McKechnie, S., Blackwell, G., Shaffer, S. A., Moller, H. (2009): Effects of geolocation archival tags on reproduction and adult body mass of sooty shearwaters (Puffinus griseus), New Zealand J Zool 36:355–366.

Adams, B. J., Wall, D. H., Virginia, R. A., Broos, E., Knox, M.A. (2014): Ecological Biogeography of the Terrestrial Nematodes of Victoria Land, Antarctica, ZooKeys 419: 29-71.

AFSG, 2008: Gesetz zu dem Internationalen Übereinkommen von 2001 über die Beschränkung des Einsatzes schädlicher Bewuchsschutzsysteme auf Schiffen (AFSG) vom 2. Juni 2008 (BGBl. 2008 II S. 520), geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474).

Ainley, D. G., Clarke, Arrigo, E. D., Fraser, K., Kato, W. R., Barton, K. J., Wilson, P. R. (2005): Decadal- scale changes in the climate and biota of the Pacific sector of the Southern Ocean, 1950s to the 1990s, Antarctic Science 17:171-182.

Ainley, D., Russell, J., Jenuvrier, S., Woehler, E., Lyver, P. O'B., Fraser, W. R., Koyman, G. L. (2010): Antarctic penguin response to habitat change as Earth's troposphere reaches 2°C above preindustrial levels. Ecological Monographs, 80(1), 2010, pp. 49–66.

Amelung, B., Lamers, M. (2007): Estimating the greenhouse gas emissions from Antarctic tourism. Tourism in marine environments. Volume 4, Numbers 2-3, pp. 121-133(13). DOI: 10.3727/154427307784772020

Andrews, R. D., Pitman, R. L., Ballance, L. T. (2008): Satellite tracking reveals distinct movement patterns for Type B and Type C killer whales in the southern Ross Sea, Antarctica. Polar Biology 31:1461–1468 DOI 10.1007/s00300-008-0487-z.

Anonym (2012): Monthly mean surface temperature at Vostok station. http://www.nerc-bas.ac.uk/icd/gjma/vostok.temps.html, aufgerufen am 25.08.2014.

Aoki, Ka., Sakai, M., Miller, P. J. O., Visser, F., Sato, Ka. (2013): Body contact and synchronous diving in long-finned pilot whales. Behavioural Processes 99: 12-20. doi10.1016/j.beproc.2013.06.002.

Arcalis-Planas, A., Sveegaard, S., Karlsson, O., Harding, K. C., Wahlin, A., Harkonen, T., Teilmann, J. (2015): Limitde use of sea ice by the Ross seal (Ommatophoca rossii), in Amundsen Sea, Antarctica, using telemetry and remote sensing data. Polar Biol (2015) 38:445–461 DOI 10.1007/s00300-014-1602-y

Arcone, St. A., Prentice, M. L., Delaney, A. J. (2002): Stratigraphic profiling with ground-penetrating radar in permafrost: A review of possible analogs for Mars, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. E11, 5108, doi:10.1029/2002JE001906

Arntz, W. E., Brey, T. (2005): The Expedition ANTARKTIS XXI/2 (BENDEX) of RV "Polarstern" in 2003/2004., Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 503, ISSN 1618-3193.

Arntz, W. E., Gerdes, D. (2009): Antarctic Benthos – myths and facts. In: Biological Studies in Polar Oceans – Exploration of Life in Icy Waters. Hempel, G. and I. Hempel, 125-132.

Ashmore, D. W., Bingham, R. G. (2014): Antarctic subglacial hydrology: an overview of current knowledge and forthcoming scientific challenges. In: Antarctic Science, Vol. 26, No. 6, 2014, p. 758-773, doi:10.1017/S0954102014000546

AT Annex IV: Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty, Annex IV Prevention of Marine Pollution.

ATCM 25 (2002): Ice runway in the area of Novalazarevskaya Station, WP015

ATCM 27 (2004): Guidelines for Operation of Aircraft near Concentrations of Birds in Antarctica, Res. 2 2004 .

ATCM 29 (2006): Practical Guidelines for Ballast Water Exchange in the Antarctic Treaty Area, Resolution 3 2006.

ATCM 30 (2007): Resolution 5 - ATCM XXX - CEP X, New Delhi: Long-term effects of tourism

ATCM 32 (2009): Guidelines for ships operating in Arctic ice-covered Waters. DE 52/WP.2.

ATCM 32 (2009): Resolution 7 - ATCM XXXII - CEP XII, Baltimore: General Principles of Antarctic Tourism.

ATCM 33 (2010): Guidelines on Minimising the Impact of Pollution by Light at Antarctic Stations and Ships, WP 12.

ATCM 33 (2010): Intra-regional transfer of species in terrestrial Antarctica, WP 13.

ATCM 34 (2011): Methodology for clean access to the subglacial environment associated with the Whillans Ice Stream. IP 72 of the 34. Antarctic Treaty Consultative Meeting, Buenos Aires.

ATCM 34 (2011): Non-native Species Manual, Resolution 6 2011, CEP, July 2011.

ATCM 34 (2011a): Report on all-terrain vehicles impact on deglaciated area of James Ross Island, Antarctica, Tschechien, IP133.

ATCM 35 (2012): Yachting Guidelines, Resolution 10.

ATCM 36 (2013): German-South African Report of Inspections under Article VII of the Antarctic Treaty and Article 14 of the Protocol on Environmental Protection, January 08-29, 2013.

ATCM 36 (2013): Guidelines for Short Overnight Stays, IAATO IP 98.

ATCM 36 (2013): Advancing technologies for exploring subglacial Antarctic aquatic ecosystems (SAEs), SCAR IP 82.

ATCM 37 (2014): Data Collection and Reporting on Yachting Activity in Antarctica in 2013-14, IP55, supmitted by IAATO, 31.3.2014.

ATCM 37 (2014): Resolution 6 - ATCM XXXVII - CEP XVII, Brasilia: Toward a Risk-based Assessment of Turism and Non-governmental Activities.

ATD Report - Antarctic Treaty Database, http://www.ats.aq/devAS/info_measures_list_filtered.aspx?lang=e&cat=14, aufgerufen am 26.08.2014.

AUG Gesetz zur Ausführung des Umweltschutzprotokolls zum Antarktis-Vertrag vom 22. September 1994, BGBl I S. 2593, zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 41 u. Artikel 4 Absatz 26 des Gesetzes vom 7. August 2013,BGBl. I S. 3154

Ayers, E., Nkem, J. N., Wall, D. H., Adams, B. J., Barrett, J.E., Broos, E. J., Parsons, A. N., Powers, L. E., Simmons, B. L., Virginia, R. A. (2008): Effects of human trampling on populations of soil fauna in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica. Conservation Biology 22(6): 1544-1551.

Bailleul, F., Charrassin, J.-B., Ezraty, R., Girard-Ardhuin, F., McMahon, C. R., Field, I. C., Guinet, Ch. (2007): Southern elephant seals from Kerguelen Island confronted by Antarctic Sea ice. Changes in movements and in diving behaviour. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. Vol. 54, Issues 3-4, pp 343-355. doi.org/10.1016/j.dsr2.2006.11.005

Ballard, G., Ainley, D. G., Ribic, C., Barton, K. R. (2001): Effect of instrument attachement and other factors on foraging trip duration and nesting success of Adélie Penguins. The Condor 103: 481-490.

Ballard, G., Toniolo, V., Ainley, D.G., Parkinson, C. L., Arrigo, K. R., Trathan, P. N. (2010): Responding to climate change: Adelie Penguins confront astronomical and ocean boundaries. Ecology 91: 2056-2069.

Bar-Cohen, Y.,Zacny, K. (2009): Drilling in Extreme Environments, Editors, Wiley-Vch Verlag.

Barnes, D., Milner, P. (2005): Drifting plastic and its consequences for sessile organism dispersal in the Atlantic Ocean, Marine Biology 146, 815–825, doi:10.1007/s00227-004-1474-8

Barnes, D. K. A., Hodgson D. A., Convey, P., Allen, C. S., Clarke, A. (2006): Incursion and excursion of Antarctic biota: past, present and future. Global Ecology and Biogeography 15: 121–142.

Barnes, D., Walters, A., Concalves, L. (2010): Macroplastics at sea around Antarctica, Marine Environmental Research, 70, 250-2.

Barnes, K.A., Fenton, M., Cordingley, A. (2014): Cimate-linked iceberg activity massively reduces spatial competition in Antarctic shallow waters. Current Biology Vol 24.

Barrett, P. (2003): Cooling a continent. Nature 421: 221-222.

Barron, D. G., Brawn, J. D. Weatherhead, P. J. (2010): Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. Methods in Ecology and Evolution 1, 180-187.

Bastmeijer, K., Lamers, M., Harcha, J. (2008): Permanent land-based facilities for tourism in Antarctica: the need for regulation. Review of European Community & International Environmental Law, 17(1), 84-99.

Bednarek-Ochyra, H., Vana, J., Ochyra, R., Lewis Smith, R. I. (2000): The Liverwort Flora of Antarctica. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland.

Behar, A. E., Chen, D. D., Ho, C., McBryan, E., Walter, Ch., Horen, J., Foster, S., Foster, T., Warren, A., Vemprala, S. H., Crowell, J. M. (2015): MSLED: The Micro Subglacial Lake Exploration Device. Underwater Technology, Vol. 33, No. 1, pp. 3–17. doi:10.3723/ut.33.003

Bejder, L., Lusseau, D. (2008): Valuable lessons from studies evaluating impacts of cetacean-watch tourism. Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording, 17:1-3, 158-161, DOI: 10.1080/09524622.2008.9753800

Bender, N. A., Crosbie, K., Lynch, H. J. (2016): Patterns of tourism in the Antarctic Peninsula region: a 20-year analysis. Antarctic Science. doi: 10.1017/S0954102016000031.

Benjumea, B., Teixido, T. (2001): Seismic reflection constraints on the glacial dynamics of Johnsons Glacier, Antarctica, Journal of Applied Geophysics 46: 31–44.

Bentley, Ch., Koci, B., Augustin, L., Bolsey, R., Green, J., Kyne, J., Lebar, D., Mason, W. P., Shturmakov, A. J., Engelhardt, H. F., Harrison, W. D., Hecht, M. H., Zagorodnov, V. (2009): Ice Drilling and Coring, in Bar-Kohen und Zacny (2009): Drilling in extreme environments, S. 221 ff.

Bester, M. N., Odendaal, P. N. (2000): Abundance and distribution of Antarctic pack ice seals in the Weddell Sea. In: Davison, W., Howard-Williams, C., Broady, P. (eds.) (2000): Antarctic Ecosystems: Models for Wider Ecological Understanding, pp 51-55, Caxton Press, Christchurch.

BirdLife International (2012): Aptenodytes forsteri. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. www.iucnredlist.org, Zugriff: 13 January 2015.

Biuw, M., Nøst, O. A., Stien, A., Zhou, Q., Lydersen, C., Kovacs, K. M. (2010): Effects of hydrographic variability on the spatial, seasonal and diel diving patterns of southern elephant seals in the eastern Weddell Sea. PLoS ONE 5(11): e13816. doi:10.1371/journal.pone.0013816.

Black, A., 2005: Light induced seabird mortality on vessels operating in the Southern Ocean: incidents and mitigation measures. Antarctic Science, 17, pp 67-68. doi:10.1017/S0954102005002439.

Blackhurst, R. L., Genge, M. J., Kearsley, A. T., Grady, M. M. (2005): Cryptoendolithic alteration of Antarctic sandstones: Pioneers or opportunists? Journal of Geophysical Research, Vol. 110: 1-14.

Blix, A., S., Nordøy, E. S. (2007): Ross seal (Ommatophoca rossii) annual distribution, diving behaviour, breeding and moulting, off Queen Maud Land, Antarctica. Polar Biol (2007) 30:1449–1458. DOI 10.1007/s00300-007-0306-y.

Blume, H.-B., Bölter, M. (1993): Podsole, Leptasole und Regosole der Antarktis, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 72, 843-846.

Blume, H.-P., Brümmer, G.W., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretzschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.-M. (2010): Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. Springer Verlag.

BMV/CONF/36 (2004): International Convention for the Control and Management of Ship´s Ballast Water and Sediments, 16 February 2004.

Bölter, M., Blume, H. P., Erlenkeuser, H. (1994): Pedologie, Isotopie and Mierobiologieal Properties of Antaretie Soils. Polarforschung 64: 1-7.

Bonter, D. N., Bridge, E. S. (2011): Applications of radio frequency identification (RFID) in ornithological research: a review. J. Field Ornithol. 82(1): 1-10.

Bornemann, H. , Schröder, M. , Carlini, A. R. , de Bruyn, P. J. N. , Reisinger, R. R. , McIntyre, T. , Tosh, C. A. , Bester, M. N. , Frickenhaus, S. Plötz, J. (2010): Hot Spot Foraging Depths of Southern Elephant Seal Males at the Filchner Trough Outflow, Southern Weddell Sea, Journal of Geophysical Research, vol. 109, http:// doi.wiley.com/10.1029/2003JC002008.

