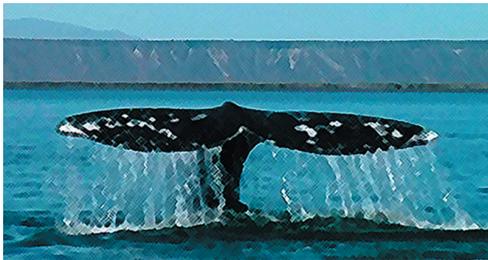


---

Tauchverhalten, Wanderungen  
und Habitatnutzung von  
**Grauwalen** (*Eschrichtius robustus*)  
in der Lagune San Ignacio,  
Baja California Sur, Mexiko

---



---

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vorgelegt von *Stefan Ludwig*

Kiel 2005

Referent:	Prof. Dr. B. Culik
Koreferent:	Prof. Dr. D. Schnack
Tag der mündlichen Prüfung:	30.06.2005
Zum Druck genehmigt:	30.06.2005
Gezeichnet:	Prof. Dr. J. Grotemeyer Dekan

---

Kuyima, la **Ballena** Luminosa

»... Ahí, en ese campamento en la punta de la nada, tirados boca arriba,  
reinventamos las Galaxias de la otra tan antigua mitología.

La noche dibuja los contornos del Delfín y de la Langosta.

Del Halcón, de los Lobos Marinos y de Kuyima, la Ballena Luminosa.

Nuevas leyendas saldrán. De esta tierra milagrosa ...«

*Armando Gonzalez Bolaños*

---

---

Para mi querida familia.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ziele der Studie	6
<b>2</b>	<b>Untersuchungsgebiet</b>	<b>9</b>
2.1	Geplanter Bau einer Salzgewinnungsanlage	12
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>15</b>
3.1	Tauchverhalten	15
3.2	Radiotelemetrie	23
3.3	Satellitentelemetrie	30
3.4	Transektzählungen	35
3.5	Mortalität	38
3.6	Fotoidentifikation	38
3.7	Statistik	42
3.8	Definitionen	43
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Tauchverhalten</b>	<b>47</b>
4.1.1	Reaktion auf die Besenderung	47
4.1.2	Tauchprofil	49
4.1.3	Tauchgangsklassifikation	54
4.1.4	Tauchdauer	55
4.1.5	Tauchtiefe	58
4.1.6	Bodenzeit	60
4.1.7	Respiration und Oberflächenzeit	63
4.1.8	Vergleich von Tauchparametern und Oberflächenzeit	65
4.1.9	Tauchlage	66
4.1.10	Vergleich von Tauchparametern und beobachtetem Verhalten	74
<b>4.2</b>	<b>Wanderungen</b>	<b>75</b>
4.2.1	Radiotelemetrie	75
4.2.2	Satellitentelemetrie	93
<b>4.3</b>	<b>Habitatnutzung</b>	<b>95</b>
4.3.1	Abundanz	95
4.3.2	Mortalität	99

4.3.3	Aufenthaltsdauer	100
4.3.4	Wiedersichtungen und Geburtenintervall von Grauwalkühen	105
4.3.5	Gebietstreue von Mutter-Kalb Paaren	107
4.3.6	Anzahl der Grauwale, die Lagune San Ignacio aufsuchten	108
<b>5</b>	<b><i>Diskussion</i></b>	<b>111</b>
<b>5.1</b>	<b>Einfluss der Besenderung auf das Verhalten</b>	<b>111</b>
5.1.1	Reaktion auf die Besenderung mit Fahrtenschreibern	111
5.1.2	Reaktion auf die Besenderung mit VHF- und Satellitensendern	113
<b>5.2</b>	<b>Tauchverhalten</b>	<b>115</b>
5.2.1	Tauchprofil und Tauchmuster	115
5.2.2	Tauchdauer	120
5.2.3	Tauchtiefe und Bodenzeit	122
5.2.4	Respiration, Oberflächenzeit und Vergleich mit den Tauchparametern	124
5.2.5	Tauchlage	128
5.2.6	Tauchparameter und Verhalten	130
<b>5.3</b>	<b>Wanderungen</b>	<b>131</b>
5.3.1	Nutzung des Areal innerhalb der Lagune	131
5.3.2	Nutzung des Areal außerhalb der Lagune	133
5.3.3	Diurnaler Rhythmus und Gezeiten	136
<b>5.4</b>	<b>Habitatnutzung</b>	<b>138</b>
5.4.1	Aufenthaltsdauer von Individuen	138
5.4.2	Wiedersichtungen und Geburtenintervall von Grauwalkühen	139
5.4.3	Gebietstreue von Mutter-Kalb Paaren	142
5.4.4	Abundanz	142
5.4.5	Anzahl der Grauwale, die Lagune San Ignacio aufsuchten	146
5.4.6	Der El Niño 1997/98 und La Niña 1998/99	147
5.4.7	Die hohe Mortalität 1999 und 2000 - Sind Grauwale K-Strategen?	151
<b>6</b>	<b><i>Abschließende Bemerkungen und Ausblick</i></b>	<b>157</b>
<b>7</b>	<b><i>Zusammenfassung</i></b>	<b>161</b>
<b>8</b>	<b><i>Summary</i></b>	<b>165</b>
<b>9</b>	<b><i>Danksagung</i></b>	<b>169</b>
<b>10</b>	<b><i>Literatur</i></b>	<b>171</b>
	<b><i>Anhang</i></b>	

# 1 Einleitung

Grauwale (*Eschrichtius robustus*) sind die einzigen Vertreter der Familie Eschrichtiidae und gelten aufgrund ihrer Morphologie und Ernährungsweise als die primitivsten Bartenwale (Rice & Wolman 1971, Rice 1998, Jones & Swartz 1984). Sie erreichen eine maximale Länge von 14 m und ein Gewicht von bis zu 33 Tonnen, wobei die weiblichen Tiere häufig etwas größer werden als die männlichen (Rice & Wolman 1971). Die Kälber sind bei ihrer Geburt etwa fünf Meter lang und knapp eine Tonne schwer (Sumich 1986a). Grauwale haben oft eine individuell unterscheidbare Pigmentierung der Haut und sind insbesondere im Kopfbereich von Ektoparasiten wie Seepocken (*Cryptolepas rhachianecti*) und Walläusen (*Cyamis spec.*) bewachsen.

Das Verbreitungsgebiet der Grauwale erstreckte sich bis zum 17. oder frühen 18. Jahrhundert neben dem nördlichen Pazifik auch über den östlichen und westlichen Atlantik, wie fossile Funde bestätigten (Mead & Mitchell 1984). Heute gibt es im Nordpazifik zwei Teilpopulationen, die ostpazifische oder „Kalifornische“ Population und die westpazifische oder „Koreanische“ Population (Pike 1962, Rice & Wolman 1971). Nachdem beide Teilbestände durch den industriellen Walfang ab Mitte des 19. Jahrhunderts nahezu ausgerottet wurden, konnte sich nur die ostpazifische Population durch ein 1946 international verhängtes Fangverbot wieder erholen und die frühere Bestandsgröße erreichen, die vermutlich zwischen 15.000 und 24.000 Tiere betrug (Reilly et al. 1983, Clapham et al. 1999). Nach letzten Berechnungen ist die Population der kalifornischen Grauwale wieder auf etwa 26.000 Tiere angewachsen (Buckland & Breiwick 2002). Sie wurde 1994 von der Liste der gefährdeten Tierarten des U.S. Fish and Wildlife Service (FWS) gestrichen (Federal Register 1994). Die westpazifische Teilpopulation hat sich bis heute nicht erholt und besteht nur noch aus wenigen 100 Walen (Weller et al. 1999, Weller et al. 2002). Sie wurde im Jahr 2000 von der World Conservation Union (IUCN) in die Liste der besonders gefährdeten Tierarten aufgenommen (Weller et al. 2002).

Die kalifornischen Grauwale vollziehen eine der längsten im Tierreich bekannten Wanderungen, die jährlich 15.000 - 20.000 km umfasst (Rice & Wolman 1971, Berta & Sumich 1999). Sie wandern jedes Jahr zwischen Oktober und Dezember aus den Sommernahrungsgründen der Beringsee, Chuckchisee und westlichen Beaufortsee in ihre Reproduktionsgebiete, die mexikanischen Gewässer an der Westküste der Halbinsel Baja California (Gilmore 1960, Pike 1962, Rice & Wolman 1971, Rice 1981, Swartz 1986)

(Abb. 1). Die Wale ziehen entlang der Pazifikküste Nordamerikas bis in die Wintergründe (Rice & Wolman 1971, Rice 1981, Swartz 1986).

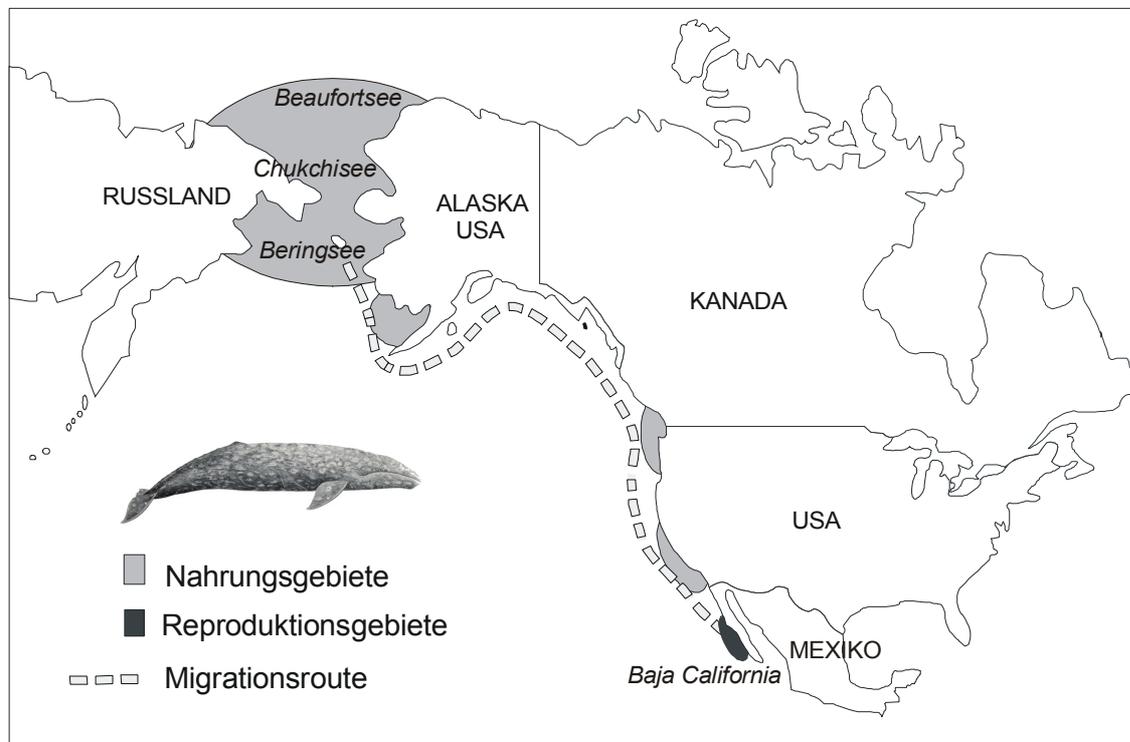


Abb. 1. Übersichtskarte der Nahrungsgebiete, Reproduktionsgebiete und Migrationsroute der kalifornischen Grauwale. Die arktischen Gewässer sind im Sommer die Hauptnahrungsgebiete der Art, die Westküste der Baja California ist im Winter das Fortpflanzungs- und Aufzuchtgebiet.

Der größte Teil dieser Wanderung findet in einer Entfernung von nicht mehr als 10 km von der Küstenlinie statt, und die Details der Migration sind in früheren Studien mit Zählungen entlang der Küste intensiv studiert worden (Gilmore 1960, Pike 1962, Rice & Wolman 1971, Rice 1981, Herzog & Mate 1984, Poole 1984, Perryman et al. 1999). Die ersten Wale erreichen ihre Reproduktionsgebiete Mitte bis Ende Dezember (Jones & Swartz 1984). Dort verbringen sie den Winter zur Fortpflanzung und Aufzucht der Kälber, bevor sie zwischen März und April wieder nach Norden wandern (Rice et al. 1981, Jones & Swartz 1984). Während der 5-6 monatigen Abwesenheit von den Sommernahrungsgründen fasten die Grauwale nahezu den gesamten Zeitraum (Nerini 1984, Sumich 1986b). Dabei nutzen die Tiere ihre Fettreserven. Den höchsten Energieverlust haben wie bei den anderen Bartenwalarten die trächtigen oder säugenden Grauwalkühe (Berta & Sumich 1999). Sie benötigen etwa 3,2 Tonnen des geschätzten vorhandenen Fettvorrats von 4,4 Tonnen bis zum Ende der Wintersaison, um die Kälber zu säugen und um ihren eigenen Energiebedarf zu decken (Berta & Sumich 1999). Jüngere und kleinere adulte Wale müssen während der Migration nach Norden anfangen zu fressen,

---

ältere Adulte einschließlich der Muttertiere und nicht säugende oder trächtige Weibchen haben normalerweise genug Fettreserven um die Wanderung ohne Nahrungsaufnahme zu beenden (Berta & Sumich 1999).

Die Gründe für die jährliche Wanderung nach Süden sind einerseits die Eisbedeckung der arktischen Nahrungsgebiete, andererseits die relativ warmen und geschützten Lagunen der mexikanischen Wintergründe, die einen idealen Ort für die Geburt und Aufzucht der Kälber darstellen (Rice & Wolman 1971, Swartz 1986). Die relativ warmen Wassertemperaturen minimieren die thermoregulatorisch bedingten Energieverluste und bieten somit für die neugeborenen Kälber und deren Mütter einen Vorteil gegenüber den nördlichen Gewässern (Rice & Wolman 1971, Sumich 1986a). Darüber hinaus bieten die überwiegend flachen Lagunen einen optimalen Schutz vor Predatoren wie Haien und insbesondere Schwertwalen (Poole 1984).

Die wichtigsten Reproduktionsgebiete für die kalifornischen Grauwale sind die mexikanischen Lagunen Guerrero Negro, Ojo de Liebre, San Ignacio und Bahía Magdalena mit dem Santo Domingo Kanal und Bahía Almejas (Rice et al. 1981, Jones & Swartz 2002) (Abb. 2). Die Ankunft in den Küstengewässern der Baja California erfolgt wie die Migration in kleinen Gruppen, getrennt nach Alter, Geschlecht und Reproduktionszustand. Zuerst treffen zwischen Mitte und Ende Dezember die hochträchtigen Weibchen gefolgt von den ovulaten weiblichen Tieren ein, dann folgen juvenile Weibchen, adulte männliche Tiere und zum Schluß juvenile Männchen (Rice & Wolman 1971).

Die Aufenthaltsdauer der Wale in den mexikanischen Gewässern hängt ebenfalls von Geschlecht, Alter und Reproduktionszustand ab. Die meisten Tiere haben bis Anfang April die Lagunen wieder verlassen, Mütter mit neugeborenen Kälbern wurden aber vereinzelt noch Anfang Mai vor der Westküste der Baja California gesichtet (Jones & Swartz 1984). Frühere Zählungen zeigten, dass sich in der Lagune Ojo de Liebre jedes Jahr die meisten Wale versammeln, sie ist das wichtigste Aufzuchtgebiet für Kälber (Rice et al. 1981, Sanchez Pacheco 1998). Die Untersuchungen des Grauwalvorkommens in den einzelnen Lagunen gaben Aufschluss über das saisonale Vorkommen in mexikanischen Gewässern (z.B. Gilmore 1960, Rice et al. 1981, Bryant et al. 1984, Jones & Swartz 1984, Norris et al. 1983, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997).

Die Lagune San Ignacio (siehe Abb. 2 und Details in Abschnitt 2) ist das drittgrößte Reproduktionsgebiet mit der saisonal zweithöchsten Anzahl von Grauwalen (Rice et al. 1981, Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Sie wurde 1971 von der mexikanischen Regierung als Walschutzgebiet ausgewiesen und 1988 Teil des Bio-

sphärenreservates „Vizcaíno“ (Diario Oficial 1972, Diario Oficial 1988). Im Jahr 1996 wurde die Errichtung einer Salzgewinnungsanlage in der Lagune San Ignacio von der Exportadora de Sal (ESSA, Guerrero Negro, B.S.C., Mexiko) geplant, die schon eine Anlage in der nördlich gelegenen Lagune Ojo de Liebre betreibt. Dieser Bau bewirkte insbesondere wegen der Salzverschiffung direkt von der Lagune aus eine Abnahme des Vorkommens der Grauwale zwischen 1957 und 1967, erst nach Verlagerung des Salzhafens wanderten wieder genauso viele Tiere in die Lagune wie vor der Errichtung (Gard 1974). In der Lagune San Ignacio waren die möglichen Auswirkungen eines solchen Eingriffs nicht abschätzbar (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997).

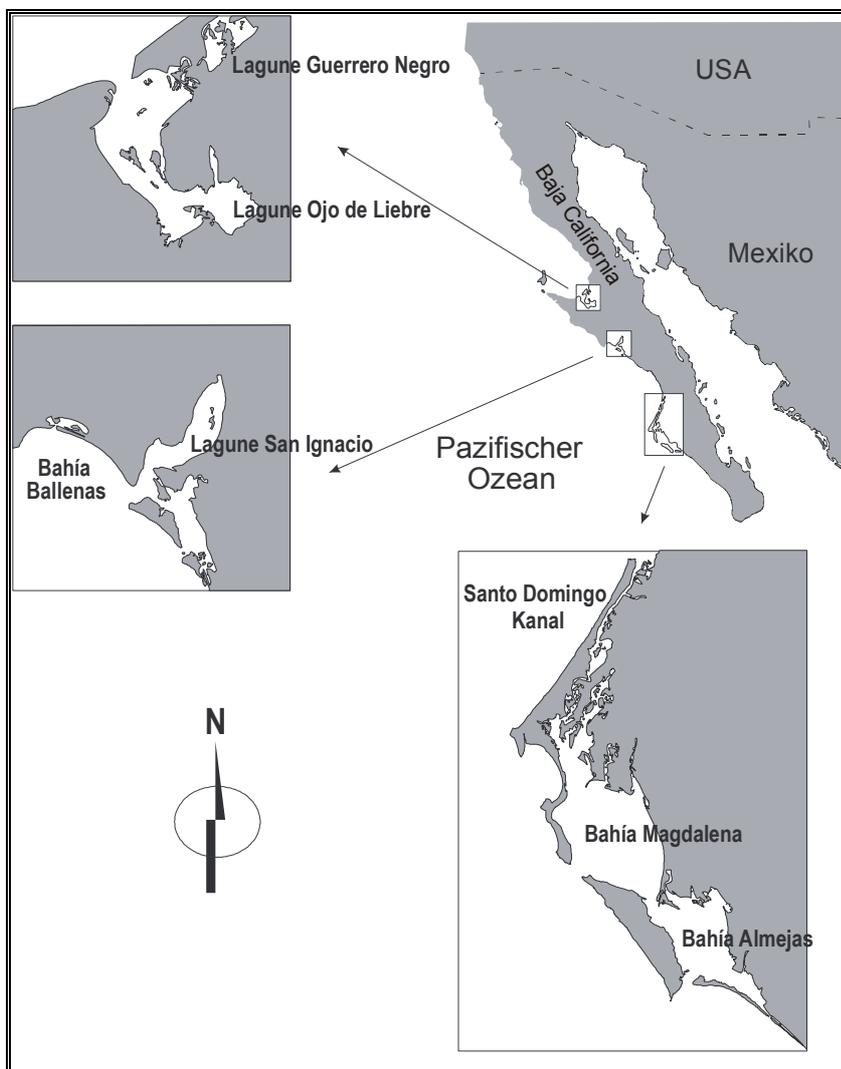


Abb. 2. Übersichtskarte der Region Baja California, Mexiko, mit den wichtigsten Lagunen für die Reproduktion der Grauwale: Guerrero Negro, Ojo de Liebre, San Ignacio und Bahía Magdalena.

Im Jahr 1996 wurde daher wegen des fehlenden Kenntnisstandes des Grauwalbestandes in Lagune San Ignacio seit Anfang der 1980er Jahre ein neues Projekt initiiert (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Es wurde eine ähnliche räumlich-zeitliche Nutzung der Lagune beobachtet, aber die Anzahl der Mutter-Kalb Paare hatte im Vergleich zu 1978-1982 um 40 % abgenommen (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Die Schlußfolgerung war, dass nur eine längerfristige Studie über mögliche signifikante Veränderungen des Vorkommens Aufschluss geben kann. Gleichzeitig wurde festgestellt, dass die Methode der Zählung und Fotoidentifikation nicht ausreicht, um die Frage der Habitatnutzung umfassend zu beantworten. Es war unklar, inwieweit die Wale auch das Gebiet außerhalb der Lagune mitnutzen, worauf erste Beobachtungen von Land aus hinwiesen (Swartz & Jones 1981, Jones & Swartz 1984). Auch die ersten Ergebnisse der Fotoidentifikation ließen eine hohe Fluktuationsrate vermuten, zwei identifizierte Wale wanderten innerhalb einer Saison von einer Lagune zu einer anderen (Jones & Swartz 1984, Jones 1990). Es war offensichtlich, dass ohne Kenntnis von Fluktuationsraten zwischen Lagunen und zwischen dem inneren und außen angrenzenden Bereich eines Reproduktionsgebietes keine genaue Beurteilung dieses Habitats erfolgen konnte. In der ersten telemetrischen Studie von Harvey & Mate (1984) konnten die Wanderungen von drei Mutter-Kalb Paaren verfolgt werden, die das Lagunenareal auch zwischenzeitlich verließen. Aber die Stichprobengröße war gering und die Aufzeichnung von Daten größerer Wanderungen zwischen den Lagunen oder der Migrationsroute war nicht möglich, nur ein Tier konnte mit Hilfe der Peilungen vom Flugzeug aus auf der Migration nach Norden verfolgt werden (Mate & Harvey 1984).

Die Planung der Salzgewinnungsanlage war der Hauptgrund für die Initiierung dieser Studie. Damit sollte eine Beurteilung der möglichen Auswirkungen dieses Eingriffs für die Wale in diesem für sie so wichtigen Habitat erfolgen. Dies erforderte neben dem Gewinn neuester Daten über das saisonale Vorkommen der Tiere auch neue Erkenntnisse über die Wanderbewegungen und Gebietsnutzung, um so besonders wichtige Lagunenareale definieren zu können. Gleichzeitig sollten bisher unerforschte Aspekte wie das Tauchverhalten der Grauwale in ihren Wintergründen mit modernen Freilandmethoden erforscht werden.

Zum vollständigen Unterwasserverhalten der Grauwale in ihrem gesamten Winterverbreitungsgebiet gab es bislang keine Untersuchungen. Harvey & Mate (1984) konnten Tauchdauern und Atemfrequenz nur in Reichweite der Antennenstationen anhand der Peilsignale ermitteln. In anderen früheren Studien wurde das Tauchverhalten visuell (Sumich 1983, Würsig et al. 1986) oder aber an einem juvenilen Tier im Aquarium ermittelt (Sumich 2001). Bis heute gibt es nur einen exemplarischen Datensatz des Tauchgangsprofils eines Grauwals, der vor Vancouver Island mit einem Fahrtenschreiber aufgezeichnet wurde (Malcolm & Duffus 2000).

Im Jahr 1997/1998 fand eines der stärksten El Niño Ereignisse statt, seit es systematische Aufzeichnungen über dieses Klimaphänomen gibt (Wolter & Timlin 1998, McPhaden 1999). El Niño Ereignisse können die Abundanz und Verbreitung von verschiedenen Tierarten stark beeinflussen (Arntz & Fahrbach 1991). Der bisher stärkste El Niño im 20. Jahrhundert 1982/83 hatte große Auswirkungen auf die Meeressäugerarten an der peruanischen Küste (Arntz & Fahrbach 1991). Während des El Niño 1982/83 nahm auch die Anzahl der Grauwale in Lagune San Ignacio im Vergleich zu 1978-1982 um 50 % ab. Es galt also zusätzlich zu untersuchen, inwieweit sich der El Niño 1997/1998 und die darauf folgende La Niña 1998 /1999 auf das Vorkommen der Grauwale in der Lagune San Ignacio auswirkten.

## 1.1 Ziele der Studie

Um die potentiellen Auswirkungen von Industrieansiedlungen im Aufzuchtgebiet der Grauwale jetzt und in Zukunft besser einschätzen zu können, sollten Tauchverhalten, Wanderungen und Habitatnutzung der Grauwale näher untersucht werden. Dabei lag der Fokus bei den Mutter-Kalb Paaren, da diese als besonders sensibel gegenüber möglichen Veränderungen ihres Aufzuchtgebietes einzuschätzen sind (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Insgesamt wurde ein umfassender Fragenkomplex bearbeitet, um eine möglichst genaue Aussage zum Status des Teilbestandes der saisonal in Lagune San Ignacio vorkommenden Grauwale im Hinblick auf zukünftiges Management und Schutz der Art in diesem wichtigen Reproduktionsgebiet liefern zu können. Es galt einzuschätzen, ob auch die an das Lagunengebiet angrenzenden Ozeanbereiche (z.B. Bahía Ballenas) neben der Fortpflanzung auch als Teil des Aufzuchtgebietes wichtig sind. Folgende Fragestellungen wurden untersucht:

### *Tauchverhalten*

Es sollte anhand der Aufzeichnung von Tauchform, Tauchdauer, Tauchtiefe und Respirationparametern mit modernen Fahrtenschreibern erstmals herausgefunden werden, wie das charakteristische Unterwasserverhalten von Muttertieren mit Kälbern in einem Reproduktionsgebiet aussieht und wie die Tiere das Tiefenprofil der Lagune nutzen. Es galt weiterhin, Tauch- und Atemparameter miteinander zu vergleichen. Die mit den Fahrtenschreibern aufgezeichneten Daten sollten mit Ergebnissen früherer, visueller Studien verglichen werden, einschließlich der Daten aus Migrations- und Nahrungsgebieten. Anhand der beobachteten Tauchgangsarten und der Tauchlage sollte bestimmt werden, ob es auffällige Verhaltensweisen gibt, die auf spezielle Anpassungen der Mut-

---

tertiere während der energieaufwendigen Kälberaufzucht hinweisen und sich von dem Verhalten auf der Migrationsroute und den Sommergründen unterscheiden. Beobachtete Verhaltensmuster sollten mit den gleichzeitig aufgenommen Tauchparametern verglichen werden, um so die Eigenschaften des jeweiligen Verhaltens feststellen zu können.