Bouten, W., Baaij, E. W., Shamoun-Baranes, J., Camphuysen, K. C. J. (2013): A flexible GPS tracking system for studying bird behaviour at multiple scales. Journal of Ornithology 154: 571–580, DOI 10.1007/s10336-012-0908-1.

Boyd, I. L. (2009): Antarctic Marine Mammals. In: Perrin, W. F., Würsig, B., Thewissen, J. G. M. (eds.) Encyclopedia of Marine Mammals, 1st ed., pp. 30-36, Academic Press, London.

Braun, C., Hertel, F., Mustafa, O., Nordt, A., Pfeiffer, S., Peter, H.-U. (2014): Environmental Assessment and management challenges of the Fildes Peninsula Region. In: Tin, T., Ligget, D., Maher, P., Lamers, M. (Hrgs.): The Futerue of Antarctica: Human impacts, strategic planning, and values for conservation. Springer, Dordrecht, s. 169-191. DOI: 10.1007/978-94-007-6582-5_7.

Bridge, E. S., Thorup, K., Bowlin, M. S., Chilson, P. B. Diehl, R. H., Fléron, R. W., Hartl, P., Days, R. Kelly, J. F., Robinson, W. D., Wikelski, M. (2011): Technology on the Move: Recent and Forthcoming innovation for tracking migratory birds. BioScience 61: 689-698. doi:10.1525/bio.2011.61.9.7.

British Antarctic Survey (2005): Antarctic Factsheet Geographical Statistics.

British Antarctic Survey (2012): Proposed Exploration of Subglacial Lake Ellsworth, Antarctica, Final Comprehensive Environmental Evaluation, ATCM 34 IP30.

Brooke, M. (2004): Albatrosses and petrels across the world. Oxford, UK: Oxford University Press.

Bub, H. (1966-1969): Vogelfang und Vogelberingung. Die Neue Brehm-Bücherei (Heft 359, 377, 409). Wittenberg Lutherstadt : Ziemsen. 3 Tl.: Tl. 1: Al Siebfallen und Reusen , Tl. 2: Fang.

Bub, H. (1995): Vogelfang und Vogelberingung zur Brutzeit. 3. Unveränderte Aufl., Nachdr. der 2. Aufl. von 1976. Die Neue Brehm-Bücherei Bd. 470.

Buckland, S. T., Burt, M.L., Rexstad, E. A., Mellor, M., Williams. A. E., Woodward, R. (2012): Aerial surveys of seabirds: the advent of digital methods. Journal of Applied Ecology, 49, 960–967.

Burger, J., Gochfeld, M. (2007): Responses of emperor penguins (Aptenodytes forsteri) to encounters with ecotourists while commuting to and from their breeding colony. Polar Biology 30: 1303–1313.

Burn, A. J. (1984): Life cycle strategies in two Antarctic Collembola. Oecologia 64: 223 229.

Campbell, I. E., Claridge, G. G. C. (1987): Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment. Elsevier, Amsterdam.

Campbell, N. A., Reece, J. B. (2009): Biologie, 8. Aktualisierte Auflage, Pearson Deutschland GmbH, 1918.

Carlini, A. R., Poljak, S., Casaux, R., Daneri, G. A., Gasco, M. (2003): Southern elephant seals breeding at Nelson Island, South Shetland Islands. Polish Polar Research 24(2): 143-47.

Carstens, M., Süfke, L.. Borkowitz, B., Juterzenka, K. v., Hanssen, H., Zimmermann, Ch., Böhmer, Th., Spindler, M. (1999): Nutzung der Erkenntnisse der marinen Ökosystemforschung für die Antarktis-Umweltschutzaufgaben, Institut für Polarökologie, Berlin, Umweltbundesamt Texte 83/99 CAU Kiel 1999.

CCAMLR (2004): CCAMLR ecosystem monitoring program standard methods, CCAMLR, Hobart, Australia.

Charrassin, J.-B., Hindell, M., Rintoul, S. R., Roquet, F., Sokolov, S., Biuw, M., Costa, D., Boehme, L., Lovell, P., Coleman, R., Timmermann, R., Meijers, A., Meredith, M., Park, Y.-H., Bailleu, F., Goebel, M., Tremblay, Y., Bost, C.-A., McMahon, C. R., Field, I. C., Fedak, M. A., Guinet, C. (2008): Southern Ocean frontal structure and sea-ice formation rates revealed by elephant seals. PNAS 11634-11639. Doi 10.1073/pnas.0800790105.

Chen, D., Hale, R., La Guardia, M., Luellen, D., Kim, St., Geisz, H. (2015): Hexabromocyclododecane flame retardant in Antarctica: Research stations as sources, Environmental Pollution 206, 611-618.

Chown, S. L., Convey, P. (2006): Biogeography. In: Bergstrom, D. M., Hull, B. B. und Huiskes, A. H. L. (Eds.). Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems. Antarctica as a Global Indicator. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands.

Chown, St., Huiskes, A., Gremmen, N., Lee, J., Terauds, A., Crosbie, K., Fernot, Y., Hughes, K., Imura, S., Kiefer, K., Lebouvier, M., Raymond, B., Tsujimoto, M., Ware, Ch., de Vijver, B., Bergstrom, D. (2012): Continent-wide risk assessment for the establishment of nonindigenous species in Antarctica, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1119787109.

Christianson, K., Parizek, B. R., Alley, R. B., Horgan, H. J., Jacobel, R. W., Anandakrishnan, S., Keisling, B. A., Craig, B. D., Muto, A. (2013): Ice sheet grounding stabilization due to till compaction,. Geophys. Res. Lett., 40, 5406–5411, doi:10.1002/2013GL057447

Christner, B. C., Mosley-Thompson, E., Thompson, L. G., Reeve, J . N. (2001): Isolation o f bacteria and 1 6S rDNAs from Lake Vostok accretion ice, Environmental Microbiology.

Christner, B. C., Royston-Bishop, G., Foreman, C. M., Arnold, B. R., Tranter, M., Welch, K. A., Lyons, W. B., Tsapin, A. I., Studinger, M., Priscu, J. C. (2006): Limnological conditions in Subglacial Lake Vostok, Antarctica, Limnology and Oceanography 51(6):2485-2501, doi: 10.4319/lo.2006.51.6.2485

Chwedorzewska, K. J. (2008): Poa annua L. in Antarctic: searching for the source of introduction. Polar Biology 31: 263–268.

Chwedorzewska, K. J. (2009): Terrestrial Antarctic ecosystems in the changing world: An overview. Polish Polar Research 30: 263-276.

Chwedorzewska, K. J., Korczak, M. (2010): Human impact upon the environment in the vicinity of Arctowski Station, King Georg Island, Antarctica. Polish Polar Research, vo. 31, no. 1, pp. 45-60. Doi: 10.4202/ppres.2010.04.

Clarke, A., Johnston, N. M., Murphy, E. J., Rogers, A. D. (2012): Antarctic Ecology in a changing world. In: Rogers, A.D, Johnston, N. M., Murphy, E. J., Clarke, A. (Hrsg.) (2012). Antarctic Ecosystems – An extreme environment in a changing world, Wiley-Blackwell: 1-9.

Cole, D. N. (2004): Impacts of hiking and camping on soils and vegetation: a review. In: R. Buckley (Ed.): Environmental impacts of ecotourism. CABI Publishing, Wallingford, UK.

COMNAP (2004): Emergency Response and Contingency Planning, https://www.comnap.aq/Publications/Comnap%20Publications/Forms/Publications.aspx?Category=Operational%20Guidelines.

COMNAP/IAATO (2005): Information Paper on the Use of Ballast Water in Antarctica, ATMC XXVIII IP 121.

COMNAP (2008): Fuel Manual, https://www.comnap.aq/Publications/Comnap%20Publications/fuel-manual-v1.pdf.

COMNAP / SCAR (2010): Checklists for Supply Chain Managers of National Antarctic Programmes for the Reduction in the Risk of Transfer of Non-native Species, https://www.comnap.aq/Shared%20Documents/checklistsbrochure.pdf.

COMNAP (2014): Antarctic facilities list, 13. Feb. 2014, https://www.comnap.aq/Information/SitePages/Home.aspx.

Constable, S. (2013): Review paper: Instrumentation for marine magnetotelluric and controlled source electromagnetic sounding. Geophysical Prospecting, 61 (Suppl. 1), 505–532. 111/j.1365-2478.2012.01117.x.

Convey, P. (2005): Antarctic Terrestrial Ecosystems: Responses to Environmental Change. Polarforschung 75: 101 – 111.

Convey, P., Block W. (1996): Antarctic Diptera: Ecology, physiology and distribution. European Journal of Entomology 93: 1-13.

Convey, P., McInnes, S. J. (2005): Exceptional tardigrade-dominated ecosystems in Ellsworth Land, Antarctica. Ecology 86: 519-527.

Convey, P., Chown, S. L., Clarke, A., Barnes, D. K. A., Bokhorst, S., Cummings, V., Ducklow, H. W., Frati, F., Green ,T. G. A., Gordon, S., Griffiths, H. J., Howard-Williams, C., Huiskes, A. H. L., Laybourn-Parry, J., Lyons, W. B., Mcminn, A., Morley, S. A., Peck, L. S., Quesada, A., Robinson, S. A., Schiaparelli, S., Wall D. H. (2014): The spatial structure of Antarctic biodiversity.. Ecological Monographs, 84: 203–244.

Cook, A. J., Fox, A. J., Vaughan, D. G., Ferrigno, J. G. (2005): Retreating Glacier Fronts on the Antarctic Peninsula over the Past Half-Century, Science, Vol. 308, Issue 5721, pp. 541-544, doi: 10.1126/science.1104235

Crame J. A. (1992): Review Late Cretaceous palaeoenvironments and biotas: an Antarctic perspective. Antarctic Science 4 (4): 371-382.

Creuwels, J. C. S., Poncet, S., Hodum, P. J., van Franeker, J. A. (2007): Distribution and abundance of the Southern Fulmar Fulmarus glacialoides. Polar Biology 30: 1083–97.

Crossin, G. T., Trathan, P., Crawford, R. J. M. (2013): Macaroni penguin (Eudyptes chrysolophus) and Royal penguin (Eudyptes schlegeli). In: Borboroglu, P. G., Boersma, P. D. (eds) Penguins: natural history and conservation. University of Washington Press, Seattle: 185-208.

Croxall, J. P., Trathan, P. N., Murphy, E. J. (2002): Environmental Change and Antarctic Seabird Populations. Science 297, 1510. DOI: 10.1126/science.1071987.

Croxall, J. P., Butchart S. H. M., Lascelles, B., Stattersfield, A. J., Sullivan, B., Symes, A., Taylor, P. (2012): Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. Bird Conservation International, 22, 1-34.

Daneri, G. A., Carlini, A. R. (2002): Fish prey of southern elephant seals, Mirounga leonine, at King George Island. Polar Biology 25: 739-743.

Davis, R. W., Hagey, W., Horning, M. (2004): Monitoring the behavior and multi-dimensional movements of Weddell seals using an animal-borne video and data recorder. Mem. Natl. Inst. Polar Res. Spec. Issue 58: 148-154.

De Broyer, C., Danis, B., (2010): How many species in the Southern Ocean? Towards a dynamic inventory of the Antarctic marine species. Deep-Sea Research II, doi:10.1016/j.dsr2.2010.10.007.

De Los Rios, A., Wierzchos, J., Sancho, L. G., Green, T. G. A., Ascaso, C. (2005): Ecology of endolithic lichens colonizing granite in continental Antarctica. The Lichenologist 37: 383–395.

Debusschere, E., De Coensel, B., Bajek, A., Botteldooren, D., Hostens, K. (2014): In Situ Mortality Experiments with Juvenile Sea Bass (Dicentrarchus labrax) in Relation to Impulsive Sound Levels Caused by Pile Driving of Windmill Foundations. PLoS ONE 9(10): e109280. doi:10.1371/journal.pone.0109280.

DeConto, R. M., Pollard, D. (2003): Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO2. Nature 421, 245-249.

Dehnhagen, N. (2012): Adaptations to a variable environment—feeding ecology, survival and physiology of southern rockhopper penguins. Dissertation Uni Konstanz. 273pp.

Dehnhard, N., Poisbleau, M., Demongin, L., Ludynia, K., Lecoq, M., Masello, J. F., Quillfeldt, P. (2013): Suvival of rockhopper penguins in times of global climate change. Aquatic Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst. 23: 77-789.

Dehnhard, N., Poisbleau, M., Demongin, L., Ludynia, K., Quillfeldt, P. (2014): High juvenile annual survival probabilities in Southern Rockhopper Penguins Eudyptes chrysocome are independent of individual fledging traits. Ibis 156: 548–560.

Del Hoyo J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D. A., de Juana, E. (eds) (2014): Handbook of the birds of the world alive. Lynx Edicions, Barcelona.

Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (2011). Regel Einsatz von Forschungstauchern, BGR/GUV-R 2112, 72 pp.