### *Wanderungen*

Mit Hilfe der Radiotelemetrie sollte festgestellt werden, wie Muttertiere mit Kälbern die Lagune nutzen, ob die Wale häufig das Areal verlassen und welche Vorteile dies möglicherweise für sie hat. Es galt die für die Mutter-Kalb Paare besonders wichtigen Zonen zu ermitteln und mit Ergebnissen von Zählungen zu vergleichen. Es sollte untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Wanderbewegung der Tiere und abiotischen Faktoren wie z.B. Tagesrhythmik und Gezeitenstrom gibt.

Mit Hilfe der Satellitentelemetrie sollten größerskalige Wanderungen erfasst werden und ermittelt werden, inwieweit Individuen zwischen einzelnen Lagunen des mexikanischen Reproduktionsareals hin- und herwandern und wie die Wanderroute in die arktischen Nahrungsgebiete verläuft.

### *Habitatnutzung*

Es galt mit Hilfe der Fotoidentifikation festzustellen, wie lange sich einzelne Wale im Lagunengebiet aufhalten, und ob sie in aufeinander folgenden Jahren zurückkehren. Damit sollte auch das Geburtenintervall von Grauwalkühen ermittelt werden, um dies mit früheren Ergebnissen zu vergleichen. Es sollte untersucht werden, ob sich das saisonale Vorkommen der Grauwale in den fünf Jahren der Studie (1996-2000) veränderte. Dieser Datensatz sollte mit den Ergebnissen von Jones & Swartz (1984) aus den Jahren 1978-1982 verglichen werden. Gleichzeitig sollte die Mortalität in der Lagune erfasst werden. Mit den Ergebnissen zum Vorkommen, der Mortalität und des Geburtenintervalls sollte eine Aussage zum Trend der Teilpopulation in diesem Reproduktionsgebiet ermöglicht werden.

Aus aktuellem Anlass sollte ermittelt werden, ob sich der El Niño 1997/1998 und die darauf folgende La Niña 1998/1999 auf das Vorkommen, die Habitatnutzung und wichtige Populationsparameter wie Mortalität und Geburtenintervall der Grauwale auswirkte.



## 2 Untersuchungsgebiet

Die Lagune San Ignacio befindet sich an der Pazifikküste der Baja California zwischen  $26^{\circ} 42'$  und  $27^{\circ} 00'$  N und  $113^{\circ} 7'$  und  $113^{\circ} 18'$  W (Abb. 3). Sie bildet die südliche Grenze der Vizcaíno Halbwüste und liegt innerhalb des Biosphärenreservates „El Vizcaíno“. Das Klima ist arid, mit einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 56 mm (Bostic 1975). Der kontinuierliche und zum Teil stürmische Wind kommt in den Vormittagsstunden überwiegend aus nordöstlicher Richtung, flaut dann über die Mittagszeit ab und weht in den Nachmittagsstunden hauptsächlich aus südwestlicher Richtung. Die Lagune ist ein typisches antiestuarines System, außer der Mündung besitzt sie kein Abflusssystem und hat keinen Frischwassereintrag aus Flüssen (Bostic 1975).

Das Gebiet der Lagune umfaßt eine Fläche von  $152 \text{ km}^2$  (Abb. 3), ungefähr  $87 \text{ km}^2$  davon sind tiefer als 2 m und damit für die Wale zugänglich (Jones & Swartz 1984). Die Lagune ist 32 km lang und zwischen 1,8 und 6,5 km breit. Sie besteht aus großen, gezeitenbedingten Flachwasserbereichen und schmalen, relativ tiefen Kanälen. Die halbtägigen Gezeiten erzeugen einen turbulenten Tidenstrom mit einem Gezeitenunterschied von 0,9 bis 2,4 m (Swartz & Jones 1981). Aufgrund der bathymetrischen und sedimentologischen Beschaffenheit lässt sich die Lagune in fünf Abschnitte einteilen: Mündungsgebiet, östlicher Kanal, untere, mittlere und obere Lagune (Swartz & Jones 1981) (Abb. 3). Die Messungen der Tiefenprofile, aus denen die im Folgenden angegebenen Wassertiefen stammen, wurden von Jones & Swartz (1984) und Ludwig (1996) durchgeführt.

Der 3,8 km breite Mündungsbereich wird aus einer großen Flachwasserschwelle und einem bis zu 16,8 m tiefen und 1 km breiten Eingangskanal gebildet. Dieser Kanal verläuft in nördlicher Richtung parallel zur Isla Ana, welche die inneren Lagunenabschnitte vor dem offenen Ozean schützt (Dedina & Young 1994) (vgl. Abb. 3). Im weiteren Verlauf teilt sich der Eingangskanal in zwei Ausläufer. Im Osten tritt er in den östlichen Kanal über, der eine Breite von 0,5 km und eine maximale Tiefe von 9,1 m hat.

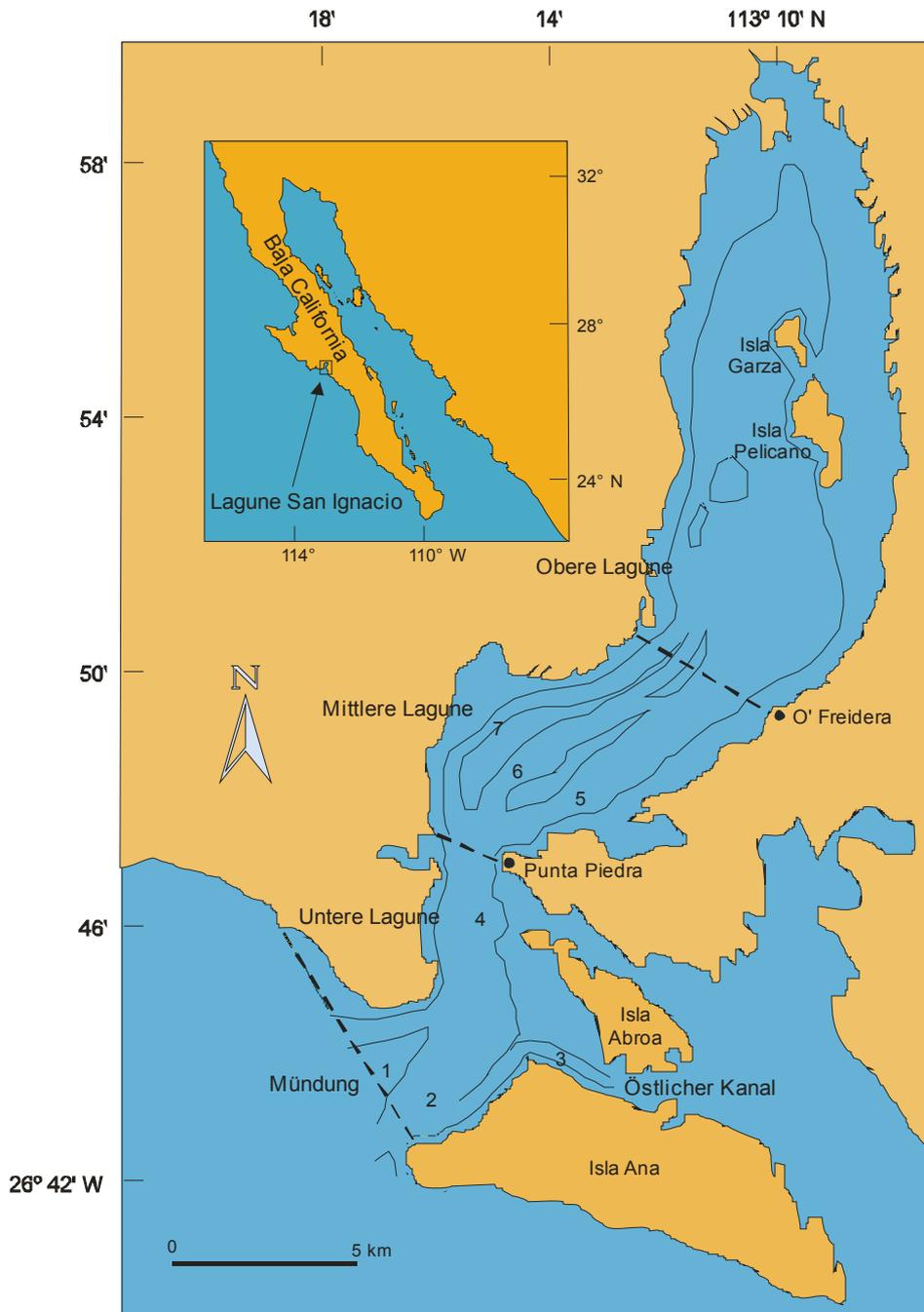


Abb. 3. Lagune San Ignacio. Die Linien in den Wasserbereichen stellen die 2 m Tiefenlinie dar, die Zahlen stehen für 1 = Flachwasserzone der Mündung, 2 = Haupteingangskanal, 3 = Östlicher Kanal, 4 = Hauptkanal der unteren Lagune, 5-7 = Kanäle der mittleren Lagune (nach Ludwig 1996).

Der Hauptkanal der unteren Lagune zieht sich mit einer maximalen Tiefe von 25,9 m durch die gesamte untere Lagune, die eine Fläche von 24,3 km<sup>2</sup> umfasst (Ludwig 1996). Seine Breite variiert von 3 km in der Nähe des Mündungsbereichs bis 1,8 km bei Punta Piedra. Hier befindet sich die engste Stelle der Lagune (Jones & Swartz 1984).

---

Die mittlere Lagune mit einer Fläche von 27,2 km<sup>2</sup> (Ludwig 1996) ist charakterisiert durch drei zwischen 7,6 m und 21,3 m tiefe Kanäle, die sich überwiegend parallel zueinander bis westlich von O'Freidera erstrecken (Abb. 3).

Die obere Lagune ist mit einer Fläche von 46,3 km<sup>2</sup> am größten (Ludwig 1996). Sie besitzt keine besonderen Kanäle, die mittlere Tiefe beträgt hier 4,6 m. Umgeben von ausgedehnten Flachwasserzonen befinden sich in der Mitte der oberen Lagune die beiden Inseln Isla Pelicano und Isla Garza (Abb. 3).

Die Lagune und angrenzende Gebiete sind ein wichtiges Refugium für viele marine und terrestrische Tiere und Pflanzen (Dedina & Young 1994, Dedina 2000). Darunter befinden sich einige gefährdete oder geschützte Tierarten wie z.B. die schwarze Meeresschildkröte (*Chelonia agassizi*) oder der nordamerikanische Gabelbock (*Antilocarpa americana peninsularis*) (Dedina 2000). Die vereinzelt an den Ufern vorkommenden Mangrovingemeinschaften bestehen überwiegend aus Roter Mangrove (*Rhizophora mangle*) (Dedina 2000). Sie bilden, zusammen mit den großen Flachwasserbereichen, Habitate für zahlreiche Küsten- und Wasservögel (Massey & Palacios 1994). Aus der Gruppe der marinen Säugetiere kommen neben den Grauwalen unter anderem der Große Tümmler (*Tursiops truncatus*), der kalifornische Seelöwe (*Zalophus californianus*) und der Seehund (*Phoca vitulina*) in der Lagune vor (Dedina & Young 1994, Dedina 2000).

Die Lagune San Ignacio ist Teil des 25.468 km<sup>2</sup> großen Biosphärenreservats „El Vizcaino“, zu dem auch die größte Lagune Ojo de Liebre und die Lagune Guerrero Negro gehören (INE 2000) (siehe Abb. 2). Dort sind menschliche Aktivitäten und industrielle Entwicklung nur mit entsprechender Genehmigung erlaubt, abhängig von der möglichen Beeinflussung der Flora und Fauna und des gesamten Ökosystems (Diario Oficial 1988, INE 2000).

Die Lagune ist ein sehr dynamisches System mit hohem Nährstoffeintrag. Hier ist kommerzieller Fischfang in begrenztem Umfang erlaubt, es gibt vier Fischereikooperativen, die sich überwiegend auf den Muschelfang spezialisiert haben (Dedina 2000). Die Fischereiaktivität innerhalb der Lagune ist während der Aufenthaltszeit der Grauwale von Januar bis April verboten (Dedina 2000, INE 2000). Die Lagune San Ignacio stellt ein beliebtes Ziel für den Whalewatching Tourismus dar. Es gibt insgesamt sieben lizenzierte Bootsbetreiber für Whalewatching für die ca. zweistündigen Ausfahrten, die von den Touristencamps der Lagune aus mit 7 m langen Glasfaserbooten, so genannten „Pangas“, durchgeführt werden (Dedina 2000). Die Anzahl der gleichzeitig in der La-

gune operierenden Touristenpangas ist gesetzlich festgelegt und auf 15 begrenzt, auch die Beobachtungszeit pro Wal ist auf 30 min beschränkt (INE 2000).

Nach Jones et al. (1994) waren die Fischereiaktivitäten von 1977 bis 1982 eine potentiell größere Störung für die Grauwale als der Tourismus, sie konnten keinen deutlichen Einfluss des Tourismus auf die Verbreitung der Wale feststellen. Dennoch wurde zur Kenntnis genommen, dass ein Überhandnehmen der Whale-Watching Aktivitäten die Wale nachhaltig beeinträchtigen könnte. Gesetzliche Bestimmungen wurden verstärkt (siehe oben, INE 2000). In neueren Studien konnten kurzfristige Beeinträchtigungen des Verhaltens der Tiere durch Touristenboote aufgezeigt werden (Reussmann 1999, Urbán R. & Gómez-Gallardo U. 2000), länger andauernde, nachhaltige Effekte wurden nicht festgestellt.

## 2.1 Geplanter Bau einer Salzgewinnungsanlage

Die Firma Exportadora de Sal (ESSA, Guerrero Negro, B.C.S. Mexiko) begann im Jahr 1994 mit der konkreten Planung des Baus einer 522 km<sup>2</sup> großen Salzgewinnungsanlage an den nordwestlich gelegenen Ufern der Lagune San Ignacio (Abb. 4) (ESSA 1997). Die ESSA, die zu 51 % Eigentum der mexikanischen Regierung und zu 49 % der Mitsubishi Corporation (Japan) gehört, produziert bereits seit 1954 in dem Gebiet um die Lagune Ojo de Liebre jährlich 6,5 Millionen Tonnen Salz. Die in Lagune San Ignacio geplante Anlage sollte jährlich 7 Millionen Tonnen fördern.

Durch den Bau der Anlage, der notwendigen Straßen und der Wohn- und Arbeitseinrichtungen wären 212 km<sup>2</sup> direkt und 1.500 km<sup>2</sup> indirekt im Gebiet der Lagune und angrenzenden Flächen beeinflusst (Dedina & Young 1994).

Nach Plänen der ESSA sollten alle Büro- und Wohneinrichtungen in Punta Abreojos entstehen. Zwischen Punta Abreojos und Estero El Coyote sollten die Verladestationen und ein 2,3 km langer Pier gebaut werden, an dem große Containerschiffe anlegen sollten.

Zwei Salzwasserpumpen am nördlichsten Ende der Lagune und gegenüber der Insel Pelicanos gelegen, sollten die Verdunstungs- und Salzkonzentrationsflächen mit bis zu 30.000 Liter Lagunenwasser pro Sekunde versorgen.

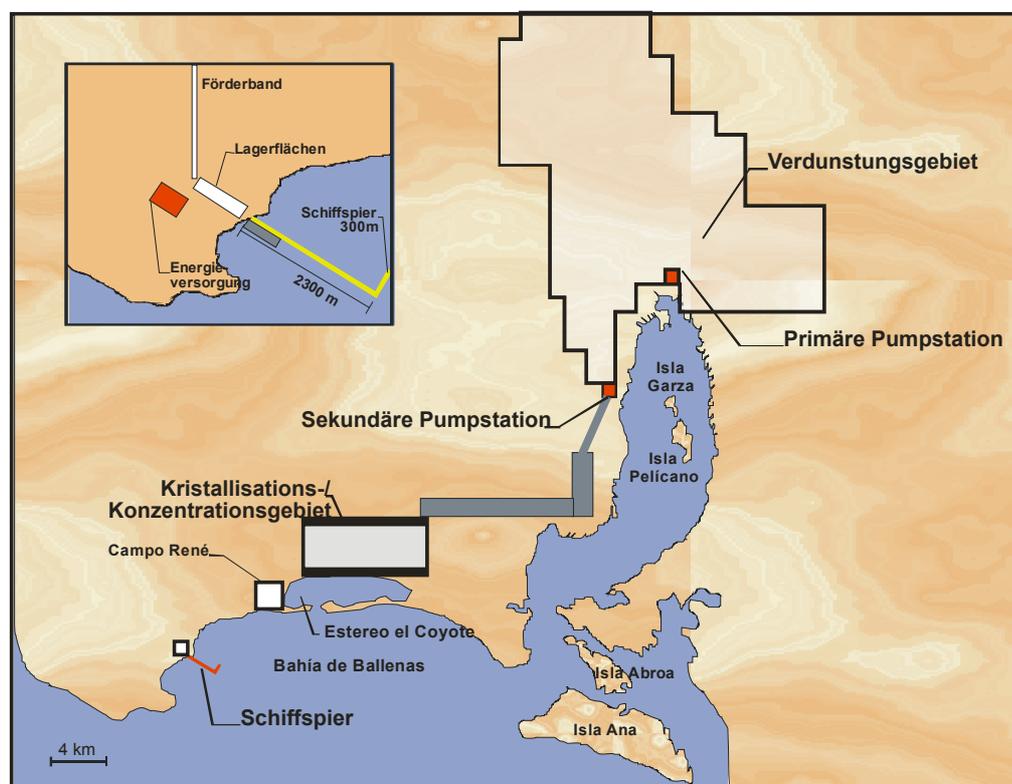


Abb. 4. Geplante Salzgewinnungsanlage der Firma Exportadora de Sal (ESSA) in Lagune San Ignacio (nach einer Karte der ESSA 1997).

Bis 1999 war unklar, ob und inwieweit das geplante Projekt eine Gefährdung für das Ökosystem der Lagune San Ignacio darstellt (Dedina 2000). Nach Aussage des Präsidenten des Instituto Nacional de Ecología (INE), Gabriel Quadri de la Torre, würden bis zu 14 Pflanzen- und 72 Tierarten beeinflusst werden (Quadri de la Torre 1994, zitiert in Dedina & Young 1994). Die industrielle Entwicklung und der Schiffsverkehr könnten nicht nur die Grauwale, sondern auch andere zum Teil geschützte oder bedrohte Tierarten beeinträchtigen.

Die ESSA stellte ab 1995 Forschungsgelder für Wissenschaftler mexikanischer und ausländischer Institutionen (z.B. Universidad Autónoma de B.C.S., La Paz, Mexiko; SCRIPPS Institution of Oceanography, La Jolla, USA) zur Verfügung, um den möglichen negativen Einfluss auf Grauwale und andere Tiere und Pflanzen zu prüfen und die eventuellen Änderungen der ozeanografischen Verhältnisse einzuschätzen. Gleichzeitig lieferten auch andere Kooperationsprojekte wie das Grauwalprojekt der Volkswagen-Stiftung, Hannover, zwischen der Universidad Autónoma de B.C.S., La Paz, und dem Institut für Meereskunde, Kiel, einen wichtigen Beitrag zur Klärung der offenen Fragen.



## 3 Material und Methoden

### 3.1 Tauchverhalten

#### *Fahrtenschreiber*

Im Zeitraum vom 6. bis zum 27. März 1999, und vom 25. Februar bis zum 13. März 2001 wurden Grauwalmütter mit Kalb mit mehrkanaligen Datenloggern (Multi-Sensor-VHF tags<sup>©</sup>, HABIT Research, Victoria, BC, V9A 3S2, Kanada) (Abb. 5) besendert. Diese Datenlogger, im Folgenden auch als Fahrtenschreiber (siehe 3.8 Definitionen, Seite 43) bezeichnet, hatten eine Speicherkapazität von 512 Kilobyte. In der Sendereinheit waren folgende Sensoren integriert:

- Drucksensor
- Lagesensor
- Temperatursensor
- Lichtsensor
- Salzwassersensor

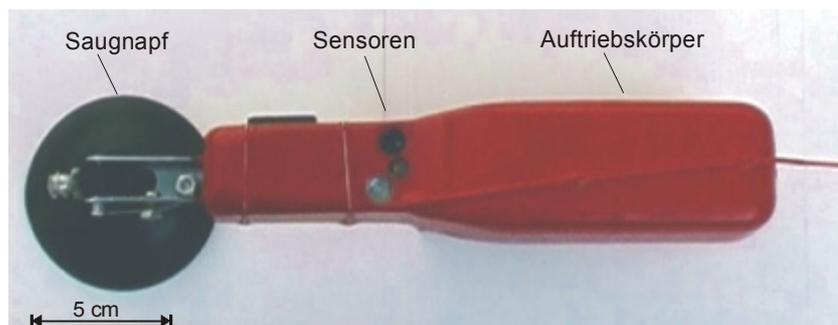


Abb. 5. Mehrkanaliger Datenlogger (MST-VHF<sup>©</sup>) kombiniert mit Kurzwellen-Radiotransmitter (Länge 21 cm), Antenne (nicht vollständig abgebildet) und Saugnapf zur Befestigung.

Die Genauigkeit der Drucksensoren (Piezo-Sensortyp) wurde vorher getestet, indem die Datenlogger in einer Druckkammer definierten Umgebungsdrücken ausgesetzt wurden (bis zu 20 bar, Herstellerangabe von HABIT Research). In Abb. 6 sind die Korrelationsfunktionen der verwendeten Fahrtenschreiber für das Tiefenintervall des

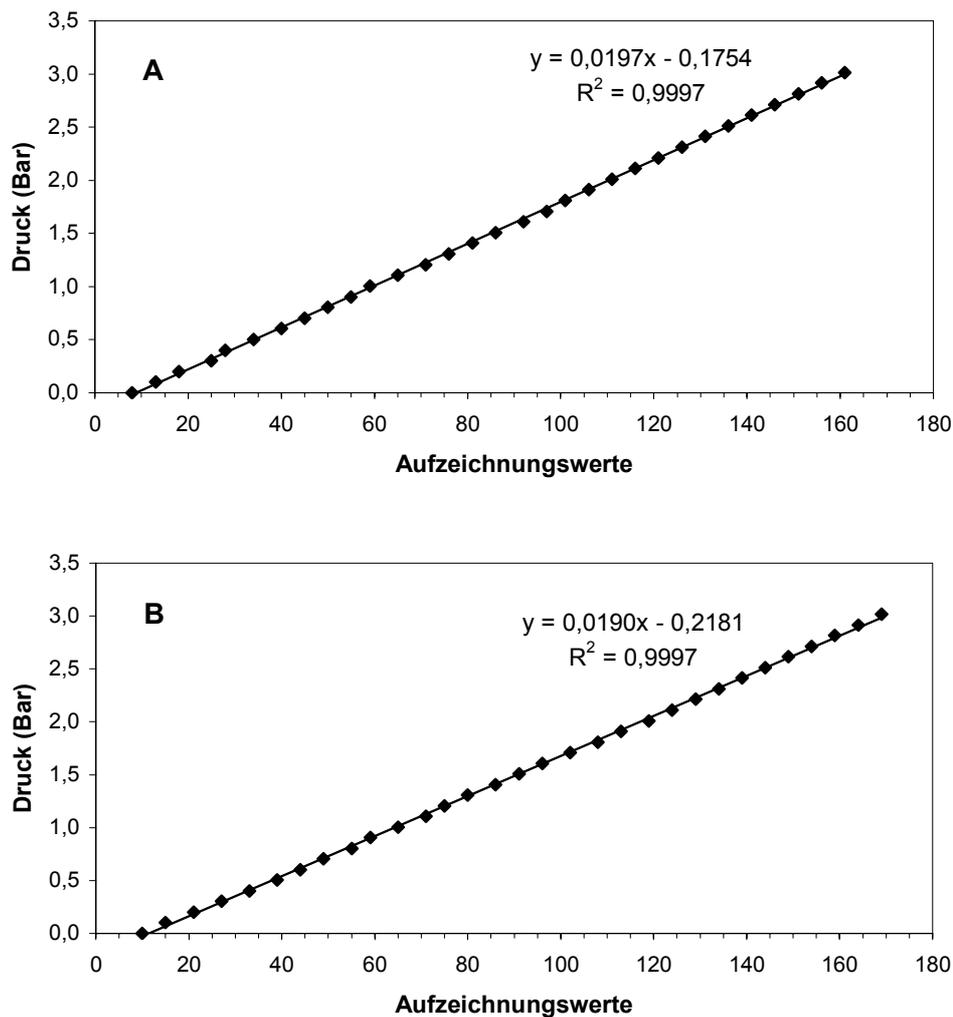


Abb. 6. Kalibrationskurven des Drucksensors für die verwendeten Fahrtenschreiber 1 (A) und 2 (B), mit dazugehörigen Gleichungen und Bestimmtheitsgrad der Korrelation. Das Intervall (0-3 bar) entspricht der Wassertiefe des Untersuchungsgebiets.

Untersuchungsgebiets (0-30 m) dargestellt. Die Aufzeichnungen der Logger in numerischen Einheiten korrelierten linear im gesamten Messbereich mit den vorher definierten Drücken. Die Drucksensoren hatten eine Messgenauigkeit von 0,1 % innerhalb des Gesamtmeßbereichs von 20 bar.

Die Lagesensoren maßen mit 4 % Genauigkeit die Lage des Wals innerhalb des Bereichs von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ , und registrierten zusätzlich Rückenlageereignisse durch Angabe eines festen numerischen Wertes (Abb. 7). Innerhalb des Bereichs von  $0^\circ$  bis  $180^\circ$  wurden Winkel von  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  und von  $135^\circ$  bis  $180^\circ$  als Seitenlagen definiert (siehe Abb. 7). Bei einer seitlichen Neigung des Wals über die rechte Körperseite wurden Rücken-

lageereignisse vom Datenlogger mit positivem Vorzeichen aufgezeichnet, bei Neigung über die linke Seite mit negativem Vorzeichen. Daher konnten Rückenlageereignisse mit Neigung über linke oder rechte Körperseite unterschieden werden (Abb. 7). Die Position des Datenloggers am Wal wurde zusätzlich mit einer digitalen Videokamera (Panasonic NV-DX 100 EN) festgehalten, um Fehlerkorrekturen des Befestigungswinkels für die Auswertung zu ermöglichen.

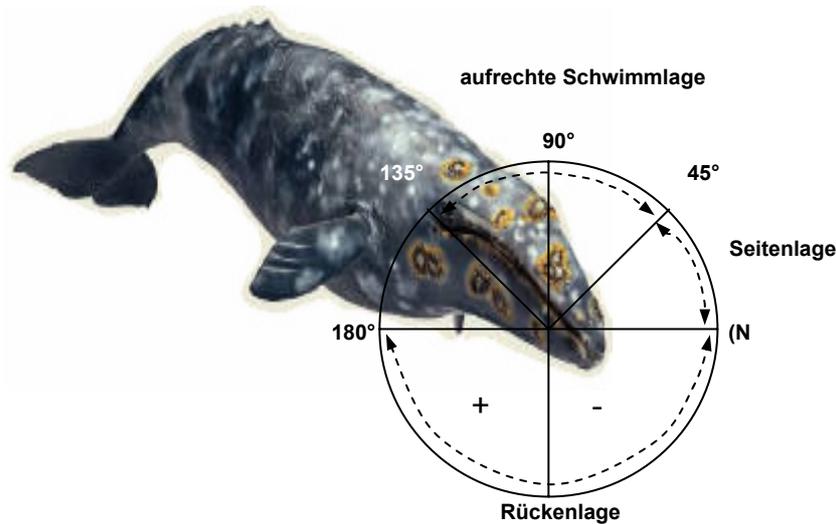


Abb. 7. Schematische Darstellung der Funktionsweise des Lagesensors (dreidimensionale Ansicht des Wals von vorn). Winkel von  $0^{\circ}$ - $180^{\circ}$  werden als exakte Werte registriert, im Bereich von  $181^{\circ}$ - $359^{\circ}$  als Ereignis „Rückenlage“ ohne Angabe eines genauen Winkels. Dabei werden die Daten bei Neigung des Wals über die linke Körperseite mit negativem Vorzeichen versehen, über die rechte Körperseite mit positivem Vorzeichen. Die  $90^{\circ}$  Position stellt die senkrechte Schwimmelage des Wals dar, der gesamte Winkelbereich von  $45^{\circ}$  bis  $135^{\circ}$  bezeichnet die aufrechte Schwimmelage. Die Winkel von  $0^{\circ}$  bis  $45^{\circ}$  und von  $135^{\circ}$  bis  $180^{\circ}$  sind Seitenlagen.

Die Wassertemperatur wurde mit einer Messgenauigkeit von  $0,1^{\circ}\text{C}$  aufgezeichnet (HABIT Research 1999).

Die Lichtsensoren wurden nur als zusätzliche Kontrollsensoren eingesetzt, um Auf- und Abtauchphasen zu erkennen. Sie dienen nicht der exakten Lichtmessung und waren auf keine Referenzwerte (z.B. Lichtintensität in Lux) geeicht.

Die Salzwassersensoren maßen mit 2 % Genauigkeit den Salzgehalt innerhalb des Gesamtmessbereichs von 0 – 40 ‰ (HABIT Research 1999). Beim Auftauchen der Wale wurde durch diese Salzwasserschalter die Signal- und Datenübertragung ausgelöst.

In die Fahrtenschreiber waren Kurzwellen-Radiotransmitter (Advanced Telemetry Systems, Inc., 470 1<sup>st</sup> Ave, Isanti, MN 55040, USA) mit Frequenzen im 148 MHz Bereich integriert. Dadurch konnten die Auftauchphasen und Positionen der Tiere bestimmt werden. Die Kurzwellensender hatten eine Taktrate von 2 VHF-Signalen pro Sekunde (VHF = very high frequency).

Die Datenlogger hatten positiven Auftrieb durch einen integrierten Schwimmkörper, so dass sie geborgen und wieder verwendet werden konnten. Die gesamte Sendeeinheit hatte ein Gewicht von 300 g und die Abmessungen von 21 x 4,5 x 4,5 cm (Abb. 5). Der Schwimmkörper innerhalb einer Sendeeinheit war 14 cm lang. Durch die Gewichtsverteilung der Sensoren, des Radiotransmitters und der Batterien auf eine Seite des Fahrtenschreibers und des Schwimmkörpers auf die entgegengesetzte wurde eine senkrechte Schwimmposition im Wasser nach Ablösung des Gerätes vom Wal gewährleistet. Dadurch zeigte die 37 cm lange Antenne des Radiotransmitters senkrecht aus dem Wasser und ermöglichte eine maximale Signalübertragung.

An den Fahrtenschreibern war ein Befestigungsmechanismus mit einem flexibel beweglichen Saugnapf montiert, um die Sendeeinheit am Wal zu fixieren (Abb. 5). Der Saugnapf aus Gummi hatte einen Durchmesser von 8,5 cm. Über einer kleinen Perforierung des Saugnapfes war eine Magnesiumkappe befestigt, durch deren Wandstärke die spezifische Befestigungszeit am Tier gesteuert wurde. Bei Kontakt der Magnesiumkappe mit Salzwasser begann diese sich durch die Bildung eines galvanischen Elementes mit dem anliegenden Metallgewinde aufzulösen. Bei vollständiger Auflösung der Magnesiumkappe wurde durch das Eindringen von Luft über die Perforierung des Saugnapfes das Vakuum aufgehoben, und der Datenlogger löste sich vom Tier. Die Auflösengeschwindigkeit des Magnesiums hing dabei auch von der Wassertemperatur und der relativen Geschwindigkeit des Wals im Wasser ab. Für die Befestigung der Sender wurden Zeitintervalle von 4 Stunden gewählt, um die Rückgewinnung der Fahrtenschreiber zu gewährleisten.

Die Daten wurden 1999 alle 6 s aufgezeichnet (Logger Nr. 1) und 2001 alle 4 bzw. 5 s (Logger Nr. 2). Für die Auswertung der Daten konnten die Unterschiede der Taktrate vernachlässigt werden, da sie im Verhältnis zur Größenordnung der zu bestimmenden Parameter wie z.B. Tauchdauer und Bodenzeit vernachlässigbar gering sind (siehe auch (Boyd 1993, Wilson et al. 1995)).

### ***Besenderungstechnik***

Die Befestigung der Datenlogger wurde von einem 7 m langen, offenen Glasfaserboot mit einem 55 PS starken Außenbordmotor aus durchgeführt. Wenn Grauwale mit einem Kalb gesichtet wurden, erfolgte eine sehr langsame Annäherung mit dem Boot in Schwimmrichtung des Mutter-Kalb Paares. Vom Bug des Bootes aus erfolgte dann bei Auftauchen des Muttertieres in paralleler Lage zur Längsseite des Bootes der Besenderungsversuch.

Ein 5 m langer Aluminiumstab mit speziellem Adapter für die Sendeeinheit wurde für die Anbringung des Loggers benutzt (Abb. 8). Dabei wurde der Saugnapf des Fahrtenschreibers im Bereich von 1 bis 2 m mittig dorsal hinter dem Blasloch des Wals befestigt. Dadurch war bei den meisten Auftauchphasen die Senderantenne über Wasser, und die Kurzwellensignale konnten geortet werden. Um eine bessere Haftung des Senders am Wal zu erhalten, wurde die Innenseite des Saugnapfes mit Silikonfett beschichtet.

Für die Besenderungsversuche waren bestimmte Voraussetzungen notwendig, wie relativ ruhige See (Beaufort 0-1), günstige Lichtverhältnisse und relativ langsam schwimmende Grauwale. Wenn möglich, wurde die Besenderung an so genannten „freundlichen“ Walen versucht, die sich dem Boot annäherten. Die Besenderungsversuche wurden mit Hilfe einer digitalen Kamera aufgezeichnet.

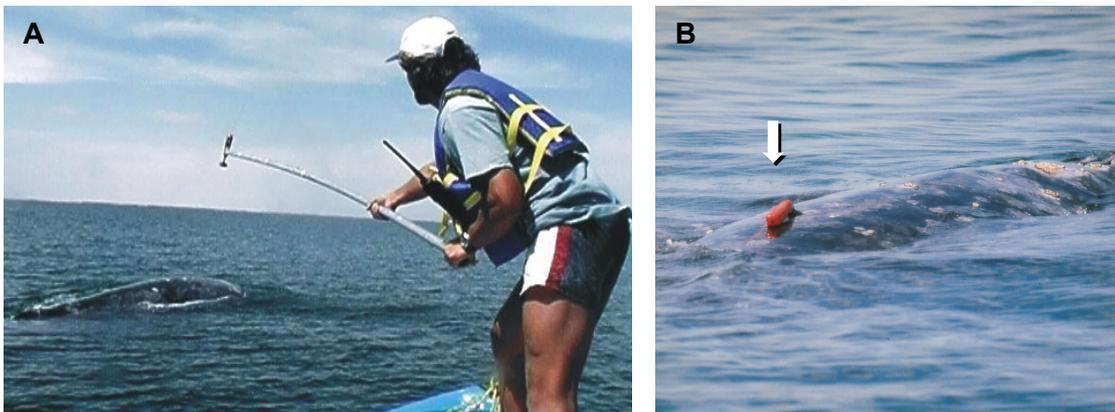


Abb. 8. Besenderung mit einem Fahrtenschreiber. Die Sendeeinheit mit Saugnapfvorrichtung befindet sich an einem Adapter am Ende des 5 m langen Aluminiumrohres (A). Der Sender wird mittig dorsal 1-2 m hinter dem Blasloch des Wals befestigt (B).

### ***Allgemeine Aufzeichnungen***

Vor, während und nach einer Besenderung wurde das individuelle Verhalten des Wals beobachtet. Als Hilfsmittel für die Beobachtung und Dokumentation wurden eine Digitalkamera Panasonic NV-DX 100, eine Fotokamera Nikon F-601, ein GPS-Gerät Magellan Pioneer II und ein Peilfernglas Bynolyt Seeranger II (Vergrößerung 7x50, mit Peilkompass) eingesetzt.

Nach einer erfolgreichen Besenderung wurde das Mutter-Kalb Paar mit Hilfe der VHF-Signale des Radiotransmitters und durch visuelle Beobachtung verfolgt, bis der Fahrtenschreiber sich vom Tier löste und geborgen werden konnte. Eine 4-Elemente-Yagi-Antenne (Advanced Telemetry Systems Inc., Isanti, MN 55040, USA) war auf dem Boot montiert. Die VHF-Signale wurden mit einem Fieldmaster 16-Empfänger (Advanced Telemetry Systems Inc.) registriert.

Während und nach einer Besenderung wurden Ort, Zeit und Position der Besenderung, Distanz und Geschwindigkeit des Bootes, Position des Senders am Tier, Reaktion des Muttertiers auf die Besenderung, geschätztes Alter des Kalbs, besondere individuelle Merkmale (Pigmentierung, Kratzspuren, Seepockenkolonien; siehe 3.6 Fotoidentifikation) und Wetterverhältnisse aufgezeichnet (Besendungsprotokoll siehe Anhang I). Fortlaufend wurden bis zum Ablösen des Fahrtenschreibers das Verhalten, die Präsenz von anderen Walen und Booten in der Nähe, und die Wetterverhältnisse notiert.

### ***Verhalten***

In der Lagune wurden zwei eindeutig unterschiedliche Verhaltensweisen näher untersucht, die bei Muttertieren mit Kälbern zu beobachten sind (vgl. Jones & Swartz 1984):

*Ruhen:* Keine oder nur geringe, ungerichtete Bewegung. Mutter und Kalb bleiben annähernd am selben Standort.

*Wandern:* Deutliche, gerichtete Bewegung. Mutter und Kalb schwimmen mit relativ gleich bleibender Geschwindigkeit.

Die beobachteten Verhaltensweisen wurden mit den gleichzeitig gewonnenen Tauchdaten der Fahrtenschreiber verglichen.

Die Beobachtung erfolgte aus einer Distanz von mehr als 100 m, um Störungen des Mutter-Kalb Paares durch die direkte Beobachtung während der Datenaufzeichnung mit dem Fahrtenschreiber zu vermeiden (vgl. Kieckhefer 1992). Der Bootsmotor wurde

ausgeschaltet, im Leerlauf belassen, oder wenn erforderlich in der langsamsten Geschwindigkeit betrieben, welches einer geringen Lärmbelastung entspricht (Reussmann 1999). Nach Dahlheim et al. (1984) existiert in der Lagune San Ignacio schon ein biologisch bedingtes Hintergrundrauschen mit einem Schallpegel von 55 bis 70 dB (Angaben zur Lautstärke in dB beziehen sich auf 1  $\mu\text{Pa}$ ). Bei langsam fahrenden Booten wurde in früheren Studien in der Lagune San Ignacio kein Fluchtverhalten, sondern häufig eine Annäherung der Grauwale beobachtet (Dahlheim et al. 1984, Jones & Swartz 1984).

### *Auswertung der Tauchdaten*

Nach der Bergung der Fahrtenschreiber wurden die Daten mit Hilfe eines auf MS-DOS<sup>®</sup> basierenden Programms von HABIT Research (1999) als ASCII-Dateien von den Datenloggern auf einen Computer heruntergeladen. Die Daten konnten dann direkt in das Programm EXCEL<sup>®</sup> (Version 2000) transformiert werden. Die Analyse der Tauchdaten wurde mit dem Programm ANDIVE 8.0 (Jensen Software, Lammertweg 19, D-24235 Laboe) durchgeführt. Dieses Programm bestimmt für jeden einzelnen Tauchgang die Tauchdauer, die Bodenzeit, die Dauer des Abtauchens und Auftauchens, die maximale und minimale Tauchtiefe und deren Amplitude während der Bodenphase des Tauchgangs (Abb. 9).

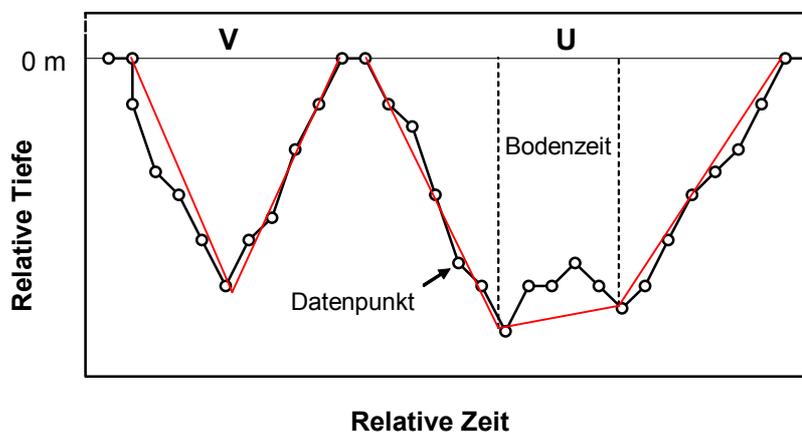


Abb. 9. Schematische Darstellung der zwei verschiedenen Tauchprofile: V- und U-Tauchgänge. Die schwarze Linie kennzeichnet das Tauchprofil mit den einzelnen Datenpunkten, die rote Linie repräsentiert die Klassifizierung des Tauchgangsprofils durch das Programm ANDIVE 8.0. Die Bodenzeit entspricht der Zeit der horizontalen Tauchphase am Boden des Tauchprofils. Die Tiefe bezieht sich auf die Tauchtiefe des Wals, und entspricht nicht zwingend der absoluten Tiefe im Untersuchungsgebiet.

Bei der Auswertung wurden nur Tiefenänderungen berücksichtigt, die größer waren als das Messintervall der Fahrtenschreiber (0,2 m bei Logger 1 und 2). Damit konnten Verfälschungen in der Datenaufzeichnung durch gerätebedingtes Rauschen ausgeschlossen werden. Mit Hilfe des Programms ANDIVE wurden zwei Tauchgangsformen unterschieden, U-Tauchgänge mit Bodenzeit und V-Tauchgänge ohne Bodenzeit (Abb. 9). Die Bodenzeit eines Tauchgangs ist die Dauer am Boden des Tauchprofils (Abb. 9).

Das Tauchmuster von größeren Walarten ist eine Abfolge von Tauchgängen, bei denen in der Regel auf die längeren Tauchphasen ein bis mehrere kürzere, oberflächennahe Tauchgänge mit Atemzügen folgen, bevor der nächste ausgedehnte Tauchgang beginnt (siehe u.a. Leatherwood et al. 1982, Berta & Sumich 1999). Verschiedene Methoden werden verwendet, um die oberflächennahen Atemtauchgänge von den längeren, tieferen Tauchgängen zu unterscheiden, die anderen Funktionen wie beispielsweise der Nahrungssuche oder Wanderung dienen (Hooker & Baird 2001). In dieser Untersuchung wurde primär die Methode der kumulativen Tauchzeit, die in Tauchgängen von unterschiedlicher Dauer verbracht wird, angewandt. Anhand des bimodalen Kurvenverlaufs können lange und kurze Tauchgänge unterschieden werden (Hooker & Baird 1999, Hooker & Baird 2001).

Die kumulative Tauchzeit berechnet sich nach der Formel:

$$\sum T_i = T_i \cdot n_i \quad \text{F 1}$$

wobei

$\sum T_i$  = kumulative Tauchzeit aller mit Geräten ausgerüsteten Wale im Tauchintervall i

$T_i$  = Tauchintervall der Dauer i

$n_i$  = Anzahl der Tauchgänge aller mit Geräten ausgerüsteten Wale im Tauchintervall i.

Diese Tauchgangsklassifizierung zeigt die Gesamtzeit, die in die verschiedenen Intervalle der Tauchdauer investiert wird, und nicht nur die Anzahl der Tauchgänge in verschiedenen Tauchintervallen (Hooker & Baird 2001). Diese Methode ist im Gegensatz zu anderen Techniken objektiv und ermöglicht eine Unterscheidung hinsichtlich der Funktion des Tauchgangs (siehe (Hooker & Baird 2001)).

Die Tauchparameter Tauchdauer, Tauchtiefe und Bodenzeit (siehe 3.8 Definitionen, Seite 43) wurden zwischen den Jahren und zwischen den Individuen verglichen. Weiterhin wurden die Anzahl der Atemzüge pro Oberflächenzeit, Atemfrequenz und Ober-

flächenzeit bestimmt. Die Atemfrequenz wurde, wie z.B. auch in Sumich (1983), Würsig et al. (1986), Dorsey et al. (1989) und Lagerquist et al. (2000) nach der Formel berechnet:

$$f_A = n_A / t \quad \text{F 2}$$

wobei

$f_A$  = Atemfrequenz (Atemzüge · min<sup>-1</sup>)

$n_A$  = Anzahl der Atemzüge im Zeitraum  $t$  (min)

$t$  = Zeitraum der gesamten Beobachtung (Tauch- und Oberflächenzeiten; min).

Der Anteil der Oberflächenzeit an der gesamten Beobachtungszeit (in Prozent) wurde analog zur Methode der Atemfrequenz bestimmt mit:

$$t_o = (\sum t_o / t) \cdot 100 \quad \text{F 3}$$

wobei

$t_o$  = Anteil der Oberflächenzeit an der gesamten Beobachtungszeit (%)

$\sum t_o$  = Summe aller Oberflächenzeiten

$t$  = Zeitraum der gesamten Beobachtung.

## 3.2 Radiotelemetrie

### *Sender*

Um Wanderungen von Muttertieren mit Kälbern im Gebiet der Lagune zu verfolgen, wurden Radiotelemetriesender eingesetzt. Die hier verwendeten Minipeilsender (im Folgenden als MiPs bezeichnet, Reimesch GmbH, Bergisch Gladbach, Deutschland), hatten eine Ausgangsleistung von ca. 10 mW, eine Pulslänge von 12 ms und Pulsraten von 0,7 Hz (Saison 1999) und 0,5 Hz (Saison 2000). Dieser Typ von MiPs wurde schon erfolgreich an Humboldtpinguinen eingesetzt (Culik et al. 1998). Für die Telemetrie von Grauwalen wurden spezielle Sendergehäuse am Institut für Meereskunde (IfM), Kiel, entwickelt. Zwei verschiedene Gehäusetypen mit integriertem MiPs wurden von mir in

Zusammenarbeit mit Prof. Dr. B. Culik (IfM) gebaut. In der Wintersaison 1998 fanden bereits erste Vorversuche mit Prototypen statt.

### *Saison 1999*

Die MiPs für die Saison 1999 waren mit zwei Antennen ausgerüstet. Die Hauptantenne bestand aus gedrehtem, kunststoffummanteltem Nirodraht von ca. 300 mm Länge und 2 mm Durchmesser. Eine zweite Gegenpolantenne aus kunststoffummanteltem, elastischem Stahldraht von 60 mm Länge und 0,75 mm Durchmesser war am Transmitter befestigt. Diese zweite Antenne diente zur Leistungsverstärkung und konnte gleichzeitig optional als Salzwasserschalter verwendet werden. Die Sendefrequenzen der MiPs lagen zwischen 143 und 144 MHz. Die MiPs wurden mit einer Batterie (6 V Lithium, Alexander Technologies Europe, Lebensdauer ca. 40 Tage) verbunden und danach in ein Edelstahlgehäuse eingepasst und mit Epoxydharz eingegossen. Das Edelstahlgehäuse war 70 mm lang und hatte einen Durchmesser von 16 mm. Eine 30 mm lange Pfeilspitze aus Edelstahl mit vier widerhakenbesetzten, veredelten Klingen war am vorderen Ende des Gehäuses aufgeschraubt, um ein leichtes Eindringen des implantierbaren Senders in die Blubberschicht des Wals zu ermöglichen (Abb. 10). Das hintere Ende des Gehäuses war so konstruiert, dass der Sender auf einen Pfeil aufgesteckt werden konnte (Abb. 10). Die Sender hatten ein Gewicht von 60 g.



Abb. 10. Gehäuse und Befestigungsmechanismus des implantierbaren Kurzwellen-Radiotransmitters, der 1999 in der Lagune San Ignacio zur Besenderung von Grauwalen verwendet wurde. Die Konstruktion besteht aus der Verankerungsspitze und dem Sender im Edelstahlgehäuse.

### *Saison 2000*

Der zweite verwendete Sendertyp für die Saison 2000 (Abb. 11) bestand ebenfalls aus baugleichen MiPs mit zwei Antennen und demselben Batterietyp, zusätzlich wurde noch ein „Ein-Aus“ Schalter integriert. Anstatt eines voll implantierbaren Sendergehäuses wurde eine Konstruktion aus einer verankerbaren Pfeilspitze und einem extern verbundenen Sender mit Auftriebskörper entwickelt, um die Anzahl der zu empfangenden

Peilsignale beim Auftauchen der Wale zu erhöhen und um abgelöste Peilsender zurückzugewinnen.

Die Einheit aus MiPs und Batterie wurde 2000 in ein Kunststoffröhrchen von 55 mm Länge und 16 mm Durchmesser eingegossen. Die Hauptantenne war aus bruchsicherem, kunststoffisoliertem Federstahl von 480 mm Länge und 1 mm Durchmesser. Die Sendeeinheit wurde dann in einen stromlinienförmig optimierten Schwimmkörper mit einer Basislänge von 120 mm, einer Maximalbreite von 30 mm und einer Höhe von 75 mm eingepasst. Dieser bestand an der Basis aus einem Vollaluminiumstift, an dessen Enden jeweils die Pfeilspitze für die Verankerung in der Blubberschicht des Wals und der Armbrustpfeil aufgesteckt wurden. Der Aluminiumstift enthielt einen integrierten Bleikiel, so dass eine aufrechte Schwimmelage des Senders immer gewährleistet war. Die Sendeeinheit hatte ein Gewicht von 114 g. Der Auftrieb war so gewählt, dass auch das komplette System mit Pfeilspitze und Armbrustpfeil (Abb. 11) schwimmfähig war. Somit konnten bei Fehlschüssen die Sender immer zurückgewonnen werden.

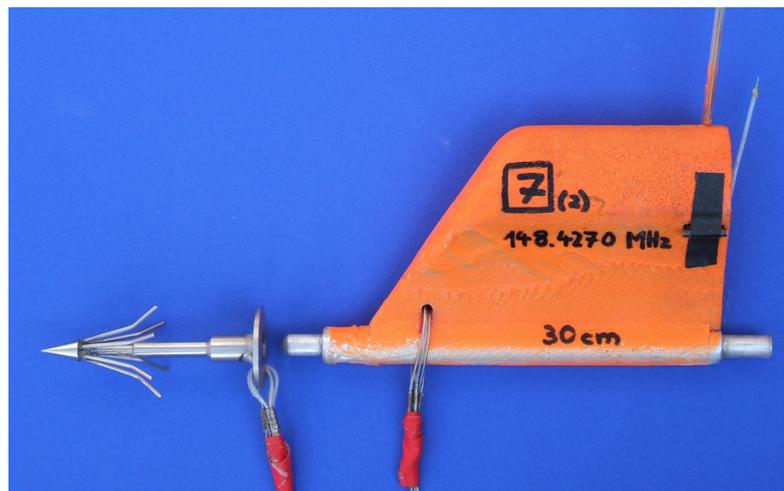


Abb. 11. Gehäuse und Befestigungsmechanismus des Kurzwellen-Radiotransmitters, der 2000 in der Lagune San Ignacio zur Besenderung von Grauwalen verwendet wurde. Die Konstruktion besteht aus der Verankerungsspitze, Stahldraht und der schwimmfähigen Sendereinheit.

Die Sendeeinheit war durch eine extrem reißfeste und flexible, kunststoffbeschichtete Spezialsehne aus Edelstahl (Big Game Steelon<sup>®</sup> Coated Wire, Berkley, USA) mit der Pfeilspitze verbunden. Nach vorangegangenen ersten Erfahrungen bei Besenderungen wurde eine Stahlsehnenlänge von 50 cm gewählt. Die Verbindung aus Edelstahlsehne zwischen Sender und Pfeilspitze wurde aufgrund erster Erfahrungswerte mit zwei wei-

teren Sehnensträngen verstärkt. Zusätzlich wurde an den Verbindungsstellen der Sehne zur Pfeilspitze bzw. zur Sendeeinheit eine Teflonschlauchummantelung angebracht.

### ***Besenderungstechnik***

Beide oben beschriebene Sendertypen wurden mit einer Armbrust (75 kg Zugkraft, Modell Rhino, Barnett International, FL, USA) in der Fettschicht der Wale verankert. Die voll implantierbaren Sender der Saison 1999 wurden ca. 1,5 bis 3 m mittig dorsal hinter dem Blasloch verankert, damit bei nahezu jedem Auftauchen eine Übertragung von Peilsignalen gewährleistet war. Die Gehäuseeinheit mit Verankerungsspitze wurde vor der Besenderung komplett mit alkoholischer Desinfektionslösung sterilisiert. Durch einen Stopper am Gehäuse drang der Sender bis maximal 8 cm in die Fettschicht ein. Bei dem Sendertyp der Saison 2000 wurde jeweils nur die Pfeilspitze 8 cm tief implantiert, die Sendeeinheit war über die Stahlsehne mit der Spitze verbunden. Die Befestigung am Wal erfolgte etwa auf der Höhe des ersten Rückenbuckels (Abb. 12), damit eine längere Signalübertragung, auch bei kurzen Auftauchphasen möglich war. Diese Methodik wurde aufgrund der gesammelten Erfahrungen der Saison 1999 gewählt, in der die Zeit für eine Ortung der besenderten Tiere oft zu kurz war.