Doiron, E., Philippe, A. R. Terhune, J. M. (2012): Proportional underwater call type usage by Weddell seals (Leptonychotes weddellii) in breeding and nonbreeding situations. Can. J. Zool. 90: 237-247. Doi: 10.1139/Z11-131.

Dow Corning Corp., HERA (1998): Degradability vs. Biodegradability, Ref. Nr. 01-1127-01"

Dugan, H. A., Doran, P.T., Wagner, B., Kenig, F., Fritsen, C. H., Arcone, S.A., Kuhn, E., Ostrom, N. E., Warnock, J. P., Murray, A. E. (2015): Stratigraphy of Lake Vida, Antarctica: hydrologic implications of 27 m of ice, The Cryosphere, 9, 439-450, doi:10.5194/tc-9-439-2015, 2015.

Dugger, K. M., Ballard, G., Ainley, D. G. Barton, K. J. (2006): Effects of flipper bands on foraging behavior and survival of Adélie Penguins (Pygoscelis adeliae). Auk, 123: 858–869.

Duphil, R., Possenti, Ph., Piard, L. (2014): A new leak-tight borehole casing at Dome Concordia station, Antarctica, for the SUBGLACIOR project, Annals of Glaciology 55(68) 2014 doi: 10.3189/2014AoG68A022

Eijgelaar, E., Thaper, C., Peeters, P. (2010): Antarctic cruise tourism: the paradoxes of ambassadorship, “last chance tourism” and greenhouse gas emissions. Journal of Sustainable Tourism. Vol. 18, No. 3, 337–354.

Eisen, O., Hofstede, C., Diez, A., Kristoffersen, Y., Lambrecht, A., Mayer, Ch., Blenkner, R., Hilmarsson, S. (2015): On-ice vibroseis and snowstreamer systems for geoscientific research, Polar Science 9, pp. 51 - 65, doi: 10.1016/j.polar.2014.10.003.

Epiney A., Heuck, J. Pirker, B. (2013): Die Genehmigung wissenschaftlicher Forschung in der Antarktis im Lichte von Umweltschutz und Forschungsfreiheit – Rechtsgutachten. Umweltbundesamt Texte 34/2013.

Exo, K.-M., Fiedler, W., Wikelski, M. (2013): Auf dem Weg zu neuen Methoden: Rund-um-die-Uhr-Beobachtung ein Leben lang. In: Der Falke 60, Sonderheft Vogelzug. 20-25.

Field, I. C., Bradshaw, C. J. A., Burton, H. R., Hindell, M. A., (2004): Seasonal use of oceanographic and fishceries managemtn zones by juvenile southern elephant seals (Mirounga leonina) from Macquarie Island. Polar Biol (2004) 27: 432–440 DOI 10.1007/s00300-004-0615-3

Fillinger, L., Janussen, D., Lundälv, T., Richter, C. (2013): Rapid glass sponge expansion after climate-induced Antarctic Ice Shelf Collapse. Current Biology, 23(14), 1330-1334, doi:10.1016/j.cub.2013.05.051.

FIS (2004): Luftschadstoffe des Luftverkehrs, Forschungsinformationssystem, Stand des Wissens: 23.08.2013 http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/95223/ aufgerufen 23.2.2014.

Flanner, M. G., Zender, C. S., Randerson, J. T., Rasch, P. J. (2007): Present-day climate forcing and response from black carbon in snow, J. Geophysical Research, 112, D11202, doi:10.1029/2006JD008003 http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006JD008003/pdf.

Flores, H., van Franeker, J. A., Siegel, V., Haraldsson, M., Strass, V., Meesters, E. H, Bathmann, U., Wolff, W. J. (2012a): The Association of Antarctic Krill Euphausia superba with the Under-Ice Habitat. PLoS ONE 7(2): e31775. doi:10.1371/journal.pone.0031775.

Flores, H., Atkinson, A., Kawaguchi, S., Krafft, B. A., Milinevsky, G., Nicol, S., Reiss, C., Tarling, G.A., Werner, R., Bravo Rebolledo, E., Cirelli, V., Cuzin-Roudy, J., Fielding, S., Groeneveld, J. J., Haraldsson, M., Lombana, A., Marschoff, E., Meyer, B., Pakhomov, E. A., Rombolá, E., Schmidt, K., Siegel, V., Teschke, M., Tonkes, H., Toullec, J. Y., Trathan, P. N., Tremblay, N., Van de Putte, A. P., van Franeker, J. A., Werner, T. (2012b): Impact of climate change on Antarctic krill. Mar. Ecol. Prog. Ser., 458: 1–19.

Francis J. E., Ashworth A., Cantrill D. J., Crame J. A., Howe J., Stephens R., Tosolini A.-M., Thorn V. (2008): 100 Million Years of Antarctic Climate Evolution: Evidence from Fossil Plants. In: Cooper, A. K., P. J. Barrett, H. Stagg, B. Storey, E. Stump, W. Wise, and the 10th ISAES editorial team, eds. (2008). Antarctica: A Keystone in a Changing World. Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth Sciences. Washington, DC: The National Academies Press.

Frenot, Y., Chown, S. L., Whinam, J., Selkirk, P., Convey, P., Skotnicki, M., Bergstrom, D. (2005): Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. Biological Reviews 80, 45-72.

Fretwell, P. T., LaRue, M., Morin, P., Kooyman, G.L., Wienecke, B., Ratcliffe, N., Fox, A. J., Fleming, A. H., C. Porter, Trathan, P.N. (2012): An emperor penguin population estimate: the first global, synoptic survey of a species from space. PloS ONE.

Fretwell, P. T., Convey, P., Fleming, A. H., Peat, H. J., Hughes, K. A. (2010): Detecting and mapping vegetation distribution on the Antarctic Peninsula from remote sensing data. Polar Biology 34: 273–281.

Frezzotti, M., Guiliani, P., Torcini, S. (2005): TALOS DOME ICE CORE PROJECT (TALDICE): Initial Environmental Evaluation for Recovering a Deep Ice Core at TALOS DOME, East Antarctica, Draft 2005.

Fütterer, D.K. (1986): Geologie der Antarktis: Ein Überblick. Naturwissenschaften 73, 586- 592.

GAUSS, 2008: Quantifizierung von gasförmigen Emissionen durch Maschinenanlagen der Seeschifffahrt an der deutschen Küste, Bremen, Januar 2008.

Gauthier-Clerc, M., Gendner, J-P. , Ribic, C. A. , Fraser, W. R. , Woehler, E. J., Descamps, S., Gilly, C., Le Bohec, C., Le Maho, Y. (2004): Long-term effects of flipper-bands on penguins. Proceedings of the Royal Society of London B (Suppl.) 271:S423–S426. i0273-8570-76-2-138-GauthierClerc3CrossRef.

Gerasimoff, M. (2003): Drilling fluid observations and recommendations for U.S. Polar Program, Waiscores Drilling Project. (Internal Report) Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin–Madison. http://icedrill.org/Documents/Download.pm?DOCUMENT_ID=5

Gerdes, D., Hilbig, B., Montiel, A. (2003): Impact of iceberg scouring on macrobenthic communities in the high-Antarctic Weddell Sea. Polar Biol. 26: 295–301.

Gerdes, D., Isla, E., Knust, R., Mintenbeck, K.,Rossi, M. (2008): Response of Antarctic benthic communities to disturbance: first results from the artifcial Benthic Disturbance Experiment on the eastern Weddell Sea Shelf, Antarctica. Polar Biol. 31:1469-1480.

Gibson, J. A. E., Wilmotte, A., Taton, A., van de Vijver, B., Beyens, L., Dartnall, H. J. G. (2006): Biogeographic Trends in Antarctic Lake Communities. In: Bergstrom, D.M., Hull, B.B., Huiskes, A.H.L. (Eds.). Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems. Antarctica as a Global Indicator. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands.

Gilbert, J. R., Erickson, A. W. (1977): Distribution and abundance of seals in the pack ice of the Pacific sector of the Southern Ocean. In: Llano G. L. (ed) Adaptations within Antarctic ecosystems. Smith- sonian Institution, Washington, DC, pp 703–748.

Gómez, J., Michelson, C. I., Bradley, D. W., Norris, D. R., Berzins, L. L., Dawson, R. D. Clark, R. G. (2014): Effects of geolocators on reproductive performance and annual return rates of a mitratory songbird. J Ornithologie 155: 37-44. DOI 101007/s10336-013-0984-x.

Göller, S., Steinhage, D., Thoma, M., Grosfeld, K. (2016): Assessing the subglacial lake coverage of Antarctica, Annals of Glaciology, doi: 10.1017/aog.2016.23.

Green, J. A., Tanton, J. L., Woakes, A. J., Boyd, I. L., Butler, P. J. (2004): Effects of long-term implanted data loggers on macaroni penguins Eudyptes chrysolophus. Journal of Avian Biology 35: 370-376.

Green, T. G. A., Sancho, L.G., Türk, R., Seppelt, R. D.,Hogg, I. D. (2011): High diversity of lichens at 84S, Queen Maud Mountains, suggests preglacial survival of species in the Ross Sea region, Antarctica. Polar Biology 34: 1211–1220.

Green, T. G. A., Brabyn, L., Beard, C.,Sancho, L. G. (2012): Extremely low lichen growth rates in Taylor Valley, Dry Valleys, continental Antarctica. Polar Biology 35: 535–541.

Greenslade, P. (1995): Collembola from the Scotia Arc and Antarctic Peninsula including descriptions of two new species and notes on biogeography, Polskie Pismo Entomologiczne 64: 305-319. In: ATCM 37 (2014) Colonisation status of known non-native species in the Antarctic terrestrial environment (updated 2014), IP 23

Groendahl F., Sidenmark J., Thomsen A. (2009): Survey of waste water disposal practices at Antarctic research stations. Polar Research 28, 298–306, http://www.polarresearch.net/index.php/polar/article/view/6109.

Guihen, D., Fielding, S., Murphy, E. J., Heywood, K., J., Griffiths, G. (2014): An assessment oft he use of ocean gliders to undertake acoustic measurements of zooplankton: the distribution and density of Antarctic kril (Euphausa superba) in the Weddell Sea. Limnol. Oceanogr.: Methods 12, 373-389.

Guinet, C., Dubroca, L. Lea, M. A., Goldsworthy, S., Cherel, Y., Duhamel, G., Bonadonna, F., Donnay, J.-P. (2001): Spatial distribution of foraging in female Antarctic fur seals Arctocephalus gazella in relation to oceanographic variables: a scale-dependent approach using geographic information systems. Marine Ecology Progress Serise 219: 251-264.

Gutt, J. (2001): On the direct impact of ice on marine benthic communities: a review. Polar Biol. 24: 553–564.

Gutt, J. (2007): Antarctic Macro-Zoobenthic Communities: A Review and an Ecological Classification," Antarctic Science 19 (2) 165-182, doi:10.1017/ S0954102007000247.

Gutt, J., Starmans, A. (2001): Quantification of iceberg impact and benthic recolonization patterns in the Weddell Sea (Antarctica). Polar Biol. 24: 615–619.

Gutt , J., Starmans, A., Dieckmann, G. (1996): Impact of iceberg scouring on polar benthic habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 137: 311–316.

Gutt, J., Sirenko, B.I., Arntz, W. E., Smirnov, I. S., De Broyer, C. (eds.) (2000): Biodiversity of the Weddell Sea: macrozoobenthic species (demersal fish included) sampled during the expedition ANT XIII/3 (EASIZ I) with RV „Polarstern", Ber. Polarforsch. 372, ISSN 0176-5027, 118 S.

Hain, S. (2014): Meeresschutzgebiete in der Antarktis: Lassen sich Schutz- und Fischerei-Interessen verbinden? In: Lozán, J., Graßl, H., Piepenburg, D., Notz, D. (eds.): Warnsignal Klima: Polarregionen. Deutsche Bibliothek – CIP, Hamburg: 354359.

Hall-Aspland, S. A., Rogers, T. L., Canfield, R. B. (2005): Stable carbon and nitrogen isotope analysis reveals seasonal variation in the diet of leopard seals. Mar. Eco. Prog. Ser. 305: 249-259.

Hanski, I. A., Gilpin, M. E. (eds.) (1997): Metapopulation Biology. Academic Press, San Diego, Californina.

Haroon, A., Mogilatov, V., Goldman, M., Bergers, R., Tezkan, B. (2016): Exploration of resistive targets within shallow marine environments using the circular electrical dipole and the differential electrical dipole methods: a time-domain modelling study. Geophysical Journal international, Vol, 205, Issue 2, pp 1032-1048.

Harris, C. (2005): Aircraft operations near concentrations of birds in Antarctica: The development of practical guidelines. Biological Conservation 125: 309-322. doi:10.1016/j.biocon.2005.04.002.

Harris, C. M. (ed.) (2006): Wildlife Awareness Manual: Antarctic Peninsula, South Shetland Islands, South Orkney Islands. Wildlife Information Publication No. 1. Prepared for the UK Foreign & Commonwealth Office and HMS Endurance. Environmental Research & Assessment, Cambridge.