Abb. 12. Mit einem Kurzwellentransmitter besenderte Grauwalkuh. Der Peilsender ist für die bestmögliche Signalübertragung auf Höhe des ersten Rückenbuckels befestigt (Pfeil).

Die Besenderung erfolgte von Bord eines 7 m langen, offenen Glasfaserbootes ("Panga") mit einem 55 PS starken Außenbordmotor. Die Annäherung an die Wale wurde mit langsamer Geschwindigkeit durchgeführt, um dann aus einer Entfernung von

4 bis maximal 7 m den Sender zu implantieren. Die Besenderungspfeile konnten aufgrund integrierter Auftriebskörper wieder zurückgewonnen werden. Bei den nicht schwimmfähigen Transmittern der Saison 1999 war die Einheit aus Sender und Pfeil durch eine Sehne an der Armbrust gesichert.

### ***Empfangsanlagen***

Die Sendersignale wurden mit zwei identisch aufgebauten Empfangsanlagen gepeilt. Eine Anlage bestand aus einer gerichteten Empfangsantenne aus je zwei 5-Elemente-Yagi-Antennen (Modell 25 FM, TELEX Communications, Inc., Minneapolis, MN 55420, USA), die auf einem drehbaren, 3,5 m hohen Mast montiert und mit einem "Null-Peak-Combiner" (Telonics, Mesa, 85204 AZ, USA) verbunden waren (Abb. 13). Über einen LNA 145 Vorverstärker (SSB Electronic, Iserlohn, Deutschland) waren die beiden Yagi-Antennen an einen ATS Fieldmaster 16 Empfänger (Advanced Telemetry Systems, Isanti, MN 55040, USA) angeschlossen. Die Stromversorgung erfolgte mit Solarenergie und einer Autobatterie.

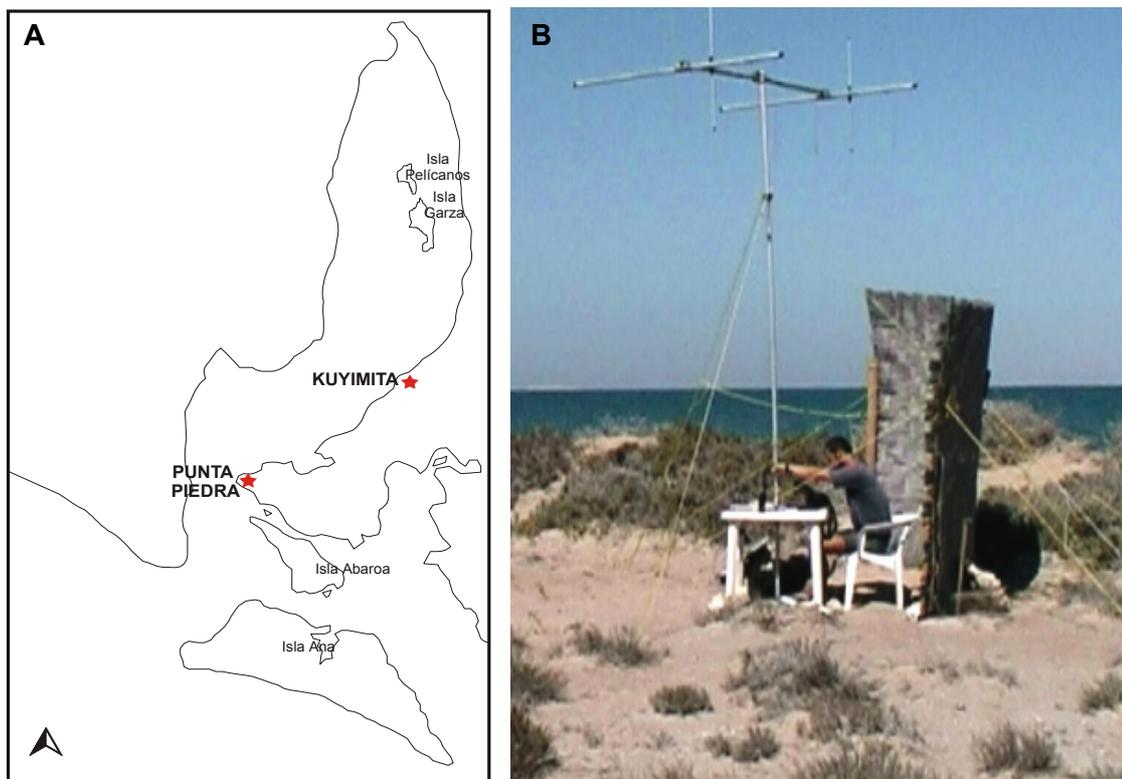


Abb. 13. Position der Antennenstationen Kuyimita und Punta Piedra (A), und Empfangsanlage Kuyimita mit Windschutz (B) in der Lagune San Ignacio, B.C.S.

Die beiden Empfangsstationen wurden im Untersuchungsgebiet so positioniert, dass das gesamte Areal der Lagune nach Norden und Süden abgedeckt werden konnte. Die Antennenstationen "Kuyimita" (113° 10' W, 26° 49' N) und "Punta Piedra" (113° 14' W, 26° 47' N) (Abb. 13) waren 8,7 km voneinander entfernt. Beide Stationen befanden sich auf kleinen Landzungen der relativ flachen Uferlinie, um einen bestmöglichen Empfang zu erzielen.

### *Peilungen*

Die besenderten Wale wurden mit den Empfangsanlagen angepeilt. Die Ausrichtung der Antennen in Grad erfolgte über eine Kompassrose. An beiden Antennenstationen wurden bei jeder Peilung die Uhrzeit, der Winkel und die Wind- und Wellenverhältnisse in Beaufort erfasst. Zusätzlich wurde die relative Signallautstärke (laut hörbar, gut hörbar, kaum hörbar) anhand der Empfindlichkeitseinstellung des Empfängers notiert. Tests zeigten, dass Peilsignale bei guten Wetterbedingungen (Beaufort 0-1) noch in mindestens 15 km Entfernung geortet werden konnten. Bei zunehmendem Wind wurde die Qualität der Peilsignale und die Empfangsreichweite reduziert, dies konnte aber aufgrund der sehr wechselhaften lokalen Windverhältnisse nicht genau quantifiziert werden. Signale in der Lagune konnten aber trotz schlechterer Wetterverhältnisse empfangen werden. Wenn möglich wurde bei der Peilung die Anzahl der Signale während der Auftauchphase des Wals registriert. Die Tauchzeit wurde dabei als die Zeit zwischen dem letzten Signal des vorhergehenden und dem ersten Signal des darauf folgenden Auftauchens definiert. Gepeilt wurde in der Regel jeden Tag kontinuierlich über einen Zeitraum von 8 h, so dass nach drei Tagen ein 24 h Turnus erfasst war (z.B. Tag 1: 8:00 – 16:00, Tag 2: 16:00 – 24:00, Tag 3: 24:00 – 8:00), und zusätzlich zur Kontrolle jeden Morgen, Nachmittag und Abend. In der Saison 2000 konnte aufgrund mehrerer Beobachter auch kontinuierlich zur Tag- und Nachtzeit gepeilt werden.

An beiden Antennenstationen wurden vor Beginn der Peilung der Grauwale stationäre Radiotransmitter eingepeilt, um das Empfangssystem zu überprüfen und einzunorden. Damit konnten die Missweisung berücksichtigt und eventuelle Fehler der Antennenanordnung per Kompass festgestellt und korrigiert werden. Zusätzlich wurden Tests mit Sendern durchgeführt, die im Boot mitgenommen wurden und dann von beiden Stationen zeitgleich eingepeilt wurden. Die so bestimmten Positionen wurden in eine Landkarte eingetragen und mit denen des GPS-Gerätes im Boot verglichen, um die Funktionsweise und Genauigkeit des Systems zu überprüfen. Die Ausrichtung der Antennen wurde während der Telemetrie der Grauwale alle 2 h neu überprüft und gegebenenfalls nachjustiert. Die aufgenommenen Winkel der Tierpositionen wurden entsprechend anhand der festgestellten Abweichungen vor der Auswertung korrigiert. Die Personen, die an den Antennen arbeiteten, wurden intensiv bei Testpeilungen geschult, bis es keine erkennbaren individuellen Abweichungen mehr gab. Während einer Saison waren immer

dieselben Personen im Einsatz. Damit konnte der Personen-bedingte systematische Fehler bei der Präzision der Peilung ausgeschlossen werden.

Die Peilungen erfolgten jeweils zur vollen Stunde. Dabei wurde jedes besenderte Tier 10 min eingepeilt. Bei keiner Ortung innerhalb der 10 min wurden weitere 3 min pro Wal gepellt. Als Grundlage dafür wurde eine minimale Atemfrequenz von 0,5 Atemzügen  $\text{min}^{-1}$  angenommen (Sumich 1983), so dass also maximal sechs Auftauchphasen bei dieser Atemfrequenz hätten geortet werden müssen. Da sich bei den ersten Peilungen gezeigt hat, dass die Ortung der Grauwale aufgrund ihrer relativ kurzen Auftauchphasen (vgl. Harvey & Mate 1984) sehr schwierig ist, wurde die Peilzeit zur Mitte der Saison 1999 und in der gesamten Saison 2000 auf 15 min pro Wal verlängert. Dabei wurde bei Nichtortung des Tieres innerhalb des angesetzten 15 min Intervalls danach noch zusätzliche 3 min gepellt. Es erfolgte immer eine systematische Abtastung des gesamten Lagenengebiets, beginnend mit der letzten gepellten Position. Die Peilungen wurden dann zur nächsten vollen Stunde in derselben Reihenfolge fortgeführt. Die Peilungen erfolgten stets in Absprache zwischen beiden Peilstationen, so dass aufgenommene Winkel und Zeitpunkte der Peilungen schnell verglichen werden konnten und subjektive Fehler minimiert wurden.

### *Auswertung*

Die aufgenommenen Winkel wurden mit dem Programm FUNKPEIL (Jensen Software, Lammertzweg 19, D-24235 Laboe) ausgewertet. Das Programm bestimmt per Triangulation die Position der Wale. Es wurden nur Peilungen verwendet, die von beiden Antennen aus innerhalb der Peilzeit für das jeweilige Tier (15 min maximal in der Saison 1999, 18 min maximal in der Saison 2000) gewonnen werden konnten. Die gepellten Winkel und daraus mit FUNKKPEIL ermittelten Positionen wurden zusätzlich grafisch überprüft.

Je weiter sich die Wale von den Empfangsantennen entfernen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Ungenauigkeit der Peilung, da sich das Fehlerpolygon auch mit der Entfernung des Senders von den Empfängern erhöht (Kenward 1988, Zimmermann & Powell 1995, Culik et al. 1998). Um Überreichweiten durch systembedingte Fehler der Triangulationsmethode auszuschließen, wie z.B. ungenaues Ablesen des Winkels aufgrund der Windeinwirkung auf die Antenne oder durch Reflexionen der Funkwellen an der Küste, wurden die Entfernungen zwischen zwei Positionen auf ihre Erreichbarkeit hin überprüft. Distanzen und Schwimmgeschwindigkeiten wurden zwischen den georteten Positionen berechnet. Dabei wurde die mittlere horizontale Schwimmgeschwindigkeit ermittelt, also die gesamte zurückgelegte Distanz zwischen zwei Positionen geteilt durch die dafür benötigte Zeit. Positionen wurden verworfen,

wenn die Geschwindigkeit zwischen aufeinander folgenden Positionen  $> 15$  km/h für  $< 1$  h und  $> 10$  km/h für  $> 1$  h war (Sumich 1983, Mate et al. 2003). Auch bei der Bestimmung der mittleren horizontalen Schwimmggeschwindigkeit der gesamten aufgezeichneten Wanderroute eines Individuums wurden diese Positionen verworfen. Ebenso wurden bei horizontalen Schwimmggeschwindigkeiten von weniger als 1 km/h ( $0,27$  m<sup>-1</sup>) auf Teilstrecken zwischen zwei aufeinander folgenden Peilpositionen diese nicht in die Auswertung der Teilstreckenschwimmggeschwindigkeiten mit einbezogen, da bei so geringer Geschwindigkeit ein ungerichtetes Schwimmverhalten bzw. Abdrift ruhender Tiere durch die Strömung anzunehmen ist (Sumich 1983).

Für die Untersuchung der Wanderrichtung der Grauwale in Abhängigkeit von Tages- und Nachtzeit wurde die Zeit von 6:00 Uhr bis 19:00 als Tageszeit definiert, und die Nachtzeit von 19:00 bis 6:00 Uhr, begründet durch die Aufgangs- und Untergangszeiten der Sonne in diesem Zeitraum und für eine Vergleichbarkeit mit der Studie von Harvey & Mate (1984). Für die Betrachtung der Wanderrichtung und der Gezeiten wurden die Gezeitentabellen des CICESE (2000) verwendet. Es wurde zwischen ablaufendem Wasser (Ebbe) und auflaufendem Wasser (Flut) unterschieden. Da in dem Gebiet zweimal pro Tag Ebbe und Flut auftreten (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996), wurden nur die Wanderungen von einer Position zur darauf folgenden berücksichtigt, die zeitlich eindeutig nur einer Ebbe- bzw. Flutphase zuzuordnen waren.

### 3.3 Satellitentelemetrie

#### *ARGOS-System*

In den Jahren 1999 und 2001 wurden Satellitensender eingesetzt. Ziel war dabei, bei Einzel- und Muttertieren die Migration der Grauwale nach Norden in die Sommernahrungsgründe zu verfolgen.

Zur Erlangung der Positionsdaten der Tiere wurde das System ARGOS genutzt, das aus einem weltumspannenden Satellitensystem zur Übertragung von Umweltdaten mit mehreren Satelliten auf zirkumpolaren Umlaufbahnen besteht. Zentrales Segment des ARGOS-Systems (CLS, Toulouse, Frankreich) sind Wettersatelliten der amerikanischen National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Die mit dem ARGOS-Empfangssystem ausgerüsteten Satelliten überfliegen in regelmäßigen Abständen die

entsprechenden Untersuchungsgebiete und empfangen dabei Daten der Satellitentransmitter, der so genannten PTT's (Platform Transmitter Terminal) (ARGOS 1996). Die Satelliten leiten die Daten an zentrale Bodenstationen weiter, wo eine Berechnung der PTT-Positionen erfolgt. Die Ergebnisse werden per Email an den Nutzer übertragen, ein Auslesen der Daten entfällt (ARGOS 1996).

Das ARGOS-System ermittelt die Position der Transmitter, die Genauigkeit ist abhängig von den vorherrschenden Bedingungen (u.a. Wolkendecke, Satellitenumlaufbahn, Sendequalität, Sendedauer). Die Positionen werden dabei anhand eines Dopplereffekts der Satellitenübertragung ermittelt, erzeugt durch die Geschwindigkeit des passierenden Satelliten (Harris et al. 1990). Die Genauigkeit der von ARGOS bestimmten Positionen ist in sechs Klassen eingeteilt, und variiert von  $\pm 150$  m bis zu  $\pm 1000$  m (Klassen 3-1; ARGOS 1996). Für die Positionsklassen 0, A und B wird keine Genauigkeit angegeben, weil entweder weniger als drei Signale empfangen wurden oder das Zeitfenster der Übertragung zu klein war (ARGOS 1996).

Der Breitengrad der Lagune San Ignacio wurde von jedem Satellit sieben bis acht Mal pro Tag überflogen. Dabei war das Zeitfenster für die Datenübertragung während der Satellitenpassage zwischen 7 und 16 min groß. Im Jahr 1999 waren maximal vier Satelliten verfügbar, 2001 waren es fünf Satelliten.

Alle empfangenen Daten von einer Genauigkeit von mindestens Klasse 1 ( $\leq 1$  km) wurden verwendet. Daten der Klassen 0, A und B wurden zusätzlich für eine Verwendbarkeit überprüft. Die Verwendbarkeit dieser Positionen wurde beurteilt anhand:

- der vorherigen Position der Klassen 3-1,
- der Erreichbarkeit der Position bei einer mittleren Schwimmgeschwindigkeit der Grauwale von maximal 15km/h für  $< 1$  h und 10 km/h für  $> 1$  h (vgl. Abschnitt 3.2),
- des Zeitintervalls zwischen der vorherigen und der darauf folgenden Position der Klassen 3-1.

Alle Daten der Klassen 0, A und B, die bei Betrachtung der oben genannten Kriterien nicht in die Positionsabfolge passten oder an Land lagen, wurden verworfen. Die Sender wurden in beiden Jahren vor dem Einsatz hinsichtlich der Sendeübertragung im Untersuchungsgebiet getestet und die von ARGOS empfangenen Testdaten kontrolliert.

## *Sender*

### *Saison 1999*

In der Wintersaison 1999 wurde ein Satellitensender mit vollständig implantierbarem Sendergehäuse („Kapselsender“) von HABIT Research Ltd. (Victoria, BC, V9A 3S2, Kanada) eingesetzt (Abb. 14). Der verwendete Satellitentransmitter, auch als PTT bezeichnet, war der Typ ST 15 von Telonics (Mesa, 85204 AZ, USA). Das Edelstahlgehäuse des Senders hatte eine Länge von 14,5 cm und einen Durchmesser von 1,4 cm im Bereich der Senderspitze und 1,9 cm im Bereich des Transmitters (Abb. 14). Das Gewicht betrug 250 g. An der Senderspitze befanden sich vier Klingen für das schnelle Eindringen in die Speckschicht, zusätzlichen waren für einen besseren Halt am Sendergehäuse Widerhaken befestigt. Am hinteren Ende des Gehäuses befand sich ein Stoperring, der verhinderte, dass der Sender tiefer als 13 cm eindrang (Abb. 14). Die kunststoffummantelte Antenne des Transmitters war 20 cm lang. Neben der Antenne befand sich der Draht des Salzwassersensors, durch den der Transmitter bei kompletter Bedeckung des Drahtes mit Salzwasser deaktiviert wurde, um Batteriekapazität zu sparen (Abb. 14). Der PTT war so programmiert, dass er 12 h/Tag aktiviert war, abwechselnd 4 h im aktivierten und deaktivierten Zustand, abgestimmt auf die von ARGOS vorhergesagten Überquerungszeiten der Satelliten im Untersuchungsgebiet. Im aktivierten Zustand sendete der Transmitter ein Signal von 0,3 s Länge alle 40 s. Die Leistung des PTT betrug 0,5 Watt, die Konstruktion war für eine mögliche Sendedauer von ca. 60 bis 80 Tagen ausgelegt, abhängig von der Anzahl ausgesandter Sendeimpulse. Insgesamt konnten 1999 zwei Satellitensender dieses Typs beschafft werden, die an zwei einzelnen, adulten Grauwalen befestigt wurden.



Abb. 14. Gehäuse und Befestigungsmechanismus des voll implantierbaren, kapselförmigen Satellitensenders, der in der Wintersaison 1999 in Lagune San Ignacio zur Besenderung von Grauwalen verwendet wurde.

*Saison 2001*

Da 1999 trotz erfolgreicher, dokumentierter Besenderung und den vorangegangenen ARGOS-Tests der PTT's keine Daten von den zwei Tieren empfangen werden konnten, wurden in der Wintersaison 2001 andere Sendergehäuse verwendet. Dieser Gehäusotyp ähnelte in der Konstruktion einem erfolgreich an Blauwalen (Mate et al. 1999) und Buckelwalen (Mate et al. 1998) eingesetzten Typ, der durch die Implantation mit zwei Verankerungsspitzen in die Speckschicht und dem flach aufliegenden Sendergehäuse eine längere Besendungszeit und bessere Übertragungen an die Satelliten ermöglichen sollte (Abb. 15). Der verwendete Transmitter war ein Kiwisat-PTT von SIRTRACK Ltd. (Goddard Lane, Havelock North, Neuseeland), der neben den Positionsdaten auch die Temperatur übertragen konnte. Das Gehäuse und die Verankerungsspitzen wurden am Institut für Meereskunde, Kiel, entworfen, und in Zusammenarbeit mit SIRTRACK konstruiert.



Abb. 15. Gehäuse und Befestigungsmechanismus des Satellitensenders, der in der Wintersaison 2001 in Lagune San Ignacio zur Besenderung von Grauwalen verwendet wurde.

Das halbrunde, flach aufliegende Gehäuse hatte die Abmessungen von 15 x 4,9 x 2,2 cm (L x H x B) und zusammen mit den Verankerungsspitzen ein Gewicht von 330 g (Abb. 15). Die Verankerungsspitzen hatten eine Länge von 13 cm, so dass sie nicht in die Muskelschicht unterhalb der Speckschicht eindrangen. Die Spitzen waren mit Haken versehen. Die senkrecht vom Gehäuse abstehende, kunststoffummantelte Antenne war 18 cm lang. Auf dem Gehäuse befand sich ein Temperatursensor und ein Salzwasserschalter (Abb. 15) der die Sendeversuche des Transmitters unter Wasser deaktivierte.

Für häufigere Übertragungen an den Satelliten war der Sender immer im aktivierten Zustand, wenn das Tier an die Oberfläche kam. Der PTT hatte eine Leistung von 0,5 Watt und sendete alle 45 s einen Impuls 0,3 s. Der Transmitter war für eine mögliche Übertragungszeit von ca. 90 Tagen konfiguriert.

In der Wintersaison 2001 waren insgesamt drei Satellitensender dieses Typs verfügbar, die an Grauwalkühen mit Kälbern befestigt wurden.

### ***Besenderungstechnik***

Beide Satellitensendertypen wurden mit einer Armbrust (75 kg Zugkraft, Modell Rhino, Barnett International, FL, USA) in der Fettschicht der Wale, für die bestmögliche Übertragung 1,5 bis 3 m mittig dorsal hinter dem Blasloch verankert. Die Verankerungsspitzen und bzw. das komplette Sendergehäuse der 1999 verwendeten Kapselsender wurden vor der Befestigung mit alkoholischer Desinfektionslösung sterilisiert. Die Besenderung erfolgte wie bei der VHF-Radiotelemetrie vom Boot aus mit der gleichen Vorgehensweise (siehe Abschnitt 3.2). Der Mechanismus der Verbindung des Senders zum Armbrustpfeil war 1999 und 2001 verschieden. Der implantierbare Kapselsender der Saison 1999 wurde am hinteren Ende auf den hohlen Pfeilschaft fest aufgesteckt, der zusammen mit der Sendeeinheit schwimmfähig war (Abb. 16). Bei Aufprall wurde durch Zurückdrücken des Stopperringes der Pfeil vom Sender abgeschleudert.

Beim Sendertyp der Saison 2001 wurde auf das Gehäuse einen Adapter aufgesteckt, der an der Unterseite des Gehäuses überstand (vgl. Abb. 15). Beim Aufprall wurde der Adapter durch das Eindringen der Verankerungsspitzen bis zur Gehäuseunterseite weggedrückt und löste sich vom Sender. Der Adapter war auf den Pfeil fest aufgesteckt. Um bei Fehlversuchen den Sender nicht zu verlieren, wurde der Pfeil ebenfalls wie bei der Radiotelemetrie (vgl. Abschnitt 3.2) mit Sehne an einer schnell ablaufenden Wurffrolle gesichert, die an der Armbrust befestigt war.



Abb. 16. Besenderungstechnik von implantierbaren Satellitensendern mit Hilfe einer Armbrust. Sender und der Pfeilschaft mit Auftriebskörper sind miteinander verbunden. Der Pfeil ist durch eine Sehne gesichert.

### 3.4 Transektzählungen

Um die Abundanz der Grauwale in der Lagune zu bestimmen, wurden Transektzählungen durchgeführt. Aufgrund der geographischen Ausdehnung der Lagune (Abb. 17) konnte die Methode der Linientransektzählung (Hiby & Hammond 1989, Buckland et al. 2001) vereinfacht und die Abundanz der Grauwale direkt bestimmt werden. Diese Methodik wurde schon in den Studien von 1978 bis 1982 (Jones & Swartz 1984) und 1996 (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997) etabliert. Die Zählungen wurden von 1996 bis 2000 jedes Jahr in den Monaten Februar bis März einmal wöchentlich durchgeführt, um mögliche Änderungen des Vorkommens zu ermitteln.

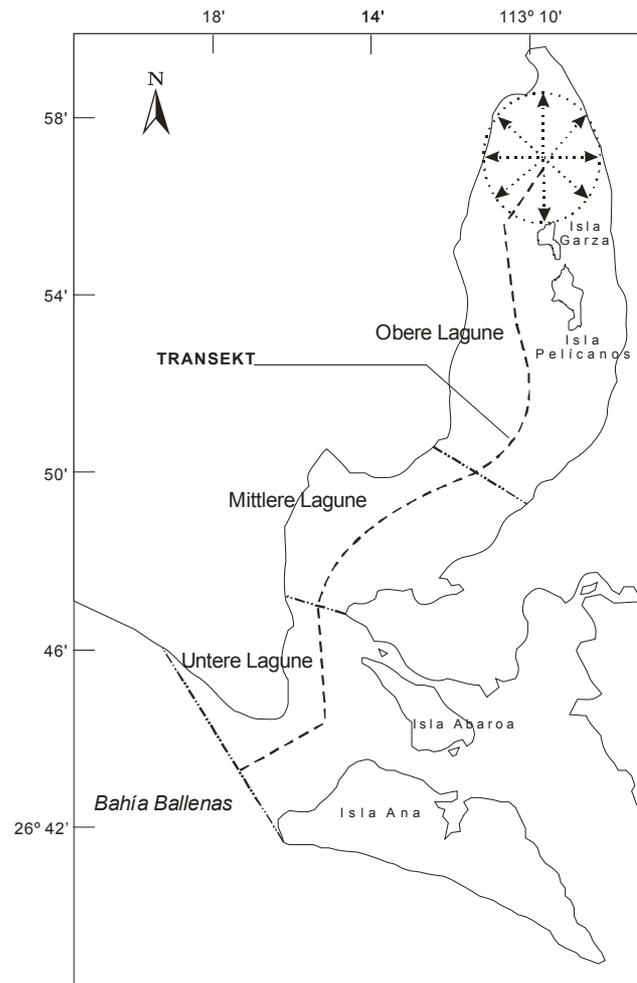


Abb. 17. Übersichtskarte der Lagune San Ignacio mit den drei Lagunenzonen und mittig verlaufender Transektlinie für die Zählung der Grauwale. Im nördlich gelegenen, flachsten Teil der Lagune wurden die Grauwale vom Zentrum der Zone aus gezählt (siehe mit Pfeilen markierter Kreis).

Die Transektzählungen wurden mit einem 7 m-Glasfaserboot, angetrieben durch einen 50 PS-Außenbordmotor, durchgeführt. Die Bootsgeschwindigkeit während der Zählung betrug konstant 11 km/h. Dadurch wurden die in der Regel langsamer schwimmenden Wale nicht doppelt gezählt, gleichzeitig wurden auch tauchende Tiere nicht übersehen, da bei dieser Bootsgeschwindigkeit ein Grauwal ca. 8 min im Blickfeld des Beobachters ist (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996). Die Besatzung bestand aus je einem Beobachter auf der linken und rechten Bootsseite, einem Protokollführer, und einem Bootsführer (Abb. 18).

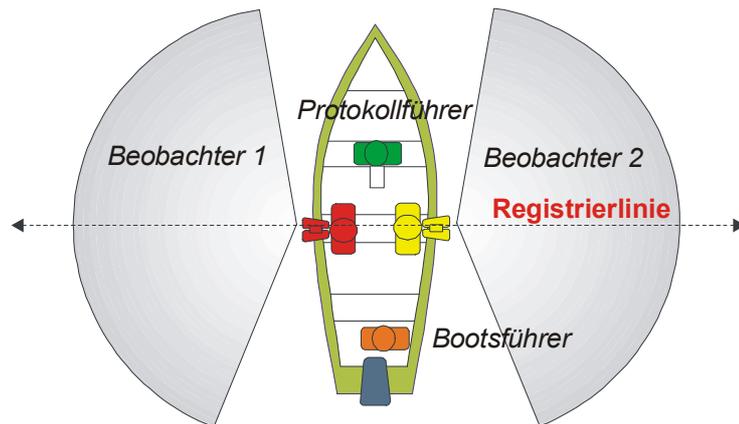


Abb. 18. Schematische Darstellung der Boottransektzählung in Lagune San Ignacio. Alle gesichteten Grauwale wurden auf Höhe der Registrierlinie notiert.

Die Zählungen wurden entlang einer imaginären Linie durchgeführt, die in der Mitte der Lagune verlief, von der Mündung bis zur Isla Garza im nördlichen Teil der Lagune (Abb. 17). Dabei war zu jeder Beobachterseite die Küstenlinie bei den dafür notwendigen Wetterbedingungen (Beaufortstatus  $\leq 3$ , mindestens mäßige Sichtverhältnisse, siehe Anhang IV) deutlich einsehbar, so dass alle Wale gesichtet werden konnten (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Als Hilfsmittel für die Zählung wurden Ferngläser (Vergrößerung 10 x 50) verwendet.

Die gesamte Transektstrecke hatte eine Länge von 29 km. Eine Transektzählung dauerte durchschnittlich 2,5 Stunden. Aufgrund der durchschnittlich geringen Wassertiefe nördlich von Isla Garzas, wo große Teile flacher als 2 m sind (Jones 1984, Ludwig 1996) (Anhang III) wurde dieses Gebiet vom Zentrum der Zone aus 20 Minuten lang im Umkreis nach Walen abgesucht (Abb. 17). Zur exakten Orientierung entlang der Transektlinie und bei Wechsel der Lagunenzone und Richtung wurde ein GPS-Gerät verwendet.

Um bei den Zählungen die doppelte Erfassung von Tieren zu vermeiden, wurden alle in der Zone vor dem Boot gesichteten Grauwale erst registriert, wenn sie sich  $90^\circ$  querab zur Schiffsrichtung auf Höhe des Beobachters befanden (Abb. 18). Bei der Zählung wurden Einzeltiere (subadulte und adulte Tiere ohne Kälber) und Mutter-Kalb Paare unterschieden. Im Zweifelsfall wurde die Sichtung als Einzeltier gewertet, um eine Überschätzung der Anzahl von Mutter-Kalb Paaren auszuschließen. Für jede Lagunenzone wurden der Zeitpunkt und die Anzahl der Sichtungen von Einzeltieren und Mutter-Kalb Paaren sowie die Wetterbedingungen protokolliert.

Die Analyse der Abundanzdaten der Jahre 1996 bis 2000 erfolgte für die Gruppe adulter Wale, der Einzeltiere und der Mutter-Kalb Paare. Die verwendeten statistischen Tests sind im jeweiligen Ergebnisteil angegeben.

### 3.5 Mortalität

Um die Mortalität im Gebiet der Lagune zu ermitteln, wurde während der Zählungen auch nach Kadavern von Grauwalen gesucht. Bei den Totfunden wurden nach Möglichkeit das Geschlecht, die Länge des Tieres, Datum, Position und Zustand erfasst. Nach Rice & Wolman (1971) und Jones & Swartz (1984) wurden die Wale nach Kälbern und Jährlingen mit einer Körperlänge von 3 bis 8,9 m, Immaturen mit einer Körperlänge von 9 bis 10,9 m, und Adulten mit einer Körperlänge von mehr als 11 m unterschieden. Es wurden die von 1996 bis 2000 erhobenen Daten für die Auswertung verwendet.

Die minimale Mortalitätsrate der Grauwalkälber wurde für die vier Jahre berechnet, indem die Anzahl der Totfunde von Kälbern durch die Anzahl lebender Kälber, die in der jeweiligen Saison am Tag der maximalen Anzahl von Grauwalen gezählt wurde, geteilt wurde (Jones & Swartz 1984).

### 3.6 Fotoidentifikation

Grauwale besitzen individuell unterscheidbare Markierungen, wie z.B. auffällige Pigmentflecken, Seepockenkolonien (*Cryptolepas rhachianecti*) oder Narben und Schrammen, die durch Interaktionen mit anderen Grauwalen, durch Schwertwale (*Orcinus orca*) oder durch Kollisionen mit Schiffen verursacht werden können, und für die Fotoidentifikation geeignet sind (Bigg et al. 1986) (Abb. 19). Diese individuellen Markierungen ermöglichen eine Identifikation über lange Zeiträume (Darling 1984, Jones 1990, Calambokidis et al. 1994). Dabei wurde wenn möglich die linke und rechte Dorsalseite der Tiere fotografiert, wenn beim Auftauchen der größtmögliche, mittlere Rückenbereich mit den Rückenbuckeln zu sehen war (Abb. 19). Dabei wurde das Boot so manövriert, dass es im Moment der Fotoaufnahme parallel zum Wal positioniert war. Die Distanz wurde so gewählt, dass der bestmögliche Fotoausschnitt zu sehen war

(Abb. 19), ohne dabei zu dicht an das Tier heranzufahren und dadurch das Verhalten deutlich zu beeinflussen.

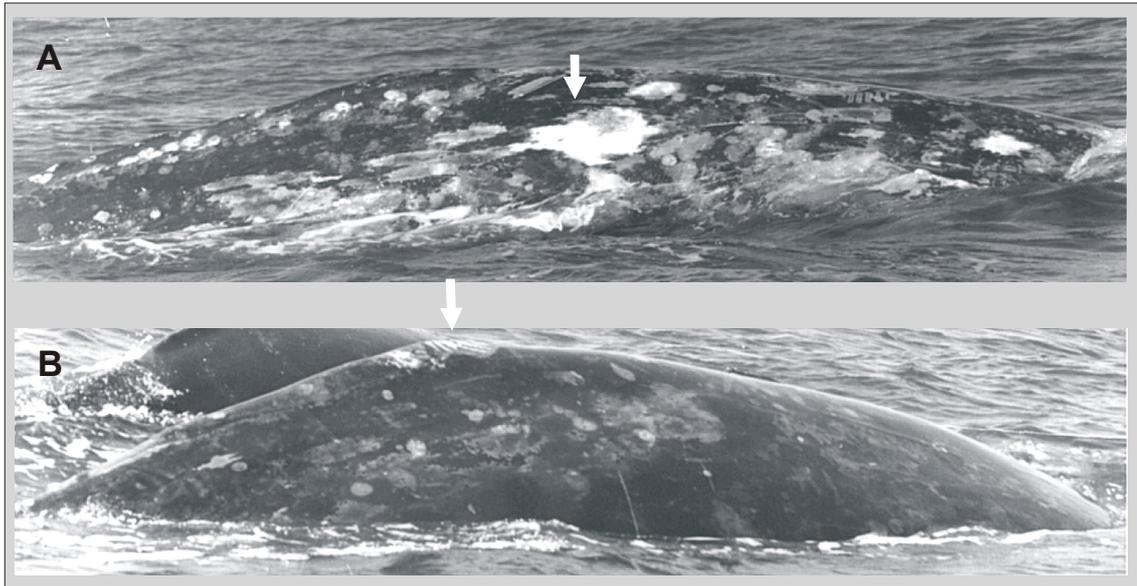


Abb. 19. Beispiele für Markierungen von Grauwalen, die für die Fotoidentifikation genutzt wurden; (A) deutlicher weißer Pigmentfleck, (B) Biss- oder Kratzspuren auf dem Rückenhöcker.

Die Fotos wurden nach Darling (1984) mit einer Spiegelreflexkamera mit 70-300 mm Telezoomobjektiv auf einem Schwarz/Weiß-Film (Ilford, ASA 400, Belichtungszeit 1/1000 Sekunde) aufgenommen. In den Jahren 1999 und 2000 wurde optional noch eine Digitalkamera (Panasonic NV-DX 100) eingesetzt, die aufgrund der schlechteren Auflösung bei Fotografien aber nur als zusätzliche Absicherung genutzt wurde. Zu jedem Foto wurde das Datum, die Zeit, die Position, das Vorhandensein eines Kalbes und besondere Merkmale (auffällige Markierungen, Abb. 19) im Protokoll notiert.

Die besten Fotos, bei denen aufgrund der Qualität eine Identifikation von individuellen Merkmalen eindeutig möglich war, wurden für die Auswertung verwendet. Bei Vorhandensein von Fotos beider Dorsalseiten wurde standardmäßig immer die rechte Seite für den Vergleich verwendet. Die Katalogisierung erfolgte chronologisch nach dem Datum der Fotografie. Alle Fotos wurden miteinander verglichen. Jedes noch nicht vorhandene Tier bekam eine neue, fortlaufende Identifikationsnummer und wurde in den Katalog aufgenommen. Die Lagunenzonen (Abb. 17), in der am jeweiligen Tag Fotos für die Identifikation aufgenommen wurden, wurde nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, um das Areal möglichst umfassend abzudecken. Nach Möglichkeit wurden dreimal wöchentlich Daten für die Fotoidentifikation gesammelt, dabei arbeiteten oft zwei Boots-

besatzungen parallel in verschiedenen Zonen der Lagune. Bei Wind- und Wellenbedingungen über 3 Beaufort wurde die Arbeit abgebrochen. Die Datengrundlage für die Auswertung bildeten die von 1996 bis 2000 in der Lagune aufgenommenen Fotos, die im Forschungslabor für Marine Säugetiere der Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Mexiko, als Fotos in entwickelter und elektronischer Form archiviert wurden. Insgesamt konnten 6228 Fotos für die Identifikation und Analyse verwendet werden (1996 = 1.404 Fotos, 1997 = 1.296 Fotos, 1998 = 1.188 Fotos, 1999 = 1.140 Fotos und 2000 = 1.200 Fotos).

### ***Aufenthaltsdauer***

Die Aufenthaltsdauer der Grauwale in der Lagune innerhalb einer Wintersaison wurde mit Hilfe der „Mark-Recapture“ Technik bestimmt, bei der anhand einer markierten Teilpopulation und der späteren Wiederfundrate dieser markierten Tiere innerhalb der Gesamtpopulation auf die tatsächliche Populationsgröße geschlossen werden kann (Begon 1979). Bei Walen ist dafür die nichtinvasive Methode der Fotoidentifikation etabliert, nachdem vorher in der Periode des aktiven Walfangs unter anderem Metallmarken verwendet wurden, die in die Speckschicht geschossen wurden (Hammond 1986, Hammond et al. 1990). Die Annahme hierbei ist, dass bei einzelnen Individuen mit der Methode anhand des Zeitraums zwischen erster und letzter erneuter Sichtung („Recapture“-Foto) die Aufenthaltsdauer in einem Gebiet bestimmt werden kann. Die Messung der Aufenthaltsdauer beinhaltet keine Annahme darüber, ob das Individuum zwischen den Sichtungen immer im Untersuchungsgebiet war oder das Areal temporär verlassen hat (siehe Seipt et al. 1990, Clapham et al. 1993).

### ***Wiedersichtungen und Geburtenintervall von Grauwalkühen***

Um die Wiedersichtungsrate und das Geburtenintervall der Grauwale in Lagune San Ignacio festzustellen, wurden nach der Methode von Jones (1990) und für die Vergleichbarkeit mit der genannten Studie alle Grauwalkühe mit Kalb der Wintersaison 2000 mit den Muttertieren und Einzeltieren im Fotoidentifikationskatalog der Jahre 1996 bis 1999 verglichen. Durch den Vergleich der Fotos der aufeinander folgenden Jahre konnte ermittelt werden, in welchem Jahr ein Tier erneut gesichtet wurde, und ob es ein Kalb hatte. Dadurch konnte das Zeitintervall zwischen aufeinander folgenden Geburten für die jeweilige Grauwalkuh ermittelt werden. Daraus wurde dann das durchschnittliche Geburtenintervall berechnet.

### ***Gebietstreue von Mutter-Kalb Paaren***

Um zu bestimmen, ob Grauwalkühe in der Reproduktionsphase eine Präferenz für dieselbe Lagune haben, wurde anhand der Mutter-Kalb Paare, die in mindestens zwei Win-

terzeiträumen innerhalb der fünf Jahre anhand des Fotos identifiziert werden konnten, ein so genannter „Index der Gebietstreue“ festgelegt (Gomez-Gallardo U. et al. 1999). Damit wurde die Rückkehrate der Mutter-Kalb Paare in die Lagune für die verschiedenen Jahre quantifiziert. Der Index der Gebietstreue wurde mit Hilfe der Anzahl der Fotografien von Muttertieren (Stichprobengröße) in den einzelnen Jahren mit der Formel ermittelt:

$$I = m_{12} \cdot 1000 / (n_1 \cdot n_2) \quad \text{F 4}$$

wobei

$I$  = Index der Gebietstreue

$n_1$  = Anzahl identifizierter Muttertiere (markiert) in Stichprobe 1

$n_2$  = Anzahl identifizierter Muttertiere (markiert) in Stichprobe 2

$m_{12}$  = Anzahl identifizierter Muttertiere aus Stichprobe 1 und 2.

Ein höherer Wert reflektiert für die hier untersuchte Fragestellung eine höhere Rückkehrate in dasselbe Gebiet während der Reproduktionsphase.

### ***Anzahl der Grauwale, die Lagune San Ignacio aufsuchten***

Um zu bestimmen, wie viele Individuen in einer Wintersaison die Lagune San Ignacio aufsuchten, wurde mit Hilfe der Fotos der wieder gesichteten Individuen („Mark-Recapture“) die Gesamtpopulation für die Lagune nach dem Modell von Darling und Morowitz (1986) berechnet (Abb. 20). Nach dieser Methode wird unter der Voraussetzung einer endlichen Populationsgröße angenommen, dass bei jeder neuen Markierung mit Hilfe der Fotoidentifikation neue Individuen gefunden werden, deren Anzahl aber mit zunehmenden Markierungsereignissen (Fotos) abnimmt, bis die Anzahl neu markierter Wale gleich Null ist und damit die Anzahl aller Individuen gefunden ist. Die Funktion der Entdeckungsrate neuer Individuen lautet:

$$y = N [ 1 - ( 1 - 1 / N )^x ] \quad \text{F 5}$$

wobei

$y$  = Anzahl der neuen Wale

$x$  = Anzahl der Fotografien

$N$  = Größe der Population (im hier untersuchten Fall Anzahl der Wale, welche die Lagune in einer Saison aufsuchten).

Die Berechnung von  $N$  erfolgte iterativ, wobei empirische Werte von  $N$  benutzt wurden, bis eine Übereinstimmung mit der Funktion erreicht war.

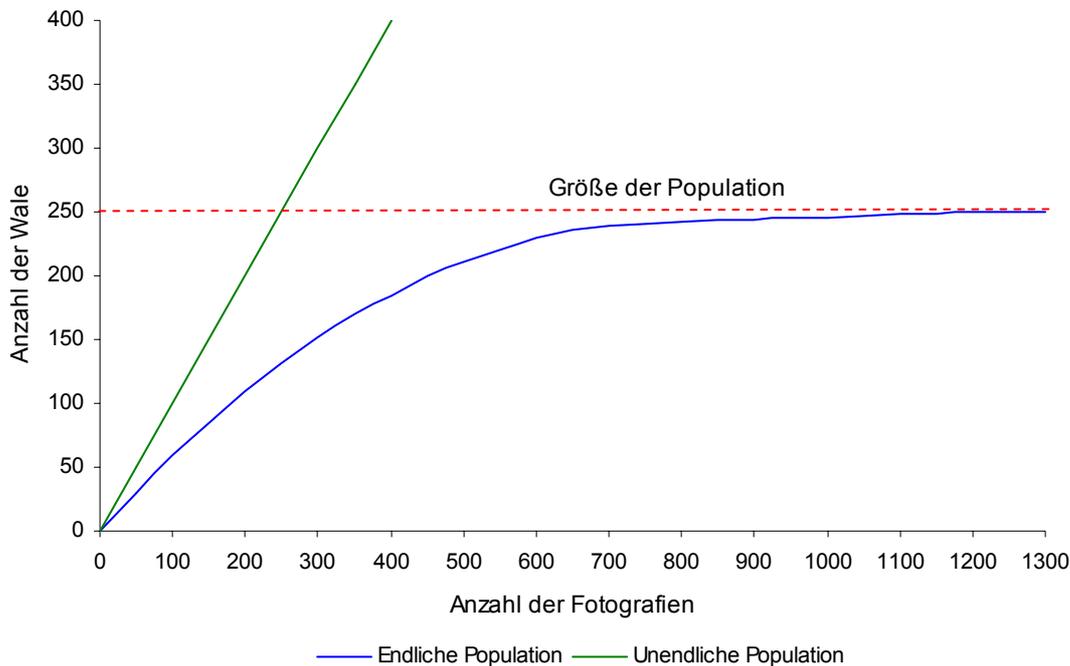


Abb. 20. Schematische Darstellung des Prinzips der Schätzfunktion von Darling & Morowitz (1986). Die Grafik zeigt eine endliche Population von insgesamt 250 Individuen (rote Linie). Um diese Populationsgröße ermitteln zu können, müssen etwa 1200 Fotos aufgenommen werden, wenn die Methode der Schätzfunktion (blaue Linie) nicht angewandt wird. Bei einer unendlichen Population würde mit jeder neuen Fotografie ein neues Individuum gefunden werden (grüne Linie).

### 3.7 Statistik

Die statistische Auswertung der Ergebnisse wurde mit den Computerprogrammen STATISTICA 5.5 (StatSoft 1997) sowie STATEasy 2000, Version 2001 (Dr. J.L. Lozán, Büro wissenschaftliche Auswertungen, Schulterblatt 86, 20357 Hamburg) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden nach Methoden aus der Literatur für statistische Analysen von (Lamprecht 1992), (Sokal & Rohlf 1995), (Lorenz 1996) und (Lozán & Kausch 1998) ausgewertet.

Vor der Anwendung statistischer Tests wurden die Daten auf Normalverteilung getestet. Dabei wurden Stichproben mit  $n > 50$  mit dem Kolmogoroff-Smirnov-Einstichprobentest mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors geprüft, bei  $n < 50$  wurde der Shapi-

ro-Wilks-Test verwendet (siehe Lozán & Kausch 1998). Die überwiegende Anzahl der Daten entsprach nicht einer Normalverteilung, und wurde daher mit nichtparametrischen Testverfahren ausgewertet. Die jeweils verwendeten statistischen Tests (z.B. Chi-Quadrat-Test, Kruskal-Wallis ANOVA, Mann Whitney U-Test) sind im Ergebnisteil angegeben. Alle verwendeten Tests sind zweiseitig, die Signifikanzgrenze der Irrtumswahrscheinlichkeit ist 5 % ( $p = 0,05$ ).

In der Auswertung wurden Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $\pm$  SD) angegeben, bei der Darstellung einiger Ergebnisse wurde das Konfidenzintervall (95 %) aufgeführt. Mit  $n$  wird die Stichprobengröße angegeben. Für eine genauere Darstellung der Ergebnisse der nicht-normalverteilten Daten wurde auch der Median mit den 25 und 75 % Interquartilen und die Spanne vom kleinsten zum größten Wert dargestellt und grafisch als Boxplot abgebildet.

## 3.8 Definitionen

### *Tauchverhalten und Wanderungen*

*Fahrtenschreiber:* Damit werden Messinstrumente (Datenlogger) bezeichnet, die in der Wildtier telemetrie an den Tieren befestigt werden, um verschiedenste Messparameter des Tieres und seiner Umwelt aufzuzeichnen. Ursprünglich registrierten die an Meeres-säugetern eingesetzten Geräte nur Zeit und Tiefe (Time-Depth Recorder = TDR) (Kooyman 1965). Mittlerweile werden in die Geräte eine Vielzahl von Sensoren integriert (Multi-Channel Logger), um weitere Parameter (u.a. Temperatur, Licht, Lage und Bewegung des Tieres) aufzunehmen. Dabei werden die TDR's auch mit verschiedenen Transmittern für die Positionsbestimmung kombiniert (vgl. Hooker & Baird 2001). Im folgenden Text werden die Bezeichnungen Fahrtenschreiber und Datenlogger gleichbedeutend verwendet.

*Tauchdauer:* Die Tauchdauer ist der Zeitraum zwischen dem Abtauchen und folgendem Wiederauftauchen des Wals.

*Tauchtiefe:* Die Tauchtiefe ist die maximale Tiefe, die während eines Tauchgangs erreicht wird.

*Bodenzeit:* Die Bodenzeit ist die Dauer der horizontalen Tauchphase am Boden des U-förmigen Tauchprofils (hier ermittelt mit dem Programm ANDIVE 8.0).

*Anzahl der Atemzüge pro Oberflächenzeit:* Die Anzahl der Atemzüge pro Oberflächenzeit ist die Anzahl von Respirationen nach einem regulär langen Tauchgang an der Oberfläche, bevor der nächste lange Tauchgang beginnt.

*Atemfrequenz:* Die Atemfrequenz ist die Anzahl von Atemzügen pro Minute in der Beobachtungszeit (Formel siehe 3.1 Tauchverhalten).

*Oberflächenzeit:* Die Oberflächenzeit ist die Zeit, die zwischen zwei regulär langen Tauchgängen während der kürzeren Atemtauchgänge an oder nahe der Oberfläche verbracht wird. Die Oberflächenzeit zwischen zwei direkt aufeinander folgenden, langen Tauchgängen wird dabei mit den Fahrtenschreibern bestimmt.

Allgemeine Verhaltenskategorien: In der Lagune wurden zwei eindeutig unterschiedliche Verhaltensweisen näher untersucht, die bei Muttertieren mit Kälbern zu beobachten sind (vgl. Jones & Swartz 1984).

*Ruhen:* Keine oder nur geringe, ungerichtete Bewegung. Mutter und Kalb bleiben annähernd am selben Standort.

*Wandern:* Deutliche, gerichtete Bewegung. Mutter und Kalb schwimmen mit relativ gleich bleibender Geschwindigkeit.

Definitionen der Reaktion auf die Besenderung mit Fahrtenschreibern bzw. mit Kurzwellentransmitter: Es wurden vier verschiedene Verhaltensreaktionen nach Weinrich et al. (1991) und Hooker et al. (2001) definiert:

*Keine Reaktion:* Der Wal zeigt dasselbe Verhalten wie vor der Besenderung.

*Geringe Reaktion:* Der Wal ändert sein Verhalten geringfügig; z.B. einmaliges schnelles Abtauchen, leicht verstärkte Flukenbewegung.

*Moderate Reaktion:* Der Wal ändert sein Verhalten deutlicher, aber ohne Anzeichen von längerfristiger Verhaltensänderung; moderater Flukenschlag, stark beschleunigtes Abtauchen.

*Starke Reaktion:* Der Wal ändert sein Verhalten sehr deutlich mit damit verbundener Aktivitätssteigerung; heftiger Flukenschlag mit zum Teil weit aus dem Wasser gehobenen Hinterkörper, Sprung oder Sprünge aus dem Wasser („Breaching“), stark beschleunigtes Abtauchen über mehrere Tauchgänge.

### ***Habitatnutzung***

*Linientranssektzählung*: Entlang einer vorher festgelegten Linie werden alle gesichteten Wale und deren Entfernung zur Linie registriert (Hiby & Hammond 1989, Buckland et al. 2001).

*Mutter-Kalb Paar*: Erkennbar am häufigen Auftauchen des Kalbes und dem deutlichen Größenunterschied von Mutter- und Jungtier. Das in derselben Wintersaison geborene Kalb, Körperlänge  $\leq 6$  m (Sumich 1986a, Sumich et al. 2001), hat noch keine epizoischen Balaniden, *Cryptolepas rhachianecti* (Rice et al. 1981, Jones & Swartz 1984).

*Einzeltiere*: Adulte Männchen, adulte Weibchen ohne Kälber (Körperlänge  $> 11$  m) und immature Tiere, die mindestens ein Jahr alt sind (Körperlänge 8,9 – 10,9 m) (Rice & Wolman 1971, Jones & Swartz 1984).

*Mark-Recapture*: Eine Teilpopulation aus der Gesamtpopulation wird markiert und wieder ausgesetzt. Aus der späteren Wiederfundrate der markierten Tiere innerhalb der Gesamtpopulation kann auf die tatsächliche Populationsgröße geschlossen werden (Begon 1979). Bei Walen hat sich die nichtinvasive Methode der Fotoidentifikation von Individuen anhand charakteristischer Merkmale (Unterschiede der Fluke, Pigmentation, Narben etc.) etabliert, nachdem vorher in der Periode des aktiven Walfangs unter anderem Metallmarken verwendet wurden, die in die Speckschicht geschossen wurden (Hammond 1986, Hammond et al. 1990).

*Geburtenintervall*: Das Zeitintervall zwischen aufeinander folgenden Geburten einer Grauwalkuh wird als Geburtenintervall bezeichnet (Jones 1990). Anhand der aufgenommenen Fotos (Fotoidentifikation) in aufeinander folgenden Jahren in der Lagune wird ermittelt, wann die jeweilige Grauwalkuh ein Kalb hatte.

*Gebietstreue*: Die Präferenz von Grauwalkühen, in aufeinander folgenden Jahren dieselbe Lagune für die Geburt und Kälberaufzucht aufzusuchen, wird damit beschrieben. Sie wird mit Hilfe der „Mark-Recaptures“ zwischen den Jahren bestimmt.