Harris, C. M., Carr, R., Lorenz, K., Jones, S. (2011): Important Bird Areas in Antarctica: Antarctic Peninsula, South Shetland Islands, South Orkney Islands – Final Report. Prepared for BirdLife International and the Polar Regions Unit of the UK Foreign & Commonwealth Office. Environmental Research & Assessment Ltd., Cambridge.

Harris, C. M., Lorenz, K., Fishpool, L. D. C., Lascelles, B., Cooper, J., Coria, N. R., Croxall, J.P., Emmerson, L. M., Fijn, R. C., Fraser, W. L., Jouventin, P., LaRue, M. A., Le Maho, Y., Lynch, H. J., Naveen, R., Patterson-Fraser, D. L., Peter, H.-U., Poncet, S., Phillips, R. A., Southwell, C. J., van Franeker, J. A., Weimerskirch, H., Wienecke, B., Woehler, E. J. (2015): Important Bird Areas in Antarctica 2015. BirdLife International and Environmental Research & Assessment Ltd., Cambridge.

Harrison, S., Taylor, A. D. (1997): Empirical evidence for metapopulation dynamics. pp. 27–42. In: Hanski, I. A., Gilpin, M. E. (eds.): Metapopulation Biology. Academic Press, San Diego, Californina.

Hauser, N., Zerbini, A. N., Geyer, Y., Heide-JØrgensen, M.-P., Clapham, P. (2010): Movements of satellite-monitored humpback whales, Megaptera novaeangliae, from the cook Islands. Marine Mammal Science. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2009.00363.x.

Hawkins, P. (2004): Bio-logging and animal welfare: practical refinements. Mem. National Institute Polar Research, Spec. Issue, 58: 58-68.

Hazen, E. L., Maxwell, S. M., Bailey, H., Bograd, S. J., Hamann, M., Gaspar, P., Godley, B. J., Shillinger, G. L. (2012): Ontogeny in marine tagging and tracking science: technologies and data gaps. Marine Ecology Progress Series, 457: 221-240. doi10.3354/meps09857.

Herrod, Ashley, King, Meaghan, Ingwersen, Dean, Clarke, Rohan H.: (2014): Tracking devices attached with harnesses influence behaviour but not body mass of Princess Parrots Polytelis alexandrae. J Ornithol 155:519–529.

Hinke, J. T., Salwicka, K., Trivelpiece, S. G., Watters, G. M., Trivelpiece, W. Z. (2007): Divergent responses of Pygoscelis penguins reveal a common environmental driver. Oecologia. DOI 10.1007/s00442-007-0781-4.

Hocking, D. P., Evans, A. R., Fitzgerald, E. M. G. (2013): Leopard seals (Hydrurga leptonyx) use suction and filter feeding when hunting small prey underwater. Polar Biology 36: 211-222. Doi 10.1007/s00300-012-1253-9.

Hoffman, J. I., Forcada, J. (2012): Extreme natal philopatry in female Antarctic fur seals (Arctocephalus gazella). Mammalian Biology 77, 71-73.

Hofstede, C. , Eisen, O. , Diez, A. , Jansen, D. , Kristoffersen, Y. , Lambrecht, A., Mayer, C. (2013): Investigating englacial reflections with vibro- and explosive-seismic surveys at Halvfarryggen ice dome, Antarctica , Annals of Glaciology, 54 (64), pp. 189-200 . doi: 10.3189/2013AoG64A064.

Holdgate, M. W. (ed) (1970): Antarctic Ecology. Academic Press, London.

Hooijmeijer, J. C. E. W., Gill, R. E. Jr., Mulcahy, D. M., Tibbitts, T. L., Kentie, R., Gerritsen, G. J., Bruinzeel, L. W. Tijssen, D. C., Harwood, Ch. M., Piersma, T. (2014): Abdominally implanted satellite transmitters affect reproduction and survival rather than migration of large shorebirds. Journal of Ornithology 155: 447-457. DOI: 10.1007/s10336-013-1026-4.

Houser, D. S. Crocker, D. E., Reichmuth, C., Mulsow, J. Finneran, J. J. (2007): Auditory Evoked Potentials in Northern Elephant Seals (Mirounga angustirostris). Aquatic Mammals 2007, 33(1), 110-121, DOI 10.1578/AM.33.1.2007.110.

Hughes, K., Convey, P. (2014): Alien invasions in Antarctica – is anyone liable?, Polar Research 2014, 33, 22103, http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.22103.

Hughes, K. A., Lee, J. E., Ware, C., Kiefer, K., Bergstrom, D. M. (2010): Impact of anthropogenic transportation to Antarctica on alien seed viability. Polar Biology 33: 1125–1130.

Huiskes, A. H. L., Convey, P., Bergstrom, D. M. (2006): Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems: Antarctica as a Global Indicator. In: Bergstrom, D.M., Hull, B. B., Huiskes, A.H.L. (Eds.), Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems. Antarctica as a Global Indicator. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands.

Hull, B. B., Bergstrom, D. M. (2006): Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystem Conservation and Management. In: Bergstrom, D.M., Hull, B. B. , Huiskes, A. H. L. (Eds.). Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems. Antarctica as a Global Indicator. Springer Verlag, Dordrecht, The Netherlands.

Huston, M., Gilbert, N., Newman, J. (2006): Final Comprehensive Environmental Evaluation (CEE) for ANDRILL McMurdo Sound Portfolio, Antarctica New Zealand, Christchurch. 152 pp.

IAATO (2012): Report of the International Association of Antarctica Tour Operators 2011-12.

IAATO (2013): Marine Wildlife Watching Guidelines (Whales & Dolphins, Seals and Seabirds) For Vessel & Zodiac Operations, General Information for Wildlife Watching (updated Oct 2013), Cetacean Watching Guidelines (updated Oct 2013), Seal Watching Guidelines (updated Oct 2013), Bird Watching Guidelines (updated Oct 2013), http://iaato.org/wildlife-watching-guidelines.

IHO (2012): Report by the International Hydrographic Organization (IHO) on “Cooperation in hydrographic surveying and charting of Antarctic waters, HCA12-INF3, Monaco, May 2012.

IMO (1993): International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention, Resolution A.741(18) as amended by MSC.104(73), MSC.179(79), MSC.195(80), MSC.273(85) and MSC.353(92).

IODP (2012): IODP Proposal Sheet Antarctic Cenozoic Paleoclimate, 23.4.2013.

Jackson, S., Wilson, R. P. (2002): TECHNICAL REPORT The potential costs of flipper-bands to penguins. Technical Report. Functional Ecology 2002 16, 141–148.

Jenouvrier, S., Caswella,H., Barbraud, C., Holland, M., Strœve, J., Weimerskirch, H. (2009): Demographic models and IPCC climate projections predict the decline of an emperor penguin population. Proc. Natl. Acad. Sci. USA issue 6, 106:1844 – 1847.

Juterzenka, K.v., Spindler, M. (2000): Umweltverträglichkeitsstudie für die Durchführung einer Eiskerntiefbohrung in Dronning Maud Land, Antarktis, Alfred-Wegener-Institut, September 2000.

Karl, D. M., Bird, D. F., Björkman, K., Houlihan, T., Shackelford, R., Tupas, L. (1999): Microorganisms in the Accreted Ice of Lake Vostok, Antarctica, Science 286 , 2144-2147.Karstensen, J., Liblik, T., Fischer, J., Bumke, K. and Krahmann, G. (2014): Summer upwelling at the Boknis Eck time-series station (1982 to 2012) – a combined glider and wind data analysis. Biogeosciences, 11: 3603-3617, http://dx.doi.org/10.5194/bg-11-3603-2014.

Kemper, C., Goughran, D., Warneke, R., Pirzl, R., Watson, M., Gales, R., Gibbs, S. (2008): Southern right whale (Eubalaena australis) mortalities and human interactions in Australia, 1950-2006. Journal Cetacean Research Management 10 (1): 1-8.

Kerry, K. R., Riddle, M. J. (eds.) (2009): Health of Antarctic wildlife: a challenge for science and policy. London: Springer, pp465.

Khan, N., TuYn, M., StaVord, W., Cary, C., Lacap, D.C., Pointing, S.B., Cowan, D. (2011): Hypolithic microbial communities of quartz rocks from Miers Valley, McMurdo Dry Valleys, Antarctica. Polar Biology 34: 1657–1668.

Kindermann, L., Bornemann, H., Plötz, J. (2007): Weddell Seal Audiometry. Berichte zur Polar- und Meeresforschung (Reports on Polar and Marine Research), ISSN: 1618-3193.

Kipple, B. (2002): Southeast Alaska Cruise Ship Underwater Acoustic Noise, Naval Surface Warfare Center – Detachment Bremerton, Technical Report NSWCCD-71-TR-2002/574, October 2002.

Kipple, B. (2004): Coral Princess Underwater Acoustic Levels, Naval Surface Warfare Center – Detachment Bremerton, Technical Report NSWCCD-71-TR-2002/574, October 2004.

Kipple, B. Gabriele, Ch. (2004): Glacier Bay Watercraft Noise – Noise Characterization for Tour, Charter, Private, and Government Vessels, Underwater acoustic noise levels of watercraft measured under controlled conditions in lower Glacier Bay

during July and August 2003, Naval Surface Warfare Center – Detachment Bremerton, Technical Report NSWCCD-71-TR-2004/545, June 2004.

Klügel, T., Höppner, K., Falk, R., Kühmstedt, E., Plötz, Ch., Reinhold, A., Rülke, A., Wojdziak, R., Balss, U., Diedrich, E., Eineder, M., Henniger, H., Metzig, R., Steigenberger, P., Gisinger, Ch., Schuh, H., Böhm, J., Ojha, R., Kadler, M., Humbert, A., Braun, M., Jing Sun (2014): Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. Polar Record, available on CJO2014.

Knust, R., Arntz, W. E., Boche, M., Brey, T., Gerdes, D., Gutt, J., Mintenbeck, K., Schröder, A., Starmans, A., Teixido, N. (2003): Iceberg scouring on the eastern Weddell Sea shelf (Antarctica). A benthic system shaped by physical disturbance. In: Huiskes AHL, Gieskes WWC, Rozema J, Schorno RML, van der Vies SM, WolV WJ (eds) Antarctic biology in a global context. Bachuys Publishers, Leiden : 96–101.

Knust, R., Gerdes, D., Mintenbeck, K. (2012): The Expedition ANTARKTIS XXVII/3 (CAMBIO) to the Antarctic in 2011. Ber. Polarforsch. Meeresforsch. 644. ISSN 1866-3192.

Kraft, A., Nöthig, E.-M., Bauerfeind, E., Wildish, D.J., Pohle, W., Bathmann, U.V., Beszczynska-Möller, Klages, M. (2013): First evidence of reproductive success in a southern invader indicates possible community shifts among Arctic zooplankton. Mar. Ecol. Prog. Ser. 493: 291-296.

Krag, A. (2008): Field research: The animal welfare view. Vortrag, Oslo, Norway: 21-22 May, Harmonisation of the Care and Use of Animals in Field Research.

Kuhn, C. E., Costa, D. P. (2006): Identifying and quantifying prey consumption using stomach temperature change in pinnipeds. J. Exp. Biol. 209, 4524e4532.

Kuhn, C. E., McDonald, B. I., Shaffer, Scott, A., Barnes, J., Crocker, D. E., Burns, J., Costa, D. P. (2006): Diving physiology and winter foraging behavior of a juvenile leopard seal (Hydrurga leptonyx). Polar Biol (2006) 29: 303–307 DOI 10.1007/s00300-005-0053-x.

Lamers, M., Hasse, D., Amelung, B. (2008): Facing the elements: analysing trends in Antarctic tourism. Tourism Review. VOL. 63 NO. 1, pp. 15-27. DOI 10.1108/16605370810861017.

Lange, B., Markus, T., Helfst, L. Ph. (2014): Auswirkungen von Abgasnachbehandlungsanlagen (Scrubbern) auf die Umweltsituation in Häfen und Küstengewässern, UBA TEXTE 83,

Lanoil, B., Skidmore, M., Priscu, J. C., Han, S., Foo, W., Vogel, St. W., Tulaczyk, S., Engelhardt, H. (2009): Bacteria beneath the West Antarctic Ice Sheet, Environmental Microbiology 11(3), 609–615.

Lawver, L. A., Gahagan, L. M. (2003): Evolution of Cenozoic seaways in the circum-Antarctic region. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 3115: 1-27.

Le Maho, Y., Whittington, J. D., Hanuise, N., Pereira, L., Bureau, M. Brucker, M. Chatelain, N., Courtecuisse, J., Crenner, F., Friess, B., Grosbellet, E., Kernaléguen, L., Olivier, F., Saraux, C., Vetter, N., Viblanc, V. A., Thierry, B., Tremblay, P., Groscolas, R., Le Bohec, C. (2014): Rovers minimize human disturbance in research on wild animals. Nature Methods published online 2 November 2014, doi:10.1038/nMeth.3173.

Lee, J. E., Chown S. L. (2007): Mytilus on the move: transport of an invasive bivalve to the Antarctic, Mar Ecol Prog Ser Vol. 339: 307–310, 2007, http://www.int-res.com/articles/meps2007/339/m339p307.pdf.

Lee, J. E., Chown S. L. (2009): Breaching the dispersal barrier to invasion: quantification and management, Ecological Applications, 19(7), 2009, pp. 1944–1959.

Liggett, D., McIntosch, A., Thompson, A., Gilbert, N., Storey, B. (2010): From frozen continent to tourism hotspot? Five decades of Antarctic tourism development and management, and a glimpse into the future. Tourism Management 32, 357-366. doi:10.1016/j.tourman.2010.03.0 05.

Litynska-Zaja¸C. M., Chwedorzewska, K., Olech, M., Korczak-Abshire, M., Augustyniuk-Kram, A. (2012): Diaspores and phyto-remains accidentally transported to the Antarctic Station during three expeditions. Biodiversity Conservation 21: 3411–3421.

Livermore, R. A., Nankivell, A. P., Eagles, G., Morris, P. (2005: Paleogene opening of Drake Passage. Earth and Planetary Science Letters 236, 459-470.

Ludynia, K., Dehnhard, N., Poisbleau, M., Demongin, L., Masello, J. F., Quillfeldt, P. (2012): Evaluating the Impact of Handling and Logger Attachment on Foraging Parameters and Physiology in Southern Rockhopper Penguins. PLoS ONE 7(11): e50429. doi:10.1371/journal.pone.0050429.

Luis, A.J. (2013): Past, Present and Future Climate of Antarctica. International Journal of Geosciences 4: 959-977.

Lukin, V. V., Vasiliev, N. I. (2014): Technological aspects of the final phase of drilling borehole 5G and unsealing Vostok Subglacial Lake, East Antarctica, Annals of Glaciology 55(65) 2014 doi: 10.3189/2014AoG65A002.

Lüthi, D., Floch, M. le, Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., Stocker, T.F. (2008): High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present, Nature 453, 379-382 doi:10.1038/nature06949.

Lynch, H. J., LaRue, M. A.(2014): First global census of the Adélie Penguin. The Auk Ornithological Advances. Volume 131, 2014, pp. 457–466 DOI: 10.1642/AUK-14-31.1.

Lynch, H. J., Naveen, R., Trathan, P. N., Fagan, W. F. (2012): Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on the Antarctic Peninsula. Ecology, 93(6), pp. 1367–1377.

Lynch, H. J., Crosbie, K., Fagan, W. F., Naveen, R. (2009): Spatial patterns of tour ship traffic in the Antarctic Peninsula region. Antarctic Science 22(2): 123-130.

Lynch, H. J., Crosbie, K., Fagain, W. F., Naveen, R. (2010): Population trends and reproductive success at a frequently visited penguin colony on the western Antarctic Peninsula. Polar Biology 33: 493-503. DOI 10.1007/s00300-009-0726-y

Lynch, M. A., Foley, C. M., Thorne, L. H., Heather, J. L. (2016): Improving the use of biological data in Antarctic management. Antarctic Science, Cambrigde University.

MacGregor, J. A., Anandakrishnan, S., Catania, G. A., Winebrenner, D. P. (2011): The grounding zone of the Ross Ice Shelf, West Antarctica, from ice-penetrating radar, J. Glaciol., 57, 1–12.

Makinson, K., Pearce, D., Hodgson, D. A., Bentley, M. J., Smith, A. M., Tranter, M., Rose, M., Ross, N., Mowlem, M., Parnell, J., Siegert, M. J. (2014): Clean subglacial access: prospects for future deep hot-water drilling, Phil.Trans.R.Soc.A 374:20140304, doi: 10.1098/rsta.2014.0304.

Mark, F. C., Lucassen, M., Strobel, A., Barrera-Oro, E., Koschnick, N., Zane, L., Patarnello, T., Pörtner, H.O., Papetti, C. (2012): Mitochondrial Function in Antarctic Nototheniids with ND6 Translocation , PLoS ONE, 7(2), e31860. doi:10.1371/journal.pone.0031860 , hdl:10013/epic.39381.

Martin, J., de Neve, L., Fargallo, J. A., Polo, V. Soler, M. (2004): Factors affecting the escape behaviour of juvenile chinstrap penguins, Pygoscelis antarctica, in response to human disturbance. Polar Biol (2004) 27: 775–781. doi: 10.1007/s00300-004-0653-x.

Mathias, D., Thode, A., Straley, J., Folkert, K. (2009): Relationship between sperm whale (Physeter macrocephalus) click structure and size derived from videocamera images of a depredating whale (sperm whale prey acquisition). Journal of Acoustical Society of America, pp.3444-3453. doi: 10.1121/1.3097758‹hal-00904060›.

Matsumoto, H., Bohnenstiehl, D. W. R., Tournadre, J., Dziak, R. P., Haxel, J. H., Lau, T.-K. A., Fowler, M., Salo, S. A. (2014): Antarctic icebergs: A significant natural ocean sound source in the Southern Hemisphere, Geochem. Geophys. Geosyst., 15, 3448–3458, doi:10.1002/2014GC005454.

Mayer, Ch., Oerter, H. (2006): Die Massenbilanzen des Antarktischen und Grönländischen Inlandeises und der Charakter ihrer Veränderungen. In: Lozan, J.L., Graßl, H., Hubberten, H.-W., Hupfer, P., Karbe, L., Piepenburg, D.: Warnsignale aus den Polarregionen. Wissenschaftliche Auswertungen. Hamburg.

Mayer, M. (2000): Zur Ökologie der Benthos-Foraminiferen der Potter Cove (King George Island, Antarktis). Ber. Polarforschung 353, ISSN 0176-5027, 126 pp.

Mayer, M. (2010): Übersicht über die technischen Sicherheitsstandards und die rechtlichen Grundlagen auf internationaler Ebene für Yachten mit dem Reiseziel Antarktis. FuE FKZ 360 10 023, Fachbibliothek Umweltbundesamt Signatur UBA-FB 001905.

Mayer, M. (2014): Tourismus und seine Auswirkungen. In: Lozán, J., Graßl, H., Piepenburg, D., Notz, D. (eds.): Warnsignal Klima: Polarregionen. Deutsche Bibliothek – CIP, Hamburg: 327-334.

McGaughran, A., Hogg, I. D., Convey, P. (2011): Extended ecophysiological analysis of Gomphiocephalus hodgsoni (Collembola): flexibility in life history strategy and population response. Polar Biology 34: 1713–1725. doi:10.1007/s00300-011-1001-6

McIntyre, T., de Bruyn, P. J. N., Ansorge, I. J., Bester, M. N. Bornemann, H., Plötz, J., Tosh, C. A. (2010): A lifetime at depth: vertical distribution of southern elephant seals in the water column. Polar Biology 33: 1037-1048.

McIntyre, T., Bornemann, H., de Bruyn, P. J. N, Reisinger, R. R., Steinhage, D., Márquez, M. E. I., Bester, M. N., Plötz, J. (2014): Environmental influences on the at-sea behaviour of a major consumer, Mirounga leonina, in a rapidly changing environment. Polar Research 2014, 33, 23808, http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.23808.

McMahon, C. R. (2007): Branding the seal branders: what does the research say about seal branding? Australian Veterinary Journal Volume 85, No 12, 482-484. doi: 10.1111/j.1751-0813.2007.00237.x

McMahon, C., Wilson, R. P. (2006): Measuring devices on wild animals: what constitutes acceptable practice? Front Ecol Environ 4(3): 147–154.

McMahon, C. R., Burton, H., McLean, S., Bester, M. (2000): Field immobilisation of southern elephant seals with intravenous tiletamine and zolazepam. Veterinary Record 146: 251-254.

McMahon, C., van den Hoff, J., Burton, H. (2005): Handling intensity and short- and long-term survival of elephant seals: addressing and quantifying research effects on wild animals. Ambio 34, 6: 426-429.

McMahon, C., Burton, H. R., Van den Hoff, J., Woods, R., Bradshaw, C. J. A. (2006): Assessing hot-iron and cryo-branding for permanently marking southern Elephant seals. Research Note. The Journal of Wildlife Management 70 (5), 1484-1489.

McMillan, M., Shepherd A., Sundal A., Briggs K., Muir A., Ridout A., Hogg A., Wingham D. (2014): Increased ice losses from Antarctica detected by CryoSat-2, Geophysical Research Letters, 41: 3899-3905.

Mellish, J. E., Hindle, A. G., Horning, M. (2010): A preliminary assessment of the impact of disturbance and handling of Weddell seals of McMurdo Sound, Antarctica. Antarctic Science 22(1), 25–29. doi:10.1017/S0954102009990447

MEPC 51/22 (2004): Amendments to the Annex IV of the Protocol of 1978 Relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, (Revised Annex IV of MARPOL 73/78), Resolution MEPC.115 (51), adopted on 1 April 2004.

MEPC 56/23 (2007): Guidelines for Ballast Water Exchange in the Antarctic Treaty, RESOLUTION MEPC.163 (56).

MEPC 57/INF.4 (2007): Shipping noise and marine mammals, submitted by the United States, 17 December 2007.

MEPC 58/23 (2008): AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1997 TO AMEND THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973, AS MODIFIED BY THE PROTOCOL OF 1978 RELATING THERETO (Revised MARPOL Annex VI), Resolution MEPC.176 (58), 10 October 2008.

MEPC 60/22 (2010): AMENDMENTS TO THE ANNEX OF THE PROTOCOL OF 1978 RELATING TO THE INTERNATIONAL CONVENTION FOR THE PREVENTION OF POLLUTION FROM SHIPS, 1973 (Addition of a new chapter 9 to MARPOL Annex I), Resolution MEPC.189 (60), adopted on 26 March 2010.

MEPC 64/ Res. 227 (2012): 2012 GUIDELINES ON IMPLEMENTATION OF EFFLUENT STANDARDS AND PERFORMANCE TESTS FOR SEWAGE TREATMENT PLANTS, MEPC 64/23/Add.1 Annex 22.

MEPC 66/ Res. 244 (2014): 2014 STANDARD SPECIFICATION FOR SHIPBOARD INCINERATORS, MEPC 66/21, Annex 3, MEPC/66/21.

MEPC.1/Circ.833 (2014): GUIDELINES FOR THE REDUCTION OF UNDERWATER NOISE FROM COMMERCIAL SHIPPING TO ADDRESS ADVERSE IMPACTS ON MARINE LIFE, 7 April 2014.

MEPC 68/RES.264 (2015), RESOLUTION MSC.385(94) – INTERNATIONAL CODE FOR SHIPS OPERATING IN POLAR WATERS (POLAR CODE), adopted MSC 21 November 2014, adopted MEPC 15, May 2015.

Meredith, M. P., Gordon, A.L., Naveira Garabato, A. C., Abrahamsen, E. P., Huber, B. A., Jullion, L.,Venables, H. J. (2011): Synchronous intensification and warming of Antarctic Bottom Water outflow from the Weddell Gyre, Geophys. Res. Lett., 38, L03603, doi:10.1029/2010GL046265.

Meyer, B., Auerswald, L. (2014): The expedition of the research vessel "Polarstern" to the Antarctic in 2013 (ANT-XXIX/7) , Berichte zur Polar- und Meeresforschung = Reports on polar and marine research, Bremerhaven, Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 674 , 130 p.

Meyer, K., Bergmann, M., Soltwedel, T. (2013): Interannual variation in the epibenthic megafauna at the shallowest station of the HAUSGARTEN observatory (79°N, 6°E). Biogeosciences, 10: 3479-3492.

Mintenbeck, K., Barrera-Oro, E., Brey, T., Jacob, U., Knust, R., Mark, F. C., Moreira, E., Strobel, A., Arntz, W. (2012): Impact of climate change on fishes in complex Antarctic ecosystems. Advances in Ecological Research, ELSEVIER ACADEMIC PRESS INC, 46 , pp. 351-426.

MSC.282 (86) (2009): Annex Chapter II-1 Construction – Structure, Subdivision and Stability, Machinery and Electrical Installations, MSC 86/26/Add.1, 5. Juni 2009.

Muramoto, H., Ogawa, M., Suzuki, M., Naito, Y. (2004): Little Leonardo digital data logger: its past, present and future role in bio-logging science. Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 58, 196–202.

Mustafa, O., Pfeifer, Ch., Peter, H.-U., Kopp, M. Metzig, R. (2012): Vorstudie zum Monitoring von klimabedingten Veränderungen von Pinguinkolonien in der Antarktis mittels Satellitenbildern. Umweltbundesamt TEXTE 18/2012.

Mustafa, O., Maercker, J., Pfeifer, Ch. (2014): Monitoring von Pinguinkolonien in der Antarktis mithilfe von Fernerkundungsdaten. 3. Zwischenbericht. FKZ 3713 12 101.

Naito, Y., Bornemann, H. Takahashi, A., McIntyre, T., Plötz, J. (2010): Fine-scale feeding behavior of Weddell seals revealed by a mandible accelerometer. Polar Science. doi:10.1016/j.polar.2010.05.009.