*Tragkapazität (K)*: Die maximal mögliche Populationsgröße, die von einem Ökosystem getragen wird, bei der Reproduktionsrate und Mortalität im Gleichgewicht sind, so dass die Population ein Nettowachstum von Null hat (Begon et al. 1990).



## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Tauchverhalten**

In den Jahren 1999 und 2001 wurden an 26 Tagen insgesamt 54 Besenderungsversuche mit Fahrtenschreibern an Muttertieren mit Kälbern durchgeführt, davon waren 17 Besenderungsversuche erfolgreich (siehe Anhang II). Zwei weitere Datensätze von erfolgreichen Besenderungen gingen durch Fehlfunktion der Datenlogger bei der Aufzeichnung verloren. Es konnten 34 Stunden an Tauchdaten gewonnen werden, dabei wurden insgesamt 1075 Tauchgänge registriert (380 Tauchgänge 1999, und 695 Tauchgänge 2001). Die Besenderungszeit variierte von 0,6 bis zu 3,8 h. Die Ursache für kürzere Besenderungszeiten, als durch die Magnesiumkappe vorgegebenen, waren insbesondere Interaktionen zwischen Muttertier und Kalb, bei denen der Fahrtenschreiber vom Tier abgelöst wurde.

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf die gewonnenen Tauchdaten der mit Fahrtenschreiber besenderten Muttertiere. Es werden die Tauchprofile der Wale betrachtet. Des Weiteren werden die Parameter Tauchdauer, Tauchtiefe und Bodenphase dargestellt und zwischen Jahren und Individuen verglichen. Respirationsparameter wie Atemzüge pro Oberflächenzeit, Atemfrequenz und Oberflächenzeit werden anhand der größeren und etwas höher auflösenden Datenmenge von 2001 analysiert. Die Lage der Tiere während der Tauchgänge wird untersucht. Im Anschluss erfolgt ein Vergleich von Tauch- und Respirationsparametern mit den zeitgleich beobachteten Verhaltensweisen.

#### **4.1.1 Reaktion auf die Besenderung**

Am häufigsten wurden geringe Reaktionen protokolliert, 1999 bei 50 % der Besenderungen, 2001 in 52 % der Fälle (Abb. 21). Eine starke Reaktion auf die Besenderung wurde nur in drei von insgesamt 39 protokollierten Fällen registriert (Abb. 21). Es wurden acht Tiere beobachtet, die bei der Besenderung keine Reaktion zeigten.

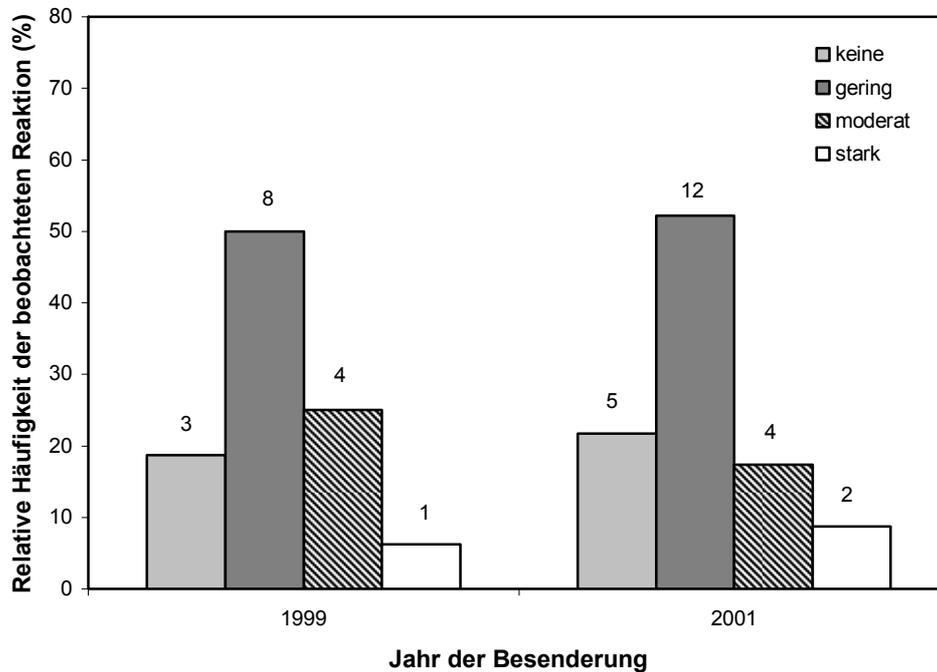


Abb. 21. Prozentualer Anteil der Reaktionen von Grauwalkühen auf die Besenderung mit Fahrtenschreibern, die mit Saugnäpfen befestigt wurden, in den Jahren 1999 (n = 16) und 2001 (n = 23). Die Zahlen über den Balken sind die absoluten Häufigkeiten.

Die Reaktion der Tiere auf diese Art der Besenderung schien minimal zu sein, und beinhaltete in der Regel ein schnelleres Abtauchen und teilweise einen verstärkten Flukenschlag unmittelbar nach dem Anbringen des Fahrtenschreibers (siehe 3.8 Definitionen, nach Weinrich et al. 1991, Hooker et al. 2001). Von 17 besenderten Walen waren sieben so genannte „freundliche Wale“ (siehe z.B. Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996), die sich vor der Besenderung dem Boot annäherten. Die Verteilungen der Verhaltensreaktionen auf die vier Kategorien keine, geringe, moderate und starke Reaktion bei der Besenderung waren bei den Grauwalkühen in den beiden Jahren nicht signifikant verschieden (Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 5,86$ , FG = 3,  $p = 0,11$ ).

Der Vergleich einer zufällig gewählten Stichprobe von acht Tieren, bei denen die ersten 10 Tauchgänge nach der Besenderung jeweils mit einer zufälligen Auswahl weiterer 10 aufeinander folgender Tauchgänge des Tauchgangsprofils verglichen wurden, ergab keine signifikanten Unterschiede in der Tauchdauer und der Anzahl der Atemzüge an der Oberfläche (Kolmogorov-Smirnov 2 Stichproben-Test,  $p > 0,1$  bei allen Tieren).

Daher können die im Folgenden präsentierten Daten trotz der kurzzeitigen Beeinflussung des natürlichen Verhaltens während der Besenderung als natürliches Tauchverhalten der Grauwale betrachtet werden.

#### 4.1.2 Tauchprofil

Anhand der Bodenzeitcharakteristik konnten zwei Tauchgangsformen unterschieden werden, V-Tauchgänge ohne Bodenzeit und U-Tauchgänge mit Bodenzeit (siehe Abb. 9, Seite 21). In Abb. 22 sind V- und U-förmige Tauchgänge beispielhaft anhand des Tauchprofils eines besenderten Muttertieres vom 8. März 2001 dargestellt. Tiefe V-Tauchgänge wie in Abb. 22 wurden selten beobachtet. V- und U-Tauchgänge dieser Tiefe fanden in den tieferen Kanälen statt, welche die Lagune durchziehen (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996). Oberflächennahe, V-förmige Tauchgänge repräsentieren Atemintervalle zwischen den regulär langen Tauchgängen (Abb. 22).

Am häufigsten wurden Abfolgen von U-Tauchgängen mit dazwischen liegenden, oberflächennahen Atemtauchgängen beobachtet (Abb. 22, Abb. 23). In Abb. 23 ist eine Abfolge von sehr langen, U-förmigen Tauchgängen (Maximum 7,4 min) dargestellt, bei der deutlich die dazwischen liegenden Respirationsphasen zu erkennen sind.

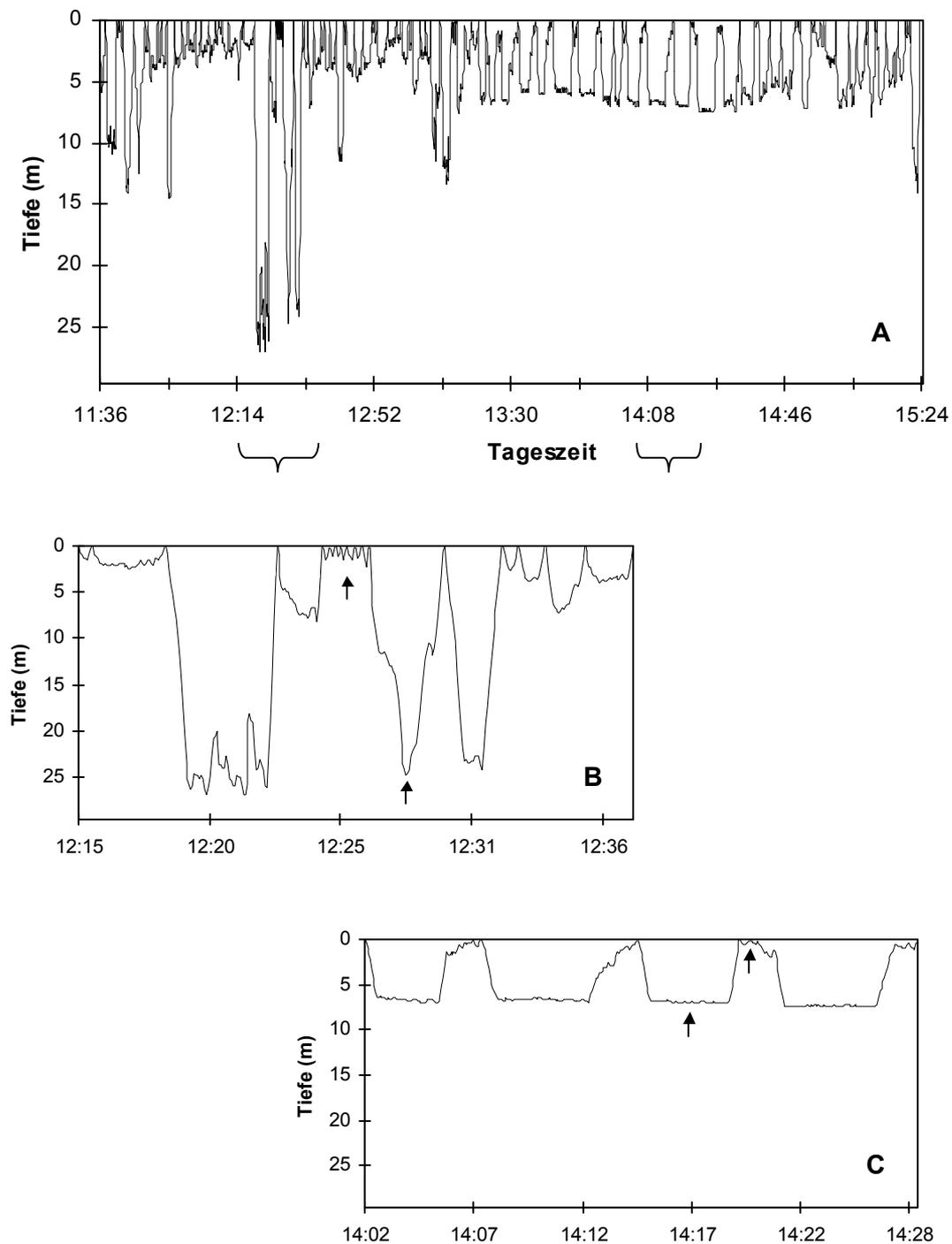


Abb. 22. Tauchprofil einer besenderten Grauwalkuh vom 8. März 2001. In (A) ist das gesamte Profil dargestellt, auf der erweiterten Skala sind in (B) kurze V-förmige Respirationstauchgänge und ein tiefer V-Tauchgang hervorgehoben (Pfeile). In (C) sind charakteristische U-förmige Tauchgänge und darauf folgende, kurze V-förmige Atemtauchgänge zu sehen (Pfeile).

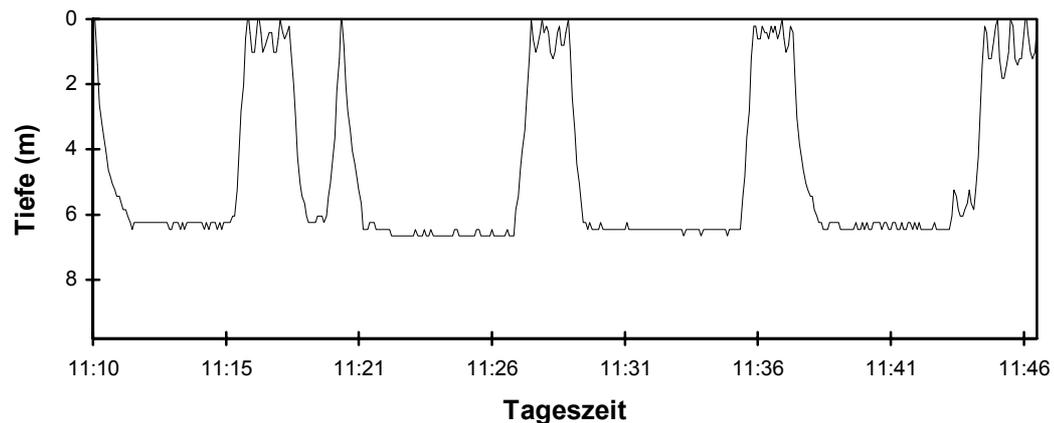


Abb. 23. Abfolge von langen U-Tauchgängen (Max. 7,4 min) mit dazwischen liegenden V-förmigen Respirationstauchgängen nahe der Oberfläche.

Bei zwei Muttertieren wurden im Tauchprofil lange Phasen an bzw. nahe der Wasseroberfläche beobachtet. Dabei wurde eine maximale Zeit von 52 min an der Oberfläche ohne Tauchgangsaktivität registriert (Abb. 24). Dieses Verhalten wird als Ruheverhalten interpretiert, der Vergleich von aufgenommenen Tauchdaten und beobachtetem Verhalten wird noch im Folgenden detailliert dargestellt (siehe Abschnitt 4.1.10).

Wie in Abb. 25 deutlich zu erkennen ist, unterschied sich die Verteilung der Dauer von V- und U-förmigen Tauchgängen signifikant voneinander (Kolmogorov-Smirnov- 2 Stichproben-Test,  $DK = 0,73$ ,  $p < 0,001$ ). Dabei hatten V-förmige Tauchgänge eine mediane Dauer von 28 s und U-förmige Tauchgänge einen Median von 124 s.

Von den V-Tauchgängen dauerten 35 % länger als 30 s, und nur 12 % länger als 60 s (Abb. 25). Bei U-förmigen Tauchgängen waren 95 % aller Tauchgänge länger als 30 s, und 85 % länger als 60 s (Abb. 25).

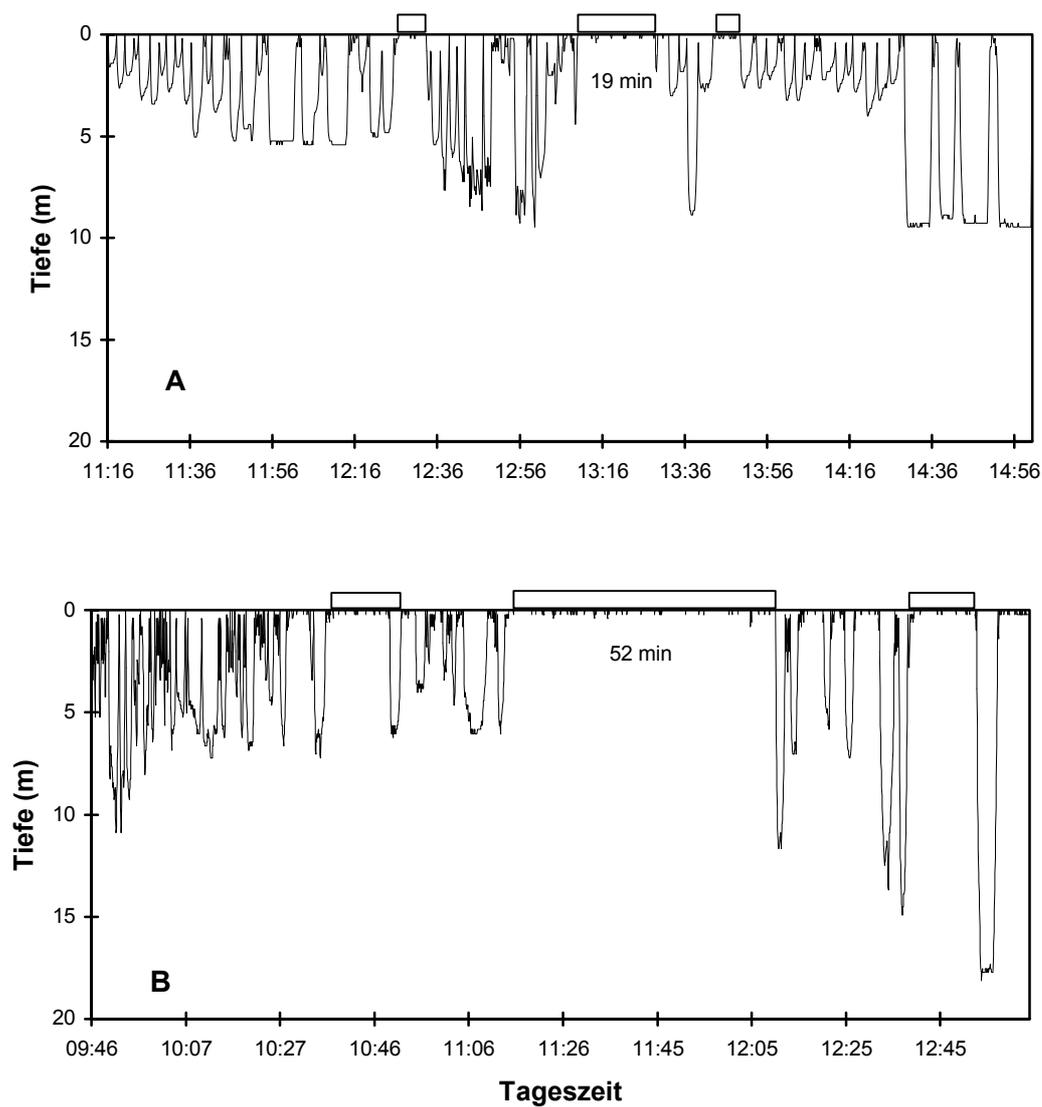


Abb. 24. Tauchprofile besonderer Muttertiere vom 15. März 1999 (A) und 6. März 2001(B). Lange Oberflächenphasen ohne Tauchaktivität (siehe gekennzeichnete Bereiche) von maximal 52 min wurden beobachtet.

Auch die Häufigkeitsverteilung der maximalen Tauchtiefe war zwischen V- und U-Tauchgängen signifikant verschieden (Kolmogorov-Smirnov 2 Stichproben-Test,  $DK = 0,51$ ,  $p < 0,001$ ) (Abb. 25). Tauchgänge mit V-Form hatten einen Median von 1,5 m, U-förmige Tauchgänge einen Median von 4,3 m.

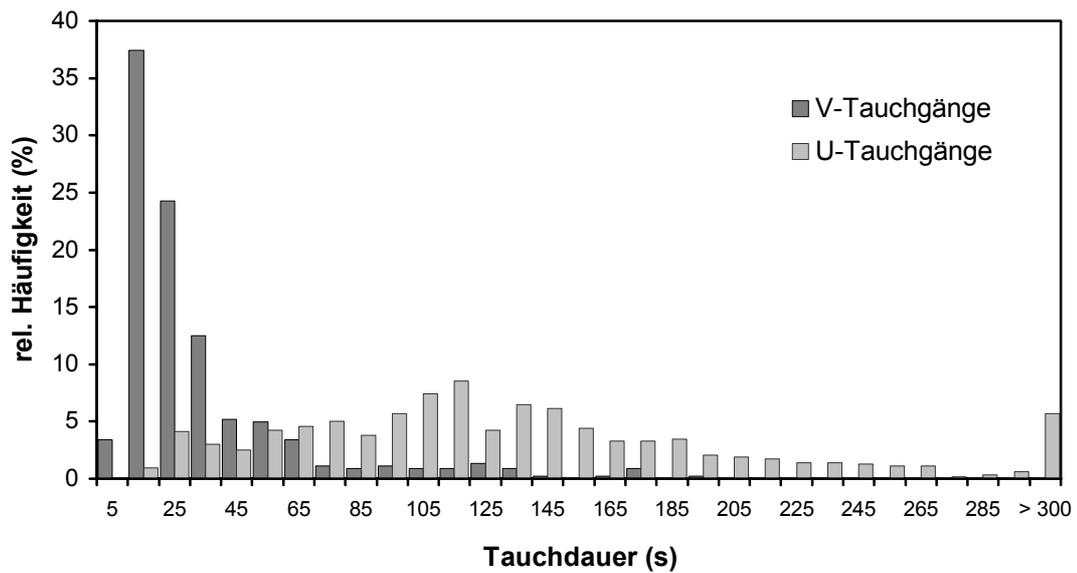


Abb. 25. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchdauer V- und U-förmiger Tauchgänge (n = 1075) von 17 Tieren. Alle Tauchgänge > 300 s sind U-förmig (n = 36) und zusammengefasst dargestellt.

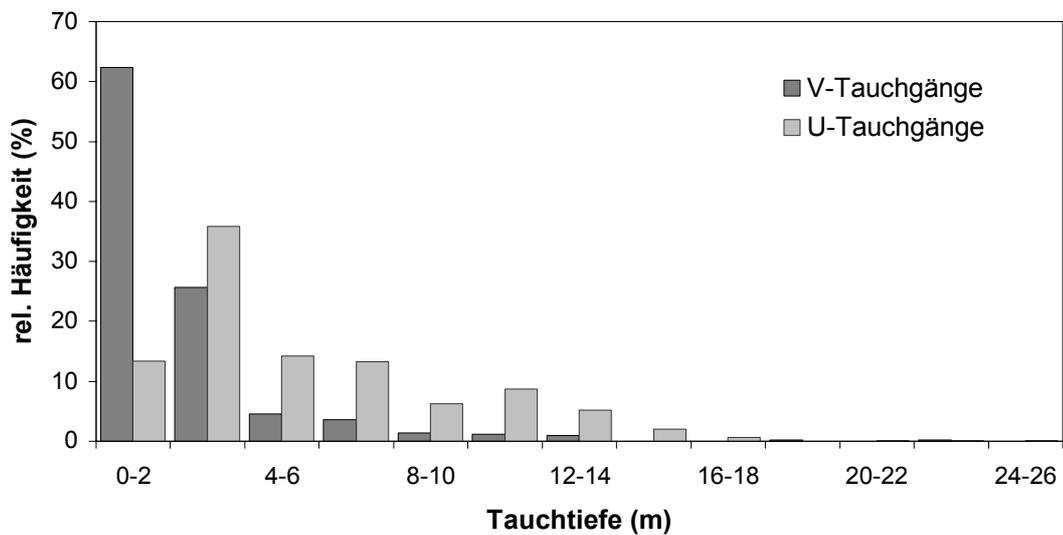


Abb. 26. Relative Häufigkeitsverteilung der maximalen Tauchtiefe V- und U-förmiger Tauchgänge (n = 1075) von 17 Tieren.

Bei V-Tauchgängen waren 62 % aller Tauchgänge nur bis zu 2 m tief, dagegen war bei 87 % aller U-Tauchgänge die Tiefe größer als 2 m.

Die Häufigkeitsverteilungen von Tauchdauer und Tauchtiefe sind wie schon gezeigt signifikant verschieden zwischen V- und U- Tauchgängen. Aber für eine genaue Klassifikation der Tauchgänge in Atemtauchgänge und reguläre Tauchgänge wurde aufgrund der begrenzten Lagumentiefe von nicht mehr als ca. 30 m (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996) nicht primär die Tauchgangsform, sondern die Methode der kumulativen Häufigkeitsverteilung der Tauchdauer verwendet (siehe Abschnitt 3.1), wie im Folgenden dargestellt.

### 4.1.3 Tauchgangsklassifikation

Anhand der kumulativen Zeit, die in sämtlichen Tauchgängen unterschiedlicher Dauer verbracht wurde (siehe F 1, Abschnitt 3.1), konnten aufgrund des erkennbaren Minimums zwischen den ersten beiden Peaks in der Verteilung kurze, oberflächennahe Tauchgänge von längeren, regulären Tauchgängen unterschieden werden (siehe Hooker & Baird 2001) (Abb. 27). Demnach wurden alle Tauchgänge  $\leq 60$  s als kurze Tauchgänge definiert und werden im Nachfolgenden Tauchgänge  $\leq 60$  s genannt. Tauchphasen  $> 60$  s wurden als regulär lange Tauchgänge gewertet und werden im nachfolgenden Text als Tauchgänge  $> 60$  s bezeichnet.

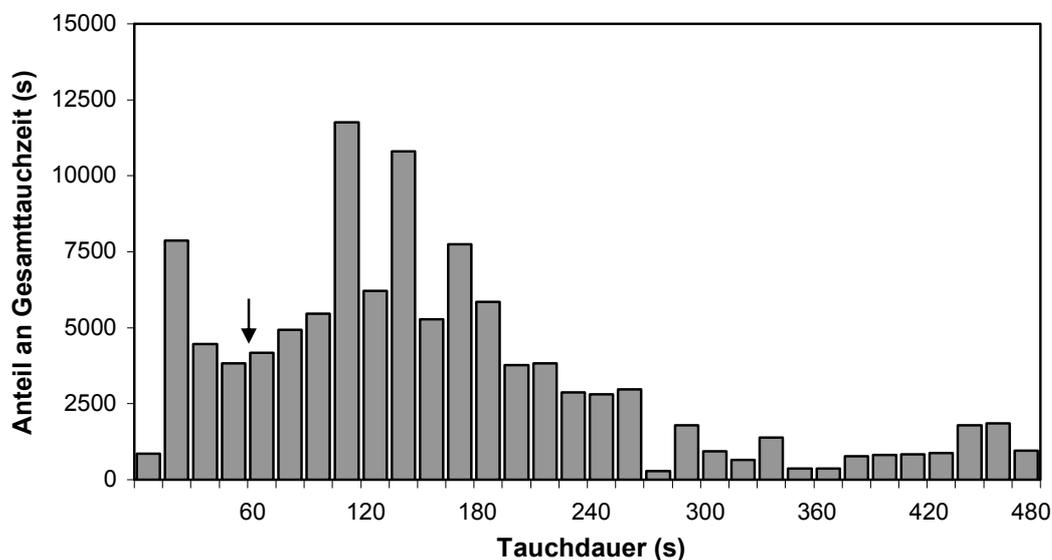


Abb. 27. Häufigkeitsverteilung der kumulativen Tauchdauer sämtlicher Tauchgänge ( $n = 1075$ ) aller Tiere zur Unterscheidung von kurzen Tauchgängen und längeren, regulären Tauchgängen. Das erkennbare Minimum zwischen den ersten beiden Peaks in der Verteilung zeigt einen Wechsel der Tauchaktivität im Bereich von 60 s (Pfeil).