Neo, Y. Y., Seitz, J., Kastelein, R. A., Winter H. V., Cateten C., Slabbekoorn, H. (2014): Temporal structure of sound affects behavioural recovery from noise impact in European seabass, Biological Conservation, Volume 178, October 2014, Pages 65–73.

Nimon, A. J., Schroter, R. C., Oxenham, R. K. C. (1996): Artificial eggs: Measuring heart rate and effects of disturbance in nesting penguins. Physiology & Behavior, Volume 60, Issue 3, 1019–1022.

Nitsche, F. O., Gohl, K., Larter, R.D., Hillenbrand, C.-D., Kuhn, G., Smith, J. A., Jacobs, S., Anderson, J. B., Jakobsson, M. (2013): Paleo ice flow and subglacial meltwater dynamics in Pine Island Bay, West Antarctica. The Cryosphere, 7: 249–262, www.the-cryosphere.net/7/249/2013/ doi:10.5194/tc-7-249-2013.

NSF National Science Foundation (2011): Amendment No. 3, Environmental document and finding of no significant and not more than minor or transitory evironmental impact, Recovery of a Deep Ice Core from the West Antarctic Ice Sheet Ice Flow Divide

NSF National Science Foundation (2012): Environmental document and finding of no significant and not more than minor or transitory evironmental impact, Recovery of a Deep Ice Core from the West Antarctic Ice Sheet Ice Flow Divide, IEE Whillans Ice Stream Subglacial Access Research Drilling (WISSARD).

NSF National Science Foundation (2012): Environmental document and finding of nosSignificant an not more than minor or transitory environmental impact, Whillans Ice Stream Subglacial Access Research Drilling (WISSARD) Project, US NSF PGFC1301.IEE

NOAA (2015): Draft Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing. National Oceanic and Atmospheric Adminstration, Revised version for Second Public Comment Period July 23, 2015, 187 pp.

Nordøy, E. S., Blix, A. S. (2009): Movements and dive behaviour of two leopard seals (Hydrurga leptonix) off Queen Maud Land, Antarctica. Polar Biol., 32: 263–270.

Notz, D. (2014): Veränderung der Dicke und Ausdehnung des Polarmeereises. In: Lozán J. L., Graßl, H., Notz, D., Piepenburg, D. (Hrsg.) Warnsignal Klima: Die Polarregionen. pp 121-127.

Ochyra, R., Lewis Smith, R. I., Bednarek-Ochyra, H. (2008): Illustrated Moss Flora of Antarctica. Cambridge University Press, Cambridge.

Osyczka, P. (2010): Alien lichens unintentionally transported to the ‘‘Arctowski’’ station (South Shetlands, Antarctica). Polar Biology 33: 1067–1073.

Osyczka, P., Mleczko, P., Karasinski, D., Chlebicki A. (2012): Timber transported to Antarctica: a potential and undesirable carrier for alien fungi and insects. Biological Invasions 14: 15–20.

Ovstedal, D. O., Lewis Smith, R. I. (2001): Lichens of Antarctica and South Georgia. A guide to their identification and ecology. Cambridge University Press, Cambridge.

Palmer, M., Gomis, D., Flexas, M., Jordà, G., Jullion, L., Tsubouchi, T., Naveira Garabato, A. C. (2012): Water mass pathways and transports over the South Scotia Ridge west of 50 W, Deep Sea Research I (59): 8-24.

Patterson, D. I., Woehler, E. J., Croxall, J. P., Cooper, J., Poncet, S., Peter, H.-U., Hunter, S., Fraser, W. R. (2008): Breeding distribution and population status of the northern giant petrel Macronectes halli and the southern giant petrel M. giganteus. Marine Ornithology 36: 115-124.

Payne, A. J., Hunt. J. C. R. und Wingham, D. J. (2006): Evolution of the Antarctic ice sheet: new understanding and challenges. Phil. Trans. R. Soc. A 364: 1867-1872.

Pearce, D. A., Hodgson, D. A., Throne, M., Burns, G., Cockell, Ch. (2013): Preliminary Analysis of Life within a Former Subglacial Lake Sediment in Antarctica, Diversity 2013, 5, 680-702. doi:10.3390/d5030680.

Peat, H. J., Clarke, A., Convey, P. (2007): Diversity and biogeography of the Antarctic flora. Journal of Biogeography 34: 132–146.

Pennycuick, C. J., Fast, Peter L. F., Ballerstädt, N., Rattenborg, N. (2012): The effect of an external transmitter on the drag coefficient of a bird’s body, and hence on migration range, and energy reserves after migration. J. Ornithol. 153: 633–644.

Peter, H.-U., Büßer, C., Mustafa, O., Pfeiffer, S. (2008): Evaluierung des Gefährdungsgrades der Gebiete Fildes Peninsula und Ardley Island und Entwicklung der Managementpläne zur Ausweisung als besonders geschützte oder verwaltete Gebiete. Umweltbundesamt, Texte 19/2008.

Peter, H.-U., Braun, Ch., Janowski, S., Nordt, A., Nordt, A., Stelter, M. (2013): Aktuelle Umweltsituation und Vorschläge zum Management der Fildes Peninsula Region. Umweltbundesamt, TEXTE 02/2013.

Pfeifer, S., Peter, H.-U. (2003): Umsetzung des Umweltschutzprotokolls-Ausführungsgesetzes (AUG), Teilvorhaben 3: Bestandsaufnahme und Managementpläne für zwei touristisch genutzte Gebiete in der Antarktis. Umweltbundesamt Texte 22/03, 247 S.

Phillips, R. A., Xavier, J. C., Croxall, J. P. (2003): Effects of satellite transmitters on Albatrosses and Petrels. The Auk 120 (4): 1082–1090.

Piepenburg, D., Gutt, J. (2014): Klimabedingte ökologische Veränderungen in den Bodenfaunen polarer Schelfmeere. In: Lozán J. L., Graßl, H., Notz, D., Piepenburg, D. (Hrsg.) Warnsignal Klima: Die Polarregionen. pp 152-159.

PM NPWM (2016): Untersuchung der gestrandeten Pottwale: Große Mengen Plastikmüll in den Mägen gefunden, Pressemitteilung des Ministeriums für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume in Schleswig-Holstein, 11.10.2016, http://www.nationalpark-wattenmeer.de/sh/misc/untersuchung-der-gestrandeten-pottwale-grosse-mengen-plastikmull-den-magen-gefunden

Poisbleau, M., Demongin, L., Strange, I. J., Otley, H., Quillfeldt, P. (2008): Aspects of the breeding biology of the Southern Rockhopper Penguin Eudyptes c. chrysocome and new consideration on the intrinsic capacity of the A-egg. Polar Biol. 31: 925–932.

Pollet, I. L., Ronconi, R. A., Jonsen, I. D., Leonar, M. L. Taylor, P. D., Shutler, D. (2014): Foraging movements of Leach’s storm-petrels Oceanodroma leucorhoa during incubation. Journal of Avian Biology 45: 305-314. doi: 10.1111/jav.00361.

Power M. L., Samuel, A., Smith J. J., Stark, J. S., Gillings, M. R., Gordon, D. M. (2016): Escherichia coli out in the cold: Dissemination of human- derived bacteria into the Antarctic microbiome, Environmental Pollution 215 (2016) 58-65.

Priscu, J. C., Adams, E. E., Lyons, W. B., Voytek, M. A., Mogk, D. W., Brown, R. L., McKay, C. P., Takacs C. D., Welch, K. A., Wolf, C. F., Kirshtein, J. D., Avci, R (1999): Geomicrobiology of subglacial ice above Lake Vostok, Antarctica. Science 286, 2141-2144.

Priscu, J. C., Bell, R.E., Bulat, S. A., Ellis-Evans, J. C., Kennicutt, M. C. II., Lukin, V. V., Petit, J. R., Powell, R. D., Siegert, M. J., Tabacco, I. E. (2003): An international plan for Antarctic subglacial lake exploration. Polar Geography. 27(1), 69-83.

Priscu, J. C., Christner, B. C., Dore, J. E., Westley, M. B., Popp, B. N., Casciotti, K. L., Lyons, W. B. (2008): Supersaturated N2O in a perennially ice-covered Antarctic lake: Molecular and stable isotopic evidence for a biogeochemical relict. Limnology and Oceanography. 53: 2439-2450.

Quillfeldt, P., Poisbleau, M., Chastel, O., Masello, J. F. (2008): Acute stress hyporesponsive period in nestling Thin-billed prions Pachyptila belcheri. Journal of Comparative Physiology A 195: 91–98. http://link.springer.com/article/10.1007/s00359-008-0385-4/fulltext.html.

Quillfeldt, P., McGill, R. A. R., Furness, R. W., Mstl, E., Ludynia, K., Masello, J. F. (2012): Impact of miniature gelocation loggers on a small petrel, the thin-billed prion Pachyptila belcheri. Mar. Biol. 159: 1809-1816. doi:10.1007/s00227-012-1971-0.

RAE AARI (2010): Water Sampling of the Subglacial Lake Vostok, Final Comprehensive Environmental Evaluation, Russian Antarctic Expedition - Artic and Antarctic Research Institut.

Raines, S. (2010): Diseases of Antarctic Birds – A current review, PCAS 2010/ 11.

Rankin, S., Ljungblad, D., Clark, C., Kato, H. (2005): Vocalisations of Antarctic blue whales, Balaenoptera musculus intermedia, recorded during the 2001/2002 IWC/SOWER circumpolar cruises, Area V, Antarctica. J. Cetacean Research Management 7 (1): 13-20.

Reichmuth, C., Holt, M. M., Mulsow, J., Sills, J. M., Southall, B. (2013): Comparative assessment of amphibious hearing in pinnipeds. Journal of Comparative Physiology A., doi:10.1007/s00359-013-0813-y.

Rignot, E. (2011): Is Antarctica melting? WIREs Climate Change 2: 324–331.

Robinson, St. (2015): Calculation of absorption of sound in seawater [Online]. - National Physical Laboratory, 2015. - 03 06, 2015. - http://resource.npl.co.uk/acoustics/techguides/seaabsorption

Rogers, J. R., Bennett, P. C. (2004) Mineral stimulation of subsurface microorganisms: release of limiting nutrients from silicates. Chemical Geology 203(1 – 2): 91 – 108.

Rogers, S. O., Shtarkman, Y. M., Kocer, Z.A.; Edgar, R., Veerapanneni, R., D´Elia, T. (2013): Ecology of Subglacial Lake Vostok (Antarctica), Based on Metagenomic/Metatranscriptomic Analyses of Accretion Ice, Biology 2013, 2, 629-650; doi:10.3390/biology2020629.s

Ropert-Coudert, Y., Wilson, R. P., Yoda, Y., Kato, A. (2007): Assessing performance constraints in penguins with externally-attached devices. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 333: 281-289.

Ropert-Coudert, Y., Beaulieu, M., Hanuise, N. Kato, A. (2009): Diving into the world of biologging. Endangered Species Research. Review Contribution to the Theme Section 'Biologging technologies: new tools for conservation'. doi: 10.3354/esr00188.

Ropert-Coudert Y., Hindell M. A., Phillips R., Charrassin J. B., Trudelle L., Raymond B. (2014): Chapter 8: Biogeographic patterns of birds and mammals. In: De Broyer C., Koubbi P., Griffiths H.J., Raymond B., Udekem d'Acoz C. d', et al. (eds.). Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, pp. 364-387.

Rümmler, M.-C., Mustafa, O., Mörker, J., Peter, H.-U., Esefeld, J. (2015): Measuring the influence of unmanned aerial vehicles on Adelie penguins. Polar Biology, DOI 10.1007/s00300-015-1838-1

Russell, D. J., Hohberg, K., Otte, V., Christian, A., Potapov, M., Brückner, A., McInnes, S. J. (2013): Der Einfluss menschlicher Aktivitäten auf Bodenorganismen der maritimen Antarktis und die Einschleppung von fremden Arten in die Antarktis. Umweltbundesamt Texte 21/2013 (Kurzfassung).

Russell, D. J., Hohberg, K., Potapov, M., Bruckner, A., Otte, V., Christian, A. (2014): Native terrestrial invertebrate fauna from the northern Antarctic Peninsula: new records, state of current knowledge and ecological preferences – Summary of a German federal study. Soil Organisms 86: 1-58.

RWTUEV (2005): Ermittlung der Geräuschemission von Kfz im Straßenverkehr, RWTUEV Fahrzeug GmbH, Institut für Fahrzeugtechnik, i.A. des UBA, FKZ 20054135.

Sand, M., Berntsen, T. K., Seland, Ø., Kristjansson, J. E. (2013): Arctic surface temperature change to emissions of black carbon within Arctic or midlatitudes, J. Geophys. Res. Atmos., 118, 7788–7798, doi:10.1002/jgrd.50613.

Sander, M., Balbão, T. C., Polito, M. J., Costa, E. S., Carneiro, A. P. B. (2007): Recent decrease in chinstrap penguin (Pygoscelis antarctica) populations at two of Admiralty Bay's islets on King George Island, South Shetland Islands, Antarctica. Polar Biol (2007) 30:659–661. doi:10.1007/s00300-007-0259-1.