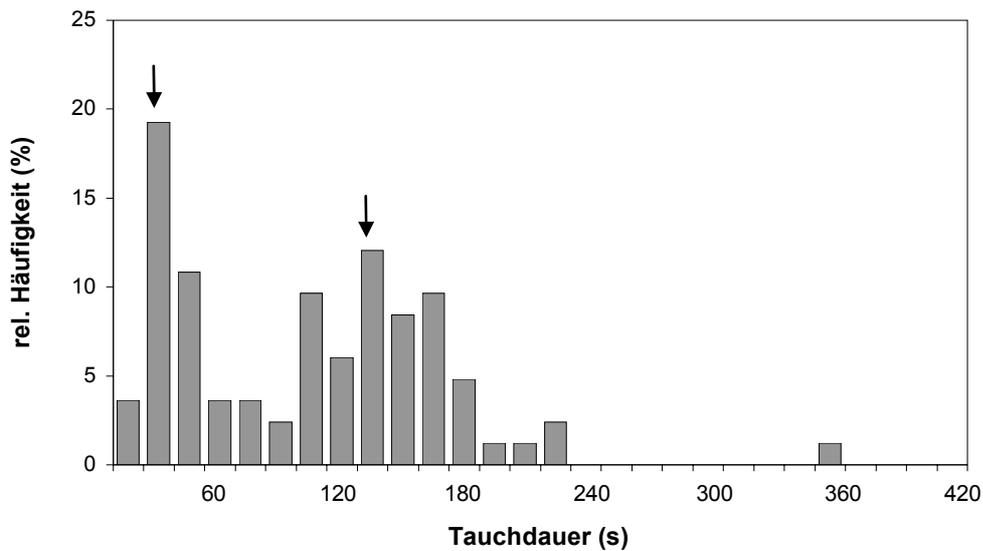


Abb. 28. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchdauer ( $n = 83$ ) eines besenderten Muttertiers vom 13.03.2001. Die relative Häufigkeit der Tauchdauer ist bimodal in kurze (1. Maximum) und lange Tauchgänge (2. Maximum) verteilt.

In Abb. 28 ist beispielhaft anhand der Tauchzeiten eines Muttertiers aus der Saison 2001 die relative Häufigkeitsverteilung abgebildet, bei der die bimodale Verteilung von kurzen Atemtauchgängen und langen, regulären Tauchgängen deutlich erkennbar ist.

#### 4.1.4 Tauchdauer

##### *Saison 1999*

Insgesamt wurden Tauchdaten von acht verschiedenen Grauwalmüttern aufgezeichnet. Dabei variierte die individuelle mittlere Tauchdauer von 85 s bis 128 s ( $\bar{x} = 107$  s,  $SD = 15$  s,  $n = 8$ ). Die Häufigkeitsverteilung aller Tauchgänge (Abb. 29 A) ergab einen Median von 80 s. Die mittleren Tauchzeiten der acht Tiere bei Tauchphasen  $> 60$  s lagen zwischen 117 und 250 s ( $\bar{x} = 169$  s,  $SD = 51$  s,  $n = 8$ ). Der Median dieser Verteilung betrug 163 s.

Von allen Tauchgängen waren 95 % kürzer als 310 s (Abb. 29 A). Von den aufgezeichneten Tauchdauern waren 42,3 % Tauchgänge  $\leq 60$  s. Die längste Maximaltauchdauer eines Individuums betrug 610 s. Trotz individueller Variabilität unterschied sich die Tauchdauer zwischen den Individuen nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test,  $p = 0,5$ ) (Abb. 30).

**Saison 2001**

Von neun verschiedenen Grauwalmüttern wurden Daten gewonnen. Die mittlere Tauchdauer der Tiere variierte zwischen 47 und 131 s ( $\bar{x} = 95$  s,  $SD = 24$  s,  $n = 9$ ). Die Häufigkeitsverteilung aller Tauchgänge (Abb. 29 B) wies einen Median von 75 s auf. Bei Tauchgängen  $> 60$  s wurden mittlere Tauchzeiten der einzelnen Grauwalmütter von 120 bis 205 s aufgezeichnet ( $\bar{x} = 155$  s,  $SD = 30$  s,  $n = 9$ ). Der Median der Häufigkeitsverteilung der Tauchphasen  $> 60$  s betrug 128 s.

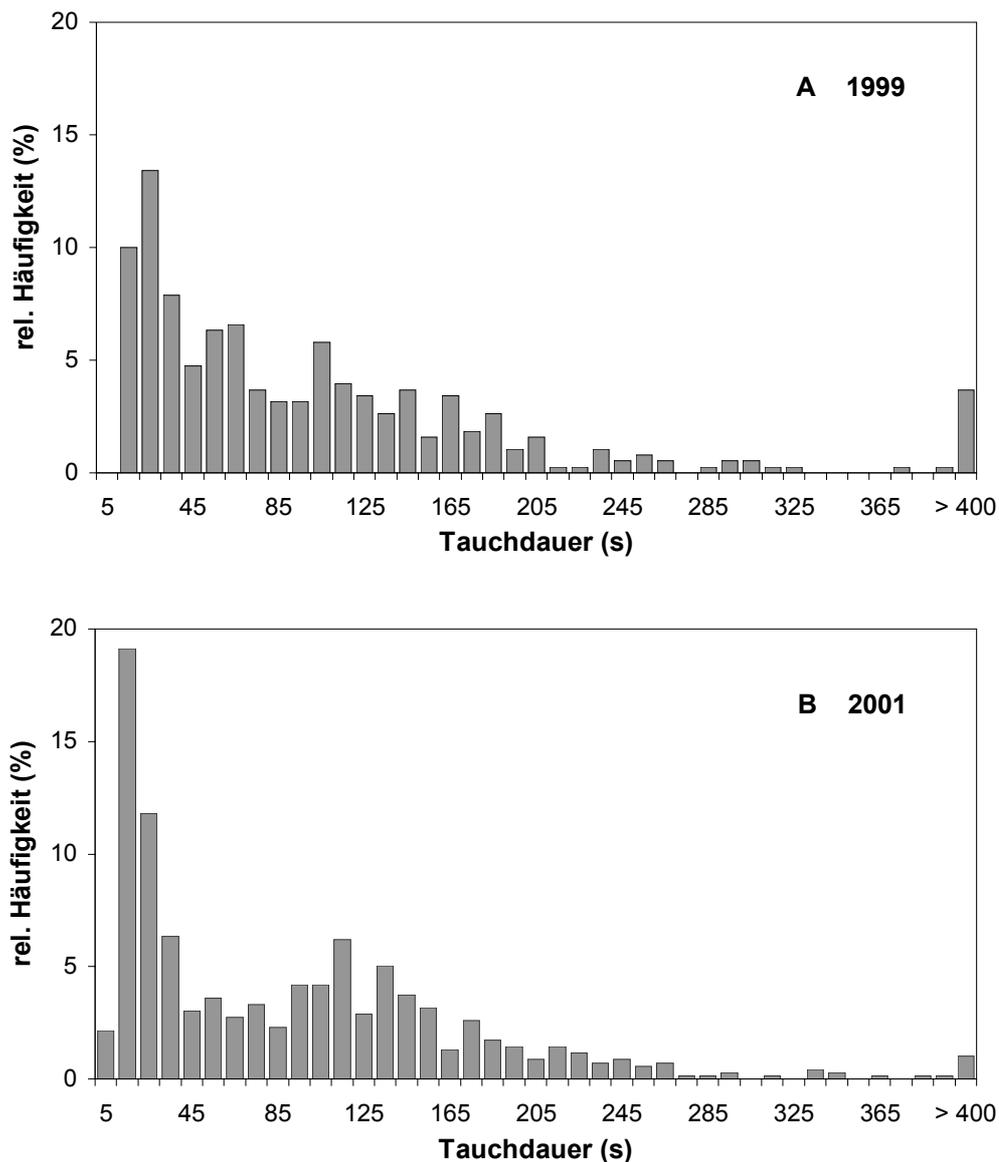


Abb. 29. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchdauer von Grauwalmüttern im Jahr 1999 (A) (8 Tiere,  $n = 380$ ) und 2001 (B) (9 Tiere,  $n = 695$ ). Tauchgänge  $> 400$  s ( $n = 14$  für 1999 und  $n = 7$  für 2001) sind zusammengefasst dargestellt.

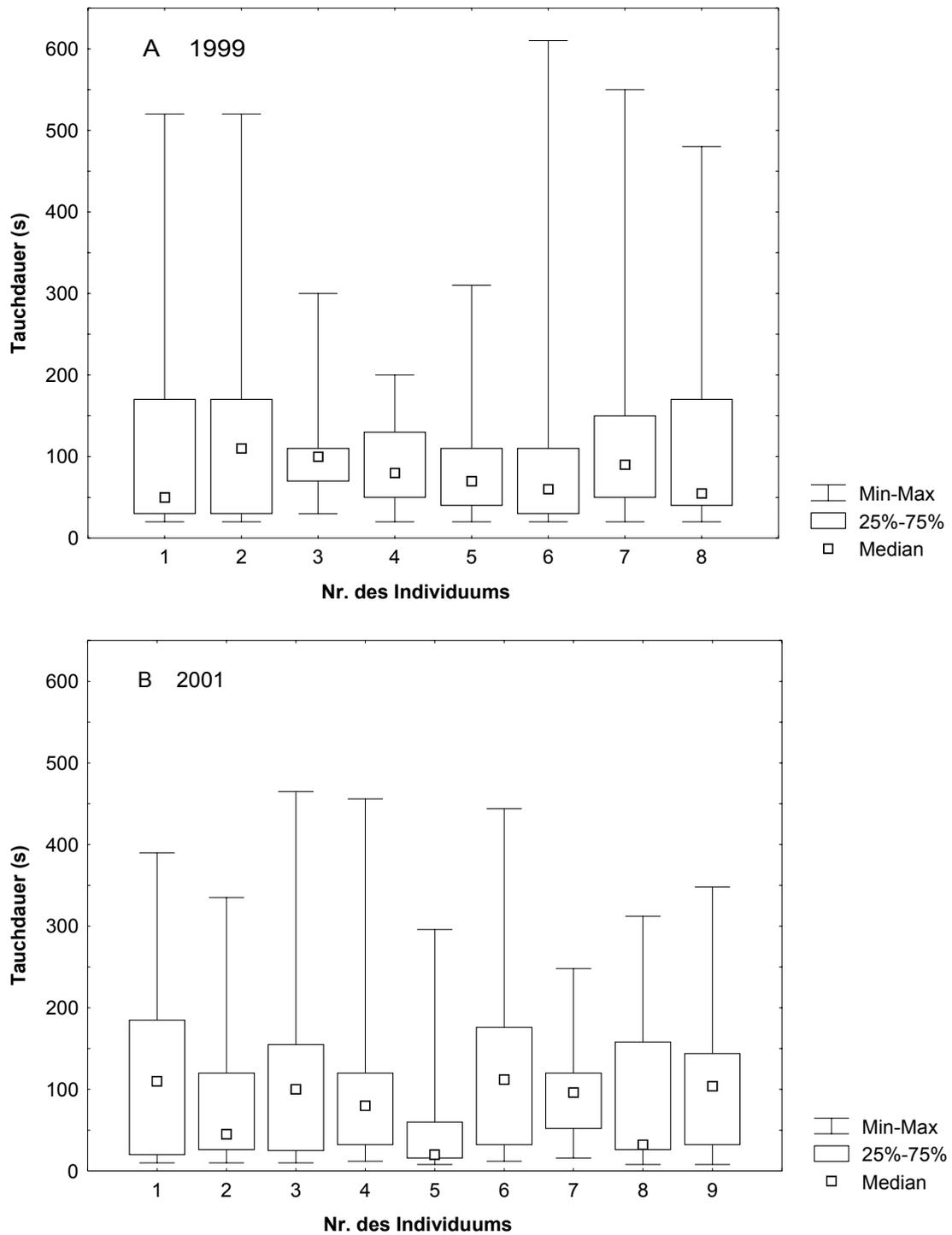


Abb. 30. Tauchdauer der einzelnen Muttertiere 1999 (A) und 2001 (B), dargestellt mit Median, 25% - 75% Interquartilen und Spanne.

Bei 95 % aller Tauchgänge lag die Tauchdauer unter 260 s (Abb. 29 B). Der Anteil von Tauchgängen  $\leq 60$  s lag bei 46,1 %. Der maximal längste Tauchgang eines Tieres dauerte 465 s. Der Vergleich der individuellen Tauchdauer der neun Grauwale ergab einen signifikanten Unterschied (Kruskal-Wallis-Test,  $p < 0,01$ ,  $H = 76,08$ ,  $FG = 8$ ) (Abb. 30).

### ***Vergleich 1999 vs. 2001***

Der Median und die Form der Häufigkeitsverteilung der Tauchdauer wurden bei allen Tauchgängen und bei den Tauchgängen  $> 60$  s der Jahre 1999 und 2001 miteinander verglichen.

#### ***Median 1999 vs. 2001***

Im Median der Tauchzeiten aller Tauchgänge zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen 1999 und 2001 (Median-Test,  $p = 0,5$ ). Die mediale Tauchdauer der Tauchgänge  $> 60$  s wies ebenfalls keinen deutlichen Unterschied auf (Median-Test,  $p = 0,9$ ).

#### ***Verteilungsform 1999 vs. 2001***

Die Form der Häufigkeitsverteilung der Tauchgänge aller Tauchgänge unterschied sich signifikant voneinander (Kolmogorov-Smirnov-2 Stichproben-Test,  $DK = 0,186$ ,  $p < 0,001$ ) (Abb. 29). Aber bei den Tauchgängen  $> 60$  s wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt (Kolmogorov-Smirnov-2 Stichproben-Test,  $p > 0,10$ ).

Die Häufigkeitsverteilung der Tauchdauer aller Tauchgänge (1999:  $n = 380$ ; 2001:  $n = 695$ ) zeigte in beiden Jahren Maxima zwischen 20 und 40 s (Atemtauchgänge) (Abb. 29). Im Gegensatz zu 1999 ist in der Verteilungsform der Häufigkeitsverteilung des Jahres 2001 eine Bimodalität der Tauchdauer deutlich erkennbar, mit einem zweiten Maximum bei 120 s (Abb. 29). Diese Verteilungsform mit einem ersten Peak bei den Tauchgängen  $\leq 60$  s und einem zweiten Peak bei den Tauchphasen  $> 60$  s ist aufgrund der größeren Datenmenge repräsentativer als die Darstellung von 1999 und zeigt die Aufteilung in kurze Atemtauchgänge und längere Tauchphasen. In der Saison 1999 wurden prozentual mehr Tauchgänge von 60-70 s beobachtet (vgl. Abb. 29).

## **4.1.5 Tauchtiefe**

### ***Saison 1999***

Die acht besenderten Grauwale tauchten im Mittel bei Tauchgängen  $> 60$  s zwischen 4,1 und 9,3 m tief ( $\bar{x} = 6,3$  m,  $SD = 1,8$  m,  $n = 8$ ) (Abb. 31 A). Die maximale Tiefe

während eines Tauchgangs betrug bei einem Tier 20,1 m. Insgesamt waren 95 % aller Tauchgänge nicht tiefer als 12 m, 61,2 % waren im Tiefenbereich von 0-6 m (Abb. 31A). Die individuelle mittlere Maximaltauchtiefe variierte signifikant zwischen den Grauwalkühen (Kruskal-Wallis-Test,  $H = 53,59$ ,  $FG = 7$ ,  $p < 0,01$ ).

### ***Saison 2001***

Bei neun Grauwalkühen wurden mittlere Tauchtiefen zwischen 4,7 und 12 m beobachtet ( $\bar{x} = 7,1$  m,  $SD = 2,9$  m,  $n = 9$ ) (Abb. 31 B). Der tiefste Tauchgang eines Individuums wurde mit 25,5 m registriert (siehe Abb. 22, Seite 50). Von allen Tauchgängen waren 95 % nicht tiefer als 14 m, und 54,4 % lagen in Tiefen von 0-6 m (Abb. 31 B). Auch in der Saison 2001 waren die individuellen Tauchtiefen der Tiere signifikant voneinander verschieden (Kruskal-Wallis-Test,  $H = 127,89$ ,  $FG = 8$ ,  $p < 0,01$ )

.

### ***Vergleich 1999 vs. 2001***

Die Häufigkeitsverteilung der Tauchtiefe bei Tauchgängen  $> 60$  s unterschied sich in den Jahren 1999 und 2001 nicht signifikant voneinander, wenn auch die Signifikanzgrenze nur knapp verfehlt wurde (Mann-Whitney U-Test,  $U = 37117,15$ ,  $n = 594$ ,  $p = 0,051$ ). In beiden Jahren ist deutlich zu erkennen, dass die meisten Tauchgänge im Tiefenbereich von 2-4 m lagen (1999: 44,3 % und 2001: 39,5 %) (Abb. 31). Im Jahr 2001 wurden anteilig mehr Tauchgänge im Tiefenbereich  $\geq 10$  m beobachtet (1999: 10,5 %; 2001: 25,3 %), dabei ist aber die individuelle Variabilität der aufgesuchten Tauchtiefen zu berücksichtigen.

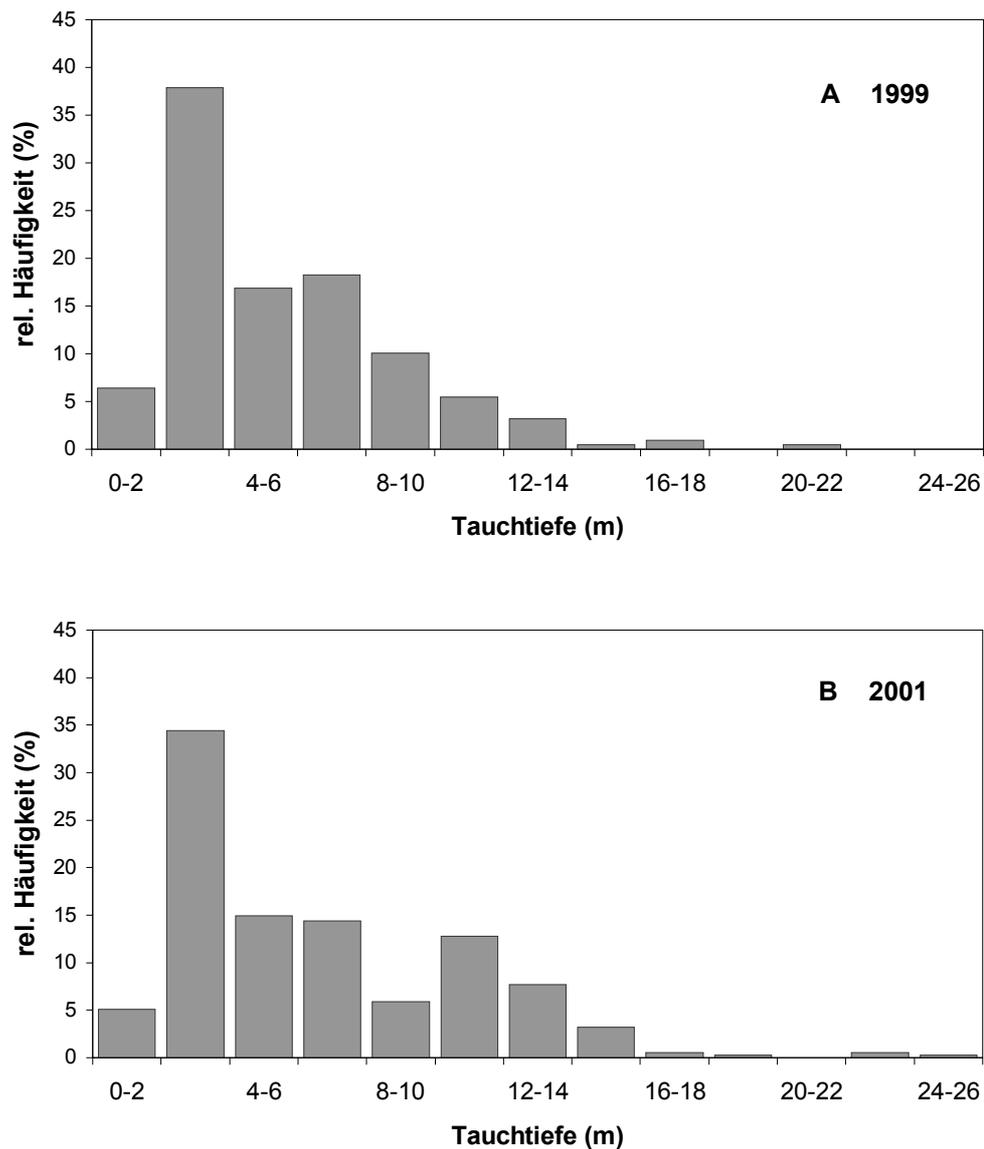


Abb. 31. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchtiefe von Grauwalen 1999 (A, n = 8) und 2001 (B, n = 9) bei Tauchgängen > 60 s.

#### 4.1.6 Bodenzzeit

##### *Saison 1999*

Die Bodenzzeit bei Tauchgängen > 60 s war im Mittel bei den einzelnen Tieren 56 bis 153 s lang ( $\bar{x} = 93$  s, SD = 37 s, n = 8). Der Median betrug 60 s. Die längste Bodenzzeit während eines Tauchgangs betrug 470 s. Die individuellen Bodenzzeiten der acht Wale waren nicht signifikant voneinander verschieden (Kruskal-Wallis-Test, p = 0,1).

Beim Vergleich der Bodenzeit mit der gesamten Dauer des Tauchgangs zeigte sich eine signifikante Korrelation (Spearman  $r_s = 0,84$ ,  $n = 219$ ,  $p < 0,001$ ) (Abb. 32).

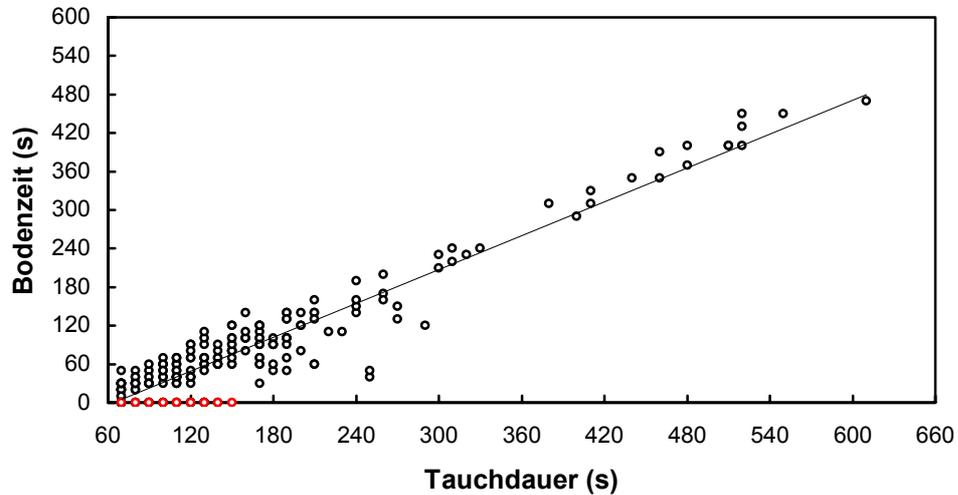


Abb. 32. Beziehung zwischen der Tauchdauer von Tauchgängen  $> 60$  s und der Bodenzeit in der Saison 1999. Die Beziehung wird am besten durch die Gleichung  $y = 0,87x - 56,16$  dargestellt (Spearman  $r_s = 0,84$ ,  $n = 219$ ,  $p < 0,001$ ). V-Tauchgänge sind rot dargestellt.

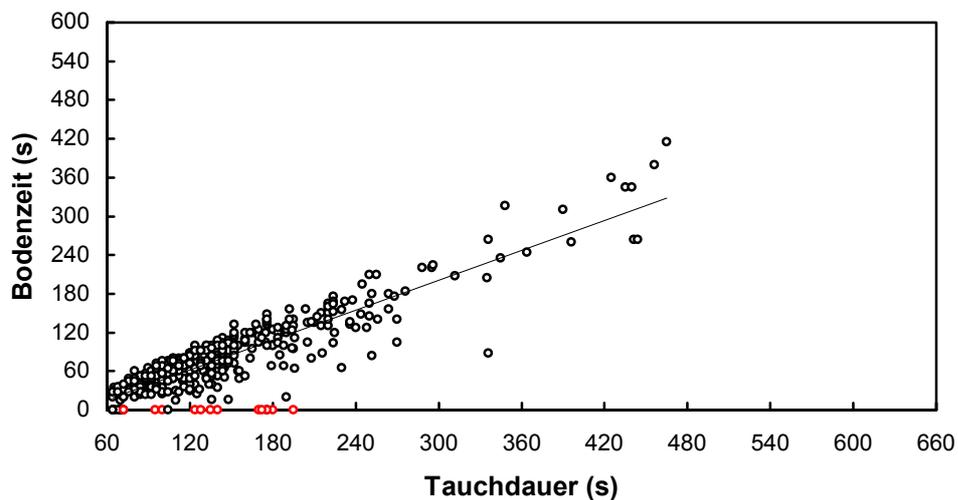


Abb. 33. Beziehung zwischen der Tauchdauer von Tauchgängen  $> 60$  s und der Bodenzeit in der Saison 2001. Die Beziehung wird am besten durch die Gleichung  $y = 0,77x - 30,93$  dargestellt (Spearman  $r_s = 0,80$ ,  $n = 375$ ,  $p < 0,001$ ). V-Tauchgänge sind rot dargestellt.

### Saison 2001

In der Wintersaison 2001 wurden mittlere Bodenzeiten der Grauwalkühe von 55 bis 128 s ( $\bar{x} = 87$  s, SD = 25 s, n = 9) beobachtet, der Median betrug 72 s. Als die längste Bodenzeit eines Tieres wurden 415 s aufgezeichnet. Die mittleren Bodenzeiten der Tiere unterschieden sich signifikant (Kruskal-Wallis-Test, H = 52,76, FG = 8, p < 0,01). Die Beziehung der Bodenzeit zur Gesamttauchdauer der Tauchgänge war deutlich signifikant korreliert (Spearman  $r_s = 0,80$ , n = 375, p < 0,001) (Abb. 33).