SCAR (2002): Impacts of marine Accoustic Technology on the Antarctic Environmen, Version 1.2, July 2002, SCAR Ad Hoc Group on marine acoustic technology and the environment, http://www.geoscience.scar.org/geophysics/acoustics_1_2.pdf.

SCAR (2008): Human Disturbance to Wildlife in the Broader Antarctic Region: A Review of Findings. WP 12, ATCM 31.

SCAR (2009): Environmental Code Of Conduct For Terrestrial Scientific Field Research In Antarctica.

SCAR (2011): Code of conduct for the exploration and research of subglacial aquatic environments, https://www.comnap.aq/Publications/Comnap%20Publications/Forms/Publications.aspx?Category=Operational%20Guidelines.

SCAR (2011): SCAR's Code of Conduct for the Use of Animals for Scientific Purposes in Antarctica. CEP 8c, XXXIV ATCM Buenos Aires IP 53, 2011.

Scheidat, M., Friedlaender, A., Kock, K.-H., Lehnert, L., Boebel, O., Roberts, J., Williams, R. (2011): Cetacean surveys in the Southern Ocean using icebreaker-supported helicopters. Polar Biology. doi 10.1007/s00300-011-1010-5.

Scher, H. D., Martin, E. E. (2006): Timing and climatic consequences of the opening of Drake Passage. Science, 312: 428-430.

Schrödl, M., Linse, K., Schwabe, E. (2006): Review on the distribution and biology of Antarctic Monoplacophora, with first abyssal record of Laevipilina antarctica. Polar Biology, 29(9): 721–727.

Schroeter, B., Boelter, M., Kappen L. (2013): Terrestrische Habitate in Arktis und Antarktis Botanische, mikrobiologische und bodenkundliche Forschungen am Institut für Polarökologie (IPÖ). Polarforschung 83: 35–45.

Schründer, S., Schnack-Schiel, S. B., Auel, H., Sartoris, F. J. (2013): Control of diapause by acidic pH and Ammonium accumulation in the Hemolymph of Antarctic copepods . PLoS ONE 8(10): e77498. doi:10.1371/journal.pone.0077498.

Schuster, K. (2010): Impact of Human and Other Disturbance on Behaviour and Heart Rate of Incubating Adélie Penguins (Pygoscelis adeliae), Dissertation Uni Marburg.

Schwarzbach, W., Hertel, F., Hilbert, J., Herata, H. (2014): Die Antarktis im Spannungsfeld zwischen Forschung, Tourismus und Umweltschutz. In: Lozán, J., Graßl, H., Piepenburg, D., Notz, D. (eds.): Warnsignal Klima: Polarregionen. Deutsche Bibliothek – CIP, Hamburg: 347-353.

Schwegmann, S. (2012): Interannual and decadal variability of sea ice drift, concentration and thickness in the Weddell Sea, in Berichte zur Polar- und Meeresforschung = Reports on polar and marine research, edited, p. 187.

Schwemmer, P., Mendel, B., Sonntag, N., Dierschke, V., Garthe, ST. (2011): Effects of ship traffic on seabirds in offshore waters: implications for marine conservation and spatial planning, Ecological Applications, July, Vol. 21, No. 5 : 1851-1860, doi: 10.1890/10-0615.1.

Seear, P. J., Goodall-Cpestake, W. P., Fleming, A. H., Rosato, E., Tarling, G. A. (2012): Seasonal and spatial influences on gene expression in Antarctic krill Euphausia superba. Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 467: 61-75.

Sheldon, S. G., Steffensen, J. P., Hansen, St. B., Popp, T. J., Johnsen, S. J. (2014 a): The investigation and experience of using ESTISOL™ 240 and COASOL™ for ice-core drilling, Annals of Glaciology 55(68) 2014, doi: 10.3189/2014AoG68A036.

Sheldon, S. G., Popp, T. J., Hansen, St. B., Steffensen, J. P. (2014 b): Promising new borehole liquids for ice-core drilling on the East Antarctic high plateau, Annals of Glaciology 55(68) 2014 doi: 10.3189/2014AoG68A043

Shepherd, A., Wingham, D., Rignot, E. (2004): Warm ocean is eroding West Antarctic Ice Sheet, Geophys. Res. Lett., Vol. 31: 1-4.

Siebert, U., Dähne, M., Danehl, S., Meyer-Klaeden, O., van Neer, A., Wittekind, D., Schuster, M., Lucke, K., Clark, C. W., Stilz, P., Tougaard, J., von Benda-Beckmann, S., Ainslie, M. A. (2014): Kriterien und Entwicklung eines Modells zur Abschätzung des Störpotentials durch Maskierung beim Einsatz von Luftpulsern (Airguns) in der Antarktis.

Siegert, M. J., Clak, J. R., Mowlem, M., Ross, N., Hill, Ch. S., Tait, A., Hodgson, D., Parnell, J., Tranter, M., Pearce, D., Bentley, M. J., Cockell, Ch., Tsaloglou, M. N., Smith, A., Woodward, J., Brito, M.P., Waugh, E. (2012): Clean access, measurement, and sampling of Ellsworth Subglacial Lake: A method for exploring deep Antarctic subglacial lake environments, Rev. Geophys., 50, RG1003, doi:10.1029/2011RG000361.

Shtarkman, Y. M, Kocer, Z. A., Edgar, R., Veerapaneni, R. S., Délia, T. (2013): Suglacial Lake Vostok (Antarctica) Accretion Ice Contains a Diverse Set of Sequences from Aquatic, Marine and Sediment-Inhibiting Bacteria and Eurkarya, PLoS ONE 8(7):e67221. doi:10.1371/journal.pjone.0067221.

Skidmore, M., Anderson, S. P., Sharp, M., Foght, J., Lanoil, B. D. (2005): Comparison of microbial community compositions of two subglacial environments reveals a possible role for microbes in chemical weathering processes. Applied and Environmental Microbiology 71(11): 6986 – 6997.

Skidmore, M., Tanter, M. Tulaczyk, S., Lanoil, B. (2010): Hydrochemistry of ice stream beds—evaporitic or microbial effects? Hydrol. Process. doi: 10.1002/hyp.7580.

Smith, J. J., Riddle, M. J. (2009): Sewage disposal and wildlife health in Antarctica. In: K.R. Kerry & M.J. Riddle (eds.): Health of Antarctic wildlife: a challenge for science and policy. Pp. 271–315. London: Springer.

Sivle. L. D., Kvadsheim, P. H., Fahlman A., Lam F. P. A., Tyack P. L., Miller, P. J. O. (2012): Changes in dive behavior during naval sonar exposure in killer whales, long-finned pilot whales, and sperm whales, Front. Physiol., 11 October 2012, doi: 10.3389/fphys.2012.00400.

Sommerfeld, J., Kato, A., Ropert-Coudert, Y., Garthe, S., Hindell, M. A. (2013): The individual counts: within sex differences in foraging strategies are as important as sex-specific differences in masked boobies Sula dactylatra. Journal of Avian Biology 44: 531–540.

Southall, B. L., Schusterman, R. J., Kastak, D., Reichmuth, C. (2005): Reliability of underwater hearing thresholds in pinipeds. Acoustics Reseach Letters online. doi 10.1121/1.1985956.

Southwell, C. (2005): Response behaviour of seals and penguins to helicopter surveys over the pack ice off East Antarctica. Antarctic Science 17 (3), 328–334. doi: 10.1017/S0954102005002798.

Southwell, C., Paxton, C. G. M., Borchers, D., Boveng, P., de la Mare, W. (2008): Taking account of dependent species in management of the Southern Ocean Krill fishery: estimating crabeater seal abundance off east Antarctica. Journal of Applied Ecology, 45: 622-631. doi: 10.1111/j.1365-2664.2007.01399.x.

Southwell, C., Bengtson, J., Bester, M., Blix, A. S., Bornemann, H., Boveng, P., Cameron, M., Forcada, J., Laake, J., Nordøy, E., Plötz, J., Rogers, T., Southwell, D., Steinhage, D., Stewart, B. S., Trathan, P. (2012): A review of data on abundance, trends in abundance, habitat use, and diet of ice-breeding seals in the southern ocean. CCAMLR Science, Vol. 19 (2012): 00–00.

Spotswood, E. N., Goodman-Roesch, K., Carlisle, J., Cormier, R. L., Humple, D. L., Rousseau, J., Guers, S. L., Barton, G. G. (2012): How safe is mist netting? Evaluating the risk of injury and mortality to birds. Methods in Ecology and Evolution, 3, 29-38.

Stamm, D. D., Davis, D. E., Robbins, C. S. (1960): A Method of Studying Wild Bird Populations by Mist-Netting and Banding Bird-Banding, Vol. 31, No. 3, pp. 115-130.

Stark J., M. J. Riddle, St., Smith, D. A. (2004): Influence of an Antarctic waste dump on recruitment to nearshore marine soft-sediment assemblages, Mar Ecol Prog Ser 276: 53–70, 2004.

Stewart, B. S. (2007): A summary of status of knowledge of the biology, distribution, and abundance of the Ross Seal, Ommatophoca rossii. SCAR Expert Group on Seals, Draft.

Stewart, E. J., Draper, D., Johnston, M. E. (2005): A review of tourism research in the polar Regions. ARCTIC, vol. 58, no. 4, p.383-394.

Stonehouse, B. (1999): Penguin banding: Time for reappraisal? Marine Ornithology 27: 115-118.

Summerson, R., Bishop, I. D. (2012): The impact of human activities on wilderness and aesthetic values in Antarctica. Polar Research 2012, 31, 10858, http://dx.doi.org/10.3402/polar.v31i0.10858.

Talalay, P. G. (2007): Dimethyl siloxane oils as an alternative borehole fluid, Annals of Glaciology 47.

Talalay, P. G. (2011): Drilling fluids for deep coring in central Antarctica, Technical Report PRC 12-01.

Talalay, P. G. (2014): Perspectives for development of ice-core drilling technology: a discussion, Annals of Glaciology 55(68) 2014 doi: 10.3189/2014AoG68A007

Talalay, P. G., Hu, Z., Xu, H., Yu, D., Han, L., Han, J., Wang, L. (2014): Environmental considerations of low-temperature drilling fluids, Annals of Glaciology 55(65) 2014 doi: 10.3189/2014AoG65A226

Tarling, G. A., Ward, A., Atkinson, M. A., Collins, E. J., Murphy, E. J. (2012): DISCOVERY 2010: Spatial and temporal variability in a dynamic polar ecosystem. Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography, 59-60:1-266.

Tarlow, E., M., Blumstein, D. T. (2007): Evaluating methods to quantify anthropogenic stressors on wild animals. Applied Animal Behaviour Science 102, 429-451.

Teixido, N., Garrabou, J., Gutt, J., Arntz, W.E. (2004): Recovery in Antarctic benthos after disturbance: trends in benthiccomposition, abundance, and growth forms. Mar. Ecol. Progr. Ser. 278: 1–16.

Teixidó, N., Gili, J.-M., Uriz, M.-J., Gutt, J., Arntz, W.E. (2006): Observations of asexual reproductive strategies in Antarctic hexactinellid sponges from ROV video records, Deep-Sea Res. II 53: 972-984.

Tejedo, P., Pertierra, L. R., Benayas, J., Convey, P., Justel, A., Quesada, A. (2012): Trampling on maritime Antarctica: can soil ecosystems be effectively protected through existing codes of conduct? Polar Research, 31, 1-13, http://dx.doi.org/10.3402/polar.v31i0.1088.

Thiebot, J.-B., Cherel, Y., Crawford, R. J. M., Makhado, A. B. Trathar, P. N. (2013): A Space Oddity: Geographic and Specific Modulation Penguins. doi: 10.1371/journal.pone.0071429.

Thomas, D. N., Fogg, G. E., Convey, P., Fritsen, Ch. H., Gili, J.-M., Gradinger, R., Parry-Laybourn, J., Reid, K., Walton, D. W. H. (2008): The Biology of Polar Regions. Oxford.

Thompson, D. (2013): Effects of ships lights on fish, squid and seabirds, NIWA Client Report No. WLG 2013-16.

Tikhonov, A. N. (1950): On Determining Electrical Characteristics of the Deep Layers of the Earth´s Crust, Reprinted from Doklady, 73, 2, 295-297.

Tin, T., Fleming, Z. L., Hughes, K. A., Ainley, D. G., Convey, P., Moreno, C. A., Pfeiffer, S., Scott, J., Snape, I. (2009): Review - Impacts of local human activities on the Antarctic environment, Antarctic Science 21 (1), 3–33, doi:10.1017/S0954102009001722.

Tomczak, M., Godfrey, J. S. (2005): Regional Oceanography: an Introduction, Chapter 6.

Torres-Mellado, G. A., Jana, R., Casanova-Katny, M. A. (2011): Antarctic hairgrass expansion in the South Shetland archipelago and Antarctic Peninsula revisited. Polar Biology 34: 1679–1688.

Torsvik T. H., Gaina C., Redfield T. F. (2008): Antarctica and Global Paleogeography: From Rodinia, Through Gondwanaland and Pangea, to the Birth of the Southern Ocean and the Opening of Gateways. In: Cooper, A. K., P. J. Barrett, H. Stagg, B. Storey, E. Stump, W. Wise, and the 10th ISAES editorial team, eds. (2008). Antarctica: A Keystone in a Changing World. Proceedings of the 10th International Symposium on Antarctic Earth Sciences. Washington, DC: The National Academies Press.

Trathan, P. N., Forcada, J., Atkinson, R., Downie, R. H., Shears, J. R. (2008): Population assessments of Gentoo penguins (Pygoscelis papua) breeding at an important Antarctic tourist site, Goudier, Island, Port Lockroy, Palmer Archipelago, Antarctica. Biological conservation 141, 3019–3028.

Trefry, S. A., Diamond, A. W., Jesson, L. K. (2013): Wing marker woes: a case study and meta-analysis of the impacts of wing and patagial tags. Journal of Ornithology: 154:1–11. doi:10.1007/s10336-012-0862-y.

Triest, J. & Alemany, O. (2014): Drill fluid selection for the SUBGLACIOR probe: a review of silicone oil as a drill fluid, Annals of Glaciology 55(68) 2014 doi:10.3189/2014AoG68A028

Tripovich, J. S., Purdy, S. C., Hogg, C., Rogers, T. L. (2011): Toneburst-evoked auditory brainstem response in a leopard seal, Hydrurga leptonyx. J. Acoust. Soc. Am. 129(1): 483-487.

Trivelpiece, W. Z., Hinke, J. T., Miller, A. K., Reiss, C. S., Trivelpiece, S. G. Watters, G. M. (2011): Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108:7625-7628.

Tyack, P. L. (2008): Implications for marine mammals of large-scale changes in the marine acoustic environment. J. Mammal. 89, 549–558.

Tynan, C., Russel, J. (2008): Assessing the impacts of future 2°C global warming on Southern Ocean Cetaceans, SC/60/E3.

Umweltbundesamt (2005): Zusammenfassende Darstellung und Bewertung der Umweltauswirkungen (Final Comprehensive Environmental Evaluation) der geplanten Tätigkeiten • Neubau der Station „Neumayer III“ • Betrieb der Station „Neumayer III“ • Abbau der bestehenden Station „Neumayer II“, I 2.4 – 94003-2/43,Dessau, Oktober 2005, http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/NMIII-Final-Comprehensive.pdf.

Umweltbundesamt (2011): Umweltwirkungen schnell fahrender Schiffe unter besonderer Berücksichtigung des Handlungs- und Regelungsbedarfs bezüglich der deutschen Meeresgebiete in Nord- und Ostsee : Projektbericht. http://find.bibliothek.tu-ilmenau.de/Record/722232373/Details.

Van Franeker, J. A., Flores, H., van Dorssen, M. (2012): The Surface and Under-Ice Trawl (SUIT).

Van Opzeeland, I., Kindermann, L., Boebel, O., Van Parijs, S. (2008): Insights into the acoustic behaviour of Polar Pinnipeds – current knowledge and emerging techniques of study. Chapter 6. In: Weber, E. A., Krause, L. H. (eds): Animal Behavior New Research. ISBN: 978-1-60456-782-3.

Van Opzeeland, I., Van Parijs, S., Bornemann H., Frickenahus, S., Kindermann, L., Klinck, H., Plötz, J., Boebel, O., (2010): Acoustic ecology of Antarctic pinipeds. Marine Ecology Progress Series 414: 267-291. doi: 10.3354/meps08683.

Van Opzeeland I., Van Parijs, S., Kindermann, L., Burkhardt, E., Boebel, O. (2013): Calling in the cold: pervasive acoustic presence of Humpback Whales (Megaptera novaeangliae) in Antarctic Coastal Waters. PLoS ONE 8(9): e73007. doi:10.1371/journal.pone.0073007.

Vandenabeele, S. P., Wilson, R. P., Grogan, A. (2011): Tags on seabirds: how seriously are instrument-induced behaviours considered? Animal Welfare 20: 559-571.

Velicogna, I. (2009): Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ive sheets revealed by GRACE, Geophysical Research Letters 36: 1-4.

Verleyen, E., Hodgson, D.A., Gibson, J., Imura, S., Kaup, E., Kudoh, S., De Wever, A., Hoshino ,T., Mcminn, A., Obbels, D., Roberts, D., Roberts, S., Sabbe, K., Souffreau, C., Tavernier1, I., Van Nieuwenhuyze, W., Van Ranst, E., Vindevogel, N., Vyverman, W. (2012): Chemical limnology in coastal East Antarctic lakes: monitoring future climate change in centres of endemism and biodiversity. Antarctic Science 24: 23–33.

Villanueva, C., Walker, B. G., Bertellotti, M. (2014): Seasonal Variation in the Physiological and behavioral responses to tourist visitation in Magellanic Penguins. The Journal of Wildlife Management 78(8):1466–1476. doi:10.1002/jwmg.791.

Villiers de, M.S., Copper, J., Raan, P.G. (2005): Individual variability of behavioural responses by Wandering Albatrosses (Diomedea exulans) to human disturbance, Polar Biology, March 2005, Volume 28, Issue 4, pp 255-260.

Vöneky, S., Wisehart, D. (2016): Analyse und Weiterentwicklung vorhandener rechtlicher Insturmente – Handlungsbedarf zu Anpassung an die aktuellen Entwicklungen des Tourismus in der Antarktis, Umweltbundesamt TEXTE 05/2016.

Wadham, J. L., Tranter, M., Tulaczyk, S., Sharp, M. (2008): Subglacial methanogenesis: A potential climatic amplifier?, GLOBAL BIOGEOCHEMICAL CYCLES, VOL. 22, GB2021, doi:10.1029/2007GB002951.

Wadham, J. L., Arndt, S., Tulaczyk, S., Stibal, M., Telling, J., Lis, G. P., Lawson, E. C., Ridgwell, A. J., Dubnick, A., Sharp, M. J., Anesio, A. M., Butler, C. (2012): Potential methane reservoirs beneath Antarctica, Nature, Vol. 488, No. 7413, 2012, p. 633.

Walker, K. A., Trites, A. W., Haulena, M., Weary, D. (2012): A review oft he effects of different marking and tagging techniques on marine mammals. Wildlife Reseach 39: 15-30. doi:10.1071/WR10177.

Wartzok, D., Ketten, D. R. (1999): Marine mammal sensory systems. Pages 117-175 in J.E. Reynolds III and S.A. Rommel, eds. Biology of Marine Mammals. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.

Watanabe, Y., Mitani, Y., Sato, K., Cameron, M. F., Naito, Y. (2003): Dive depths of Weddell seals in relation to vertical prey distribution as estimated by image data. Marine Ecology Progress Series 252: 283-288.

Weber, M. E., Clark, P. U., Kuhn, G., Timmermann, A., Sprenk, D., Gladstone, R., Zhang, X., Lohmann, G., Menviel, L., Chikamoto, M.O., Friedrich, T. , Ohlwein, C. (2014): Millennial-scale variability in Antarctic ice-sheet discharge during the last deglaciation. Nature, 510: 134-138, doi:10.1038/nature13397.

Wegener, Bernhard (2013): Die Genehmigung wissenschaftlicher Forschung in der Antarktis im Lichte von Umweltschutz und Forschungsfreiheit, Rechtsgutachten 3, Univ. Erlangen-Nürnberg, UBA TEXTE 36/2013.

Weilgart, L. (2013): A review of the impacts of seismic airgun surveys on marine life, submitted to the CBD, Expert Workshop on Underwater Noise and its Impacts on Marine and Coastal Biodiversity, 25-27 February 2014, London, UK, http://www.cbd.int/doc/?meeting=MCBEM-2014-01.

Wellmeier, St. (2013): IAATO 24. Annual Meeting concludes in Punta Arenas, Chile, Antarctic Tourism Statistics for 2012.

Williams, C. L., Sato, K., Shiomi, K., Ponganis, P. J. (2012): Muscle energy stores and stroke rates of emperor penguins: implicaition for muscle metabolism and dive performance. Physiological and Biochemical Zoology. Vol. 85(2), pp. 120-133

Williams, R., Kelly, N., Boebel, O., Friedlaender, A.S., Herr, H., Kock, K.-H., Lehnert, L.S., Maksym,T., Roberts, T., Scheidat, M., Siebert, U., Brierley, A. S. (2014): Counting whales in a challenging, changing environment, Scientific Reports 4, Article number: 4170 (2014), doi:10.1038/srep04170

Wilson, R. P., McMahon, C. R. (2006): Measuring devices on wild animals: what constitutes acceptable practice? Front Ecol Environ 4(3): 147–154.

Wilson, R. P., Kreye, J. M., Lucke, K., Urquhart, H. (2004): Antennae on transmitters on penguins: balancing energy budgets on the high wire. The Journal of Experimental Biology 207: 2649-2662. doi:10.1242/jeb.01067.

Windisch, H. , Kathöver, R. , Pörtner, H.O. , Frickenhaus, S., Lucassen, M. (2011): Thermal acclimation in Antarctic fish: Transcriptomic profiling of metabolic pathways , Am. J. of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 301, R1453-R1466. doi: 10.1152/ajpregu.00158.2011.

Wingham, D. J., Siegert, M. J., Shepard, A., Muir, A. S. (2006): Rapid discharge connects Antarctic subglacial lakes. Nature 440, 1033-1036.

Wink, M. (2015): DNA-Analysen von Vögeln: Nicht-invasive Probengewinnung durch Schleimhautabstriche („Tupfer-Methode“). Vogelwarte 53, Heft 1: 59-60.

Wittekind, D. (2007): Industry perspective on potential costs/economic benefits of vesselquieting technologies (e.g., effects on fuel usage, efficiency) for large vessels. Potential Application of Vessel-Quieting Technology on Large Commercial Vessels Silver Spring, Maryland, 1-2 May, 2007.

Woehler, E. J. (1993): The distribution and abundance of Antarctic and Subantarctic penguins. Cambridge: Scientific Committee on Antarctic Research. SCAR Bird Biology Subcommittee. Report.

Woehler, E. J. (2002): Hearing Abilities in Antarctic Penguins, in Conference on Impact of Acoustics on Marine Organisms 17-19 June 2002 Berlin, Proceedings Edited by L. Kappen Institute f. Polar Ecology University of Kiel.

Woehler, E. J., Coxwall, J. P. (1997): The status and trends of antarctic and sub-antarctic seabirds. Marine Ornithology 25: 43–66.

Wolski, L. F., Anderson R. C., Bowles A. E., Yochem P. K. (2003): Measuring hearing in the harbor seal (Phoca vitulina): Comparison of behavioral and auditory brainstem response techniques. J. Acoust. Soc. Am., Vol. 113, No. 1, 629-637.

Woolfenden, E. N. M., Hince, G., Powell, S. M., Stark, S.C., Snape, I., Stark, J. S., George, S.C. (2011): The rate of removal and the compositional changes of diesel in Antarctic marine sediment, Science of The Total Environment, Volume 410-411, Issue null, Pages 205-216.

World Ocean Review Band 2 (2013): Die Zukunft der Fische - die Fischerei der Zukunft. Maribus-Verlag.

Wright, A. J., Soto, N. A., Baldwin A. L., Bateson, M., Beale, C. M., Calrk, C., Deak, T., Edwards, E. F., Fernández, A., Godinho, A., Hatch, L. T., Kakuschke, A., Lusseau, D., Martineau, D., Romero, M.L., Weilgart, L. S., Wintle, B. A., Nortabartolo-di Sciara, G., Vidal, M. (2007). Anthropogenic noise as a stressor in animals: a multidisciplinary perspective. Int. J. Comp. Psychol., 20, 250–273.

Wright, A., Siegert, M. (2012): A fourth inventory of Antarctic subglacial lakes. Antarctic Science 24 (6), 659-664. doi:10.1017/S095410201200048X .

WTD 71 (1985): Wasserschallvermessung Forschungsschiff "Polarstern", Erprobungsstelle 71 d Bw, Meß/Versuchsprotokoll S. 333 – 624, Eckernförde. 28. August 1985.

Yang, Si-Zhong, JIN, Hui-Jun, WEI, Zhi, HE, Rui-Xia, JI, Yan-Jun, LI, Xiu-Mei, YU, Shao-Peng (2009): Bioremediation of Oil Spills in Cold Environments: A Review, Pedosphere, Volume 19, Issue 3, Pages 371-381.

Zerbini, A. N., Andriolo, A., Heide-JØrgensen, M.-P., Pizzorno, J. L., Maia, Y. G., VanBlaricom, G. R., DeMaster, D. P., Simoes-Lopes, P. C., Moreira, S., Bethlem, C. (2006): Satellite-monitored movements of humpback whales Megaptera novaeangliae in the Southwest Atlantic Ocan. Marine Ecology Progress Series, 313: 295-304.

Zitterbart, D. P., Kindermann, L., Burkhardt, E., Boebel, O. (2013): Automatic round-the-clock detection of whales for mitigation from underwater noise impacts. PLoS ONE 8(8): e71217. doi:10.1371/journal.pone.0071217.