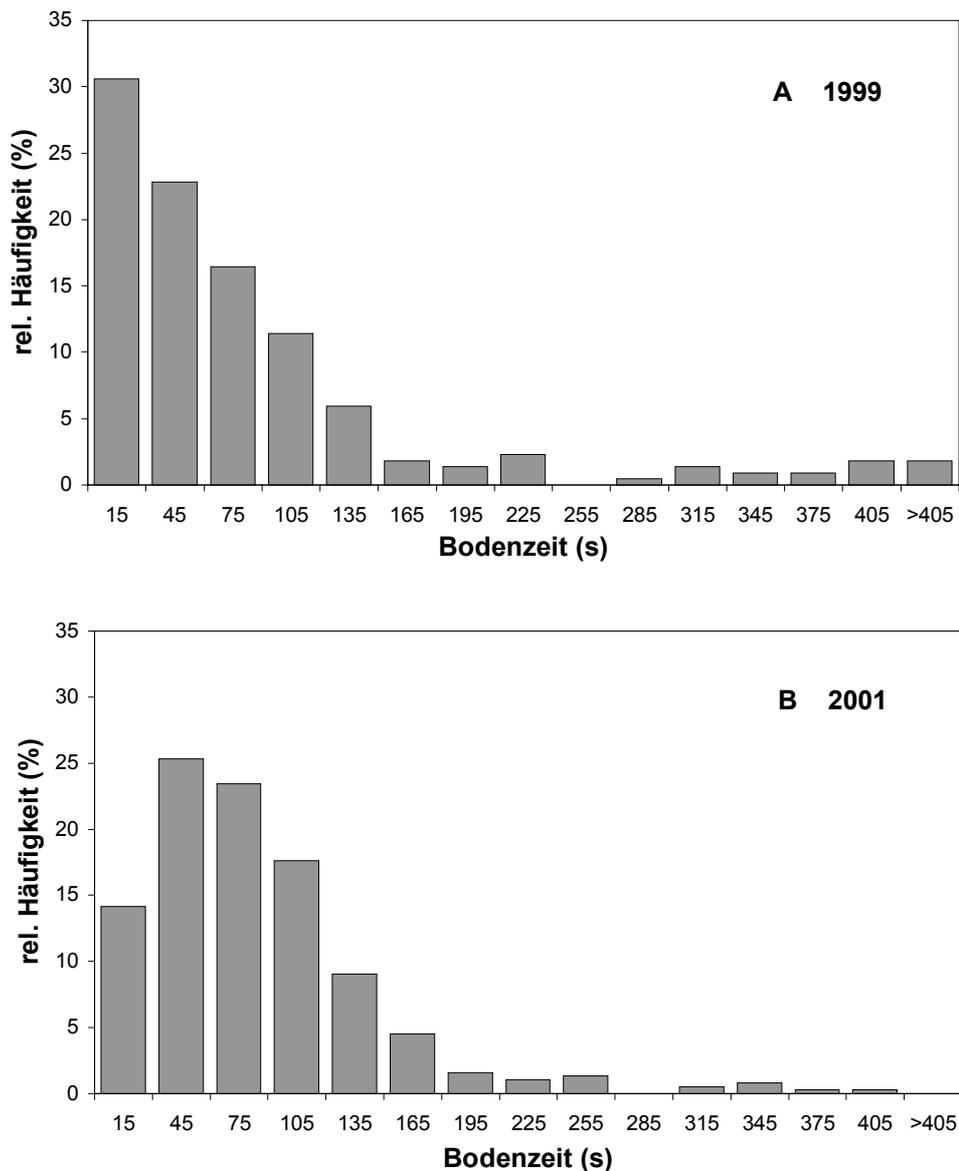


Abb. 34. Relative Häufigkeitsverteilung der Bodenzeit von Grauwalen 1999 (A, n = 219) und 2001 (B, n = 375) bei Tauchgängen > 60 s.

### ***Vergleich 1999 vs. 2001***

Die Häufigkeitsverteilung der Bodenzeiten von Tauchgängen > 60 s der Jahre 1999 und 2001 unterschied sich signifikant voneinander (Kolmogorov-Smirnov- 2 Stichproben-Test,  $DK = 0,56$ ,  $p < 0,005$ ) (Abb. 34). In der Saison 1999 wurden häufiger kürzere Bodenzeiten beobachtet, 30,6 % der Bodenphasen waren nicht länger als 30 s (Abb. 34). In der Saison 2001 hatten nur 14,1 % der Bodenzeiten eine Dauer von  $\leq 30$  s (Abb. 34). In beiden Jahren waren mehr als 50 % aller aufgezeichneten Bodenzeiten zwischen 31 und 120 s lang (1999: 50,7 %, 2001: 66,4 %) (vgl. Abb. 34).

#### **4.1.7 Respiration und Oberflächenzeit**

Die Respirationmuster von acht besenderten Grauwalkühen des Jahres 2001 wurden in Bezug auf die Parameter: Anzahl der Atemzüge pro Oberflächenzeit, Atemfrequenz (Atemzüge  $\text{min}^{-1}$ ) und Oberflächenzeit ausgewertet. Ein weiteres Tier wird gesondert betrachtet und nicht in den individuellen Vergleich der Respirationparameter mit einbezogen. Dieser Wal hatte im Zeitraum der Beobachtung ein von den anderen Individuen deutlich unterschiedliches Tauchverhalten mit mehreren ausgedehnt langen Oberflächenphasen (maximal 52 min, siehe Abb. 24) ohne erkennbare Tauchaktivität.

##### ***Anzahl der Atemzüge pro Oberflächenzeit***

Bei acht Walen wurden im Mittel 1,45 bis 2,33 Atemzüge pro Oberflächenphase beobachtet ( $\bar{x} = 1,79$ ,  $SD = 0,29$ ,  $n = 8$ ). Die mittlere Rate von Atemzügen pro Oberflächenzeit war zwischen diesen Tieren nicht signifikant verschieden (Kruskal-Wallis-Test,  $p = 0,4$ ). Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass in 83,6 % der Fälle die Wale nicht öfter als zweimal pro Oberflächenphase atmeten, in 95 % der Fälle waren es  $\leq 4$  Atemzüge pro Zeitintervall an der Oberfläche (Abb. 35).

##### ***Atemfrequenz***

Die Atemfrequenz der Tiere betrug zwischen 0,46 und 0,76 Atemzüge  $\text{min}^{-1}$  ( $\bar{x} = 0,61$   $\text{min}^{-1}$ ,  $SD = 0,10$   $\text{min}^{-1}$ ,  $n = 8$ ). Die individuellen Unterschiede der Atemfrequenz der Grauwalkühe erwiesen sich als nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test,  $p = 0,4$ ).

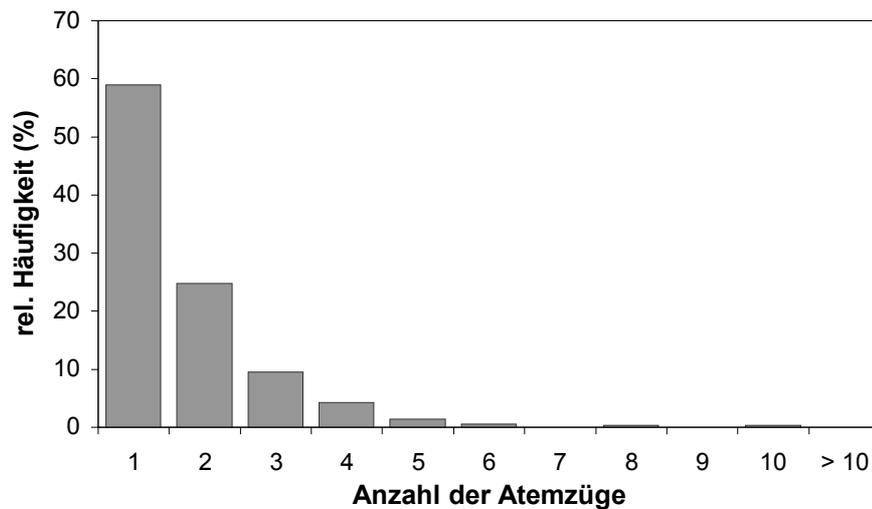


Abb. 35. Relative Häufigkeitsverteilung der Atemzüge pro Oberflächenzeit (Zeitintervall aller Atemtauchgänge  $\leq 60$  s zwischen den Tauchgängen  $> 60$  s) von Grauwalkühen ( $n = 8$ ) im Jahr 2001.

### ***Oberflächenzeit***

Die mittlere Oberflächenzeit der acht Grauwalkühe lag zwischen 18 und 38 s ( $\bar{x} = 24$  s,  $SD = 8$  s,  $n = 8$ ). Es gab keine signifikanten individuellen Unterschiede (Kruskal-Wallis-Test,  $p = 0,4$ ).

Es waren 95 % aller Oberflächenzeiten  $\leq 90$  s, und 90 % waren  $\leq 60$  s (Abb. 36). Der prozentuale Anteil der Oberflächenzeit am Gesamttauchgangszyklus betrug bei den einzelnen Tieren zwischen 8,1 und 15,1 % ( $\bar{x} = 12,0$  %,  $SD = 3,0$  % s,  $n = 8$ ). Der Faktor des Verhältnisses der Zeit an der Oberfläche zur Tauchzeit betrug im Mittel demnach 0,12.

Ein weiteres Tier, welches wie schon oben angeführt nicht in die Analyse mit einbezogen wurde, zeigte während der Beobachtungszeit sehr lange Oberflächenzeiten, mit einem Maximum von 52 min ohne Tauchaktivität (siehe Abb. 24). Weitere Oberflächenzeiten von 11 und 12 min ohne Tauchaktivität wurden bei dieser Grauwalkuh ebenfalls beobachtet (vgl. Abb. 24).

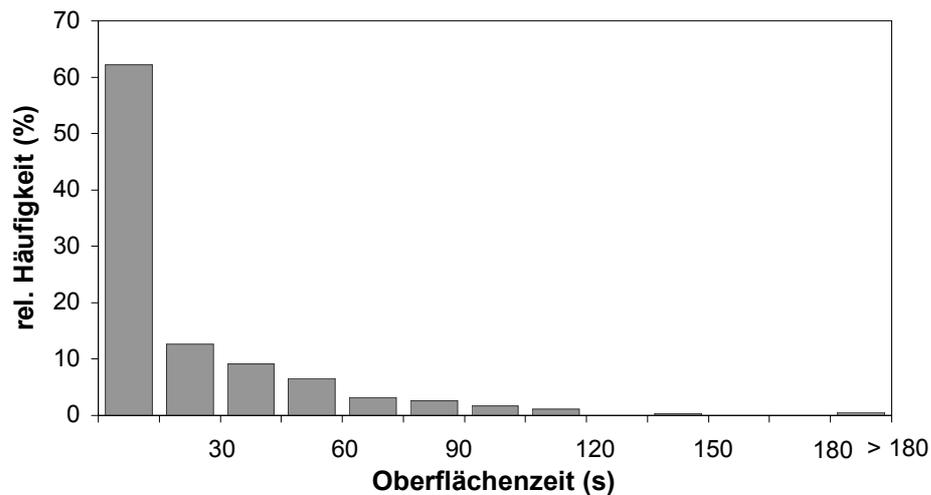


Abb. 36. Relative Häufigkeitsverteilung der Oberflächenzeit (Zeitintervall aller Atemtauchgänge  $\leq 60$  s zwischen den Tauchgängen  $> 60$  s) von Grauwalkühen ( $n = 8$ ) im Jahr 2001.

#### 4.1.8 Vergleich von Tauchparametern und Oberflächenzeit

Mit einer Spearman-Rangkorrelation wurde getestet, inwieweit bei acht Tieren der Saison 2001 Gemeinsamkeiten zwischen den einzelnen Parametern existieren.

Die Anzahl der Atemzüge an der Oberfläche und die gesamte Oberflächenzeit während einer Auftauchphase korrelierten sehr stark positiv (Tab. 1), was gleichzeitig auch die relative Konstanz der Atemintervalle (Zeit zwischen zwei Atemzügen) aufzeigt (vgl. Dorsey et al. 1989).

Die Tauchdauer vor und nach einer Oberflächenzeit korrelierten ebenfalls positiv miteinander (Tab. 1). Die Tiere zeigten die Tendenz, mehrere Tauchgänge gleicher Dauer aufeinander folgen zu lassen, und in der Abfolge seltener zwischen kurzen und langen Tauchgängen zu wechseln.

Sowohl die Tauchdauer vor der Oberflächenphase als auch danach korrelierte positiv mit der Oberflächenzeit (Tab. 1), wobei die Korrelation der Oberflächenzeit mit der Tauchdauer danach deutlicher ausfiel.

Auch die Anzahl der Atemzüge korrelierte positiv mit der Tauchdauer (Tab. 1). Auch hier zeigte sich eine deutlichere Korrelation der Tauchdauer mit den darauf folgenden Atemzügen.

Die Maximaltiefen der Tauchgänge korrelierten positiv mit der Oberflächenzeit und der Anzahl der Atemzüge, sowohl vor als auch nach einer Oberflächenphase (Tab. 1).

Tab. 1. Spearman-Rangkorrelation ( $r_s$ ) von Oberflächen-, Respirations- und Tauchparametern acht besendeter Grauwalkühe der Saison 2001.

Parameter des Vergleichs	$r_s$	n	p
Atemzüge vs. Oberflächenzeit	0,98	349	<< 0,001
Tauchdauer davor vs. Tauchdauer danach	0,27	172	< 0,001
Tauchdauer davor vs. Oberflächenzeit	0,11	349	< 0,05 (0,04)
Tauchdauer davor vs. Atemzüge	0,13	349	< 0,05
Maximaltiefe davor vs. Oberflächenzeit	0,22	349	< 0,001
Maximaltiefe davor vs. Atemzüge	0,26	349	< 0,001
Tauchdauer danach vs. Oberflächenzeit	0,14	348	< 0,05 (0,01)
Tauchdauer danach vs. Atemzüge	0,16	348	< 0,01
Maximaltiefe danach vs. Oberflächenzeit	0,28	348	<< 0,001
Maximaltiefe danach vs. Atemzüge	0,32	348	<< 0,001

#### 4.1.9 Tauchlage

Für die Auswertung der Tauchlage der Wale wurden nur Daten von besenderten Tieren verwendet, bei denen der Datenlogger in nahezu mittiger Position auf dem Rücken befestigt war. Anhand der digitalen Videoaufzeichnungen wurde visuell eine Winkelkorrektur von geringfügig links- bzw. rechtsseitig auf dem Rücken sitzenden Fahrten-schreibern durchgeführt. Von insgesamt acht Grauwalkühen konnte die Schwimmlage während des Tauchgangs ausgewertet werden.

Ereignisse im Winkelbereich von  $45^\circ$  bis  $135^\circ$  wurden als normale, aufrechte Schwimmlage mit geringfügigen Abweichungen definiert, Ereignisse von  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  und von  $135^\circ$  bis  $180^\circ$  als Seitenlage (siehe Abschnitt 3.1). Alle Werte der Fahrten-schreiber von  $< 0^\circ$  (Neigung des Wals über die linke Körperseite) und  $> 180^\circ$  (Neigung

über die rechte Körperseite), bei denen vom Fahrtenschreiber nur das Ereignis „Rückenlage“ ohne Angabe eines Winkels aufgezeichnet wurde, konnten dementsprechend als links- bzw. rechtsseitige Rückenlagen unterschieden werden.

Die relative Häufigkeitsverteilung der Lagewinkel der Wale während der Tauchgänge zeigt, dass bei sieben Tieren zwischen 85,2 % und 97,2 % der aufgezeichneten Winkel der aufrechten Schwimmlage entsprachen (Tab. 2, Abb. 37 und Abb. 38). Bei zwei Grauwalkühen, besonders am 3. und 13. März 2001, wurden gehäuft Seiten- und Rückenlagen registriert (siehe Tab. 2). Bei dem am 3. März 2001 mit Fahrtenschreiber ausgerüsteten Tier entsprachen 24,6 % der Winkel einer seitlichen Lage (Tab. 2, Abb. 38). Die Gesamtzeit der Seitenlagen bei diesem Wal betrug 16 min bei einer Aufzeichnungsdauer von 90 min. Das Tier vom 13. März 2001 wies 10,6 % seitliche Tauchlagen auf, das war insgesamt eine Dauer von 14 min bei einer Gesamtzeit der Aufzeichnung von 135 min. In beiden Fällen wurde keine gleichzeitige Fressaktivität beobachtet, die z.B. anhand einer Schlammfahne oder abgerissenem Seegras an der Wasseroberfläche erkennbar ist (siehe Oliver et al. 1983, Oliver & Slattery 1985). Der Versuch des aktiven Abstreifens der Geräte wurde bei beiden Tieren nicht gesehen.

Tab. 2. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchlagewinkel von acht besenderten Grauwalkühen.

Datum	n	Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchlagewinkel (%)		
		Aufrechte Lage (45°-135°)	Linke Seiten- und Rückenlage (0°- 45°, <0° )	Rechte Seiten- und Rückenlage (135°-180°, >180°)
15.3.99	1347	97,2	0,8	2,0
16.3.99	320	95,6	0,6	3,8
22.3.99	474	85,2	5,9	8,9
25.3.99	997	86,7	8,9	4,4
3.3.01	1291	75,0	24,6	0,4
6.3.01	2961	95,3	1,4	3,3
10.3.01	2611	91,8	6,9	1,3
13.3.01	2035	88,1	1,3	10,6

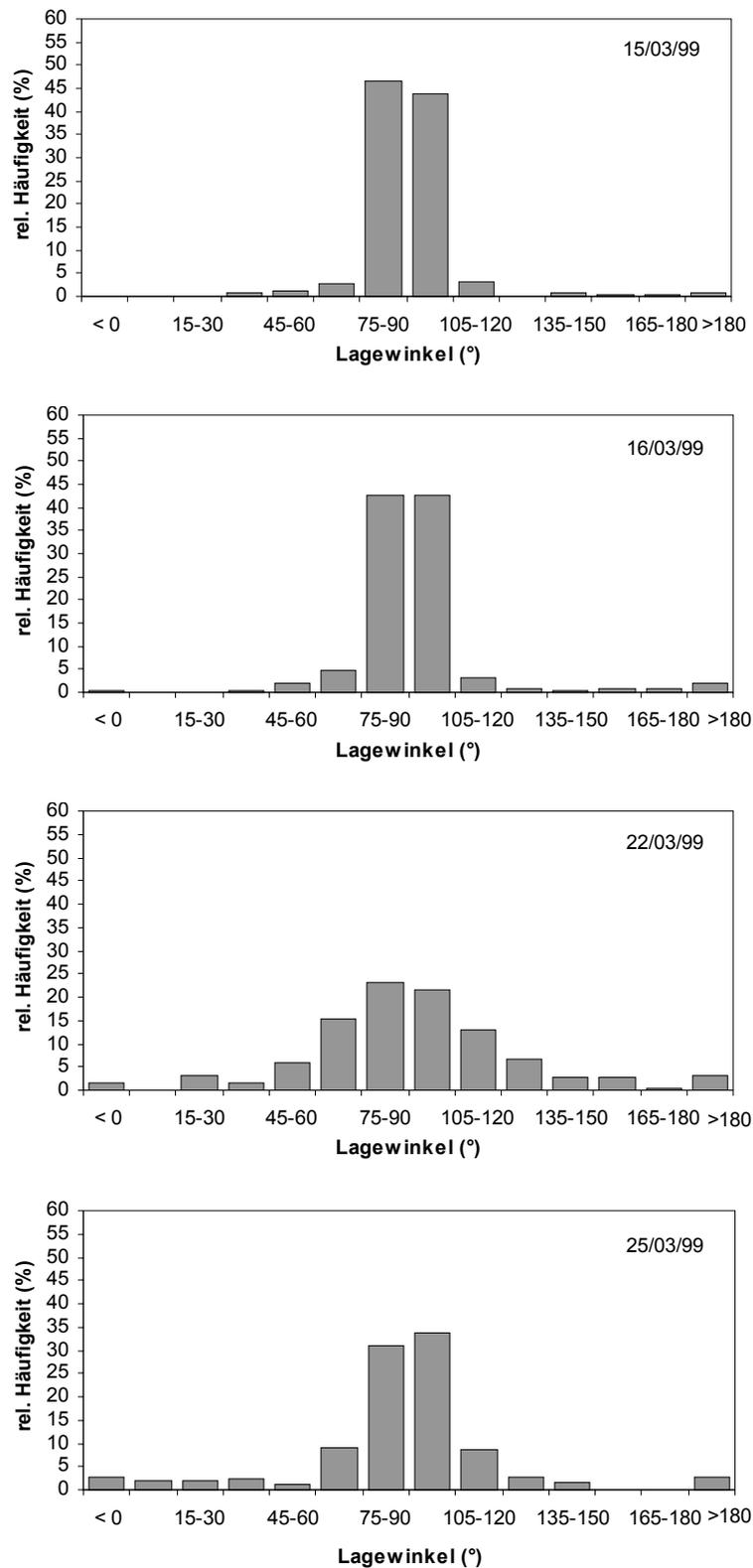


Abb. 37. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchlagewinkel von Grauwalkühen der Saison 1999. Die 90° Position ist die senkrechte Schwimmelage, Werte von 0°-45° und 135°-180° sind Seitenlagen, Werte < 0° und > 180° sind Rückenlagen.

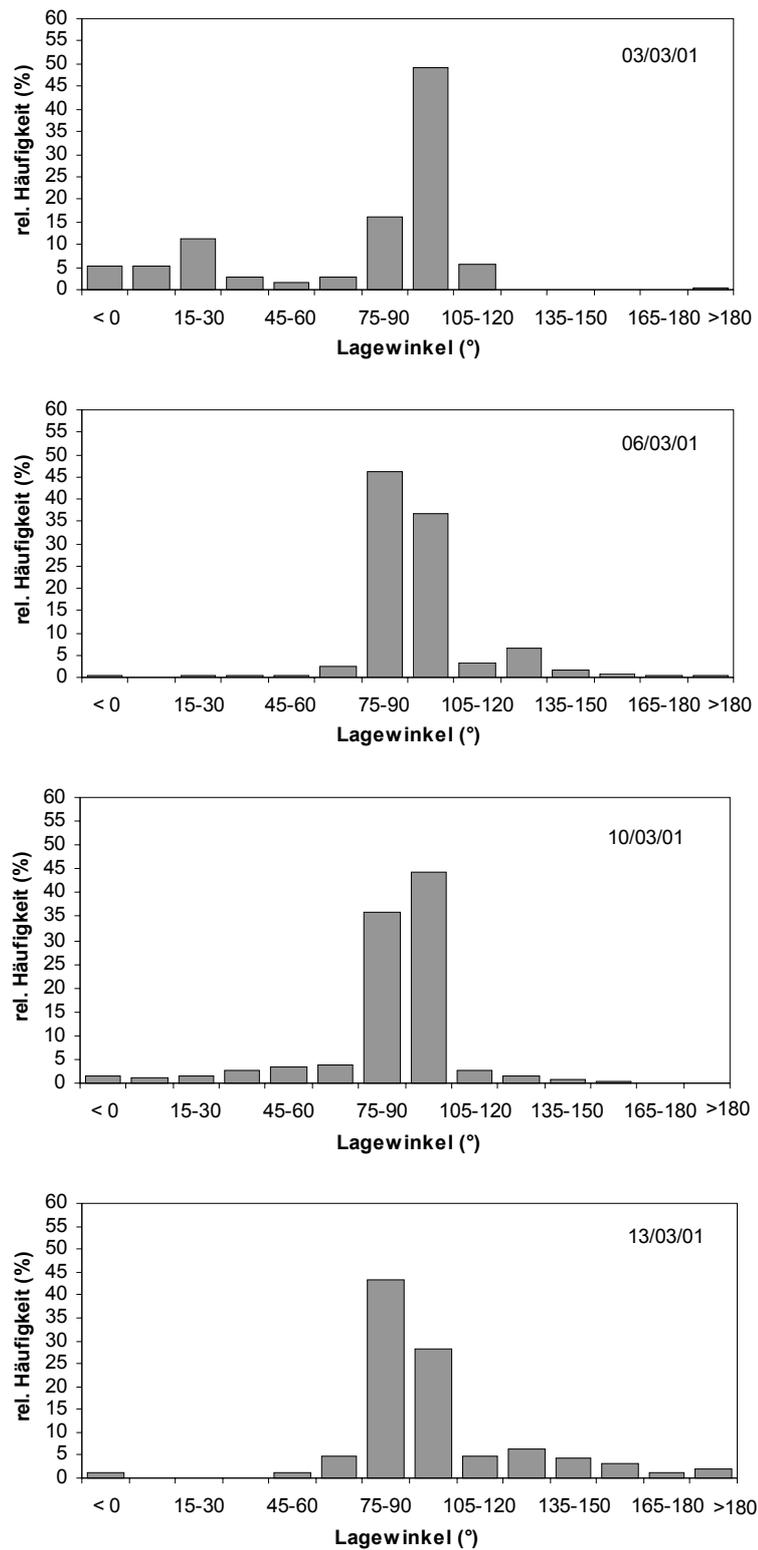


Abb. 38. Relative Häufigkeitsverteilung der Tauchlagewinkel von Grauwalkühen der Saison 2001. Die 90° Position ist die senkrechte Schwimm- lage, Werte von 0°-45° und 135°-180° sind Seitenlagen, Werte < 0° und > 180° sind Rückenlagen.

### Seiten- und Rückenlagen

Bei acht Grauwalkühen wurden 154 linksseitige ( $< 45^\circ$ ) und 177 rechtsseitige ( $> 135^\circ$ ) Seiten- und Rückenlagen registriert, die Dauer beider Tauchlagen betrug im Median 6 s, bei einem Tier wurden maximal 452 s (7,5 min) in linksseitiger Tauchlage aufgezeichnet (Tab. 1, Abb. 40).

Tab. 3. Parameter der Tauchdauer (s) für die linksseitige ( $< 45^\circ$ ) und rechtsseitige ( $> 135^\circ$ ) Tauchlage, ermittelt bei mit Fahrtenschreibern besenderten Grauwalkühen ( $n = 8$ ), März 1999 und 2001.

Tauchlage	n	Median	25-75 %	Maximum
linksseitig	154	6	4 - 20	452
rechtsseitig	177	6	6 - 16	132

Ein Vergleich der beobachteten Häufigkeiten der Dauer von linken und rechten Seiten- und Rückenlagen während des Tauchgangs ergab keinen signifikanten Unterschied (Mann Whitney U-Test,  $p > 0,05$ ) (Abb. 39). Auch hinsichtlich der Verteilung ihrer Dauer unterschieden sich linke und rechte Seiten- und Rückenlagen nicht voneinander (Kolmogorov-Smirnov 2 Stichprobentest,  $p > 0,05$ ).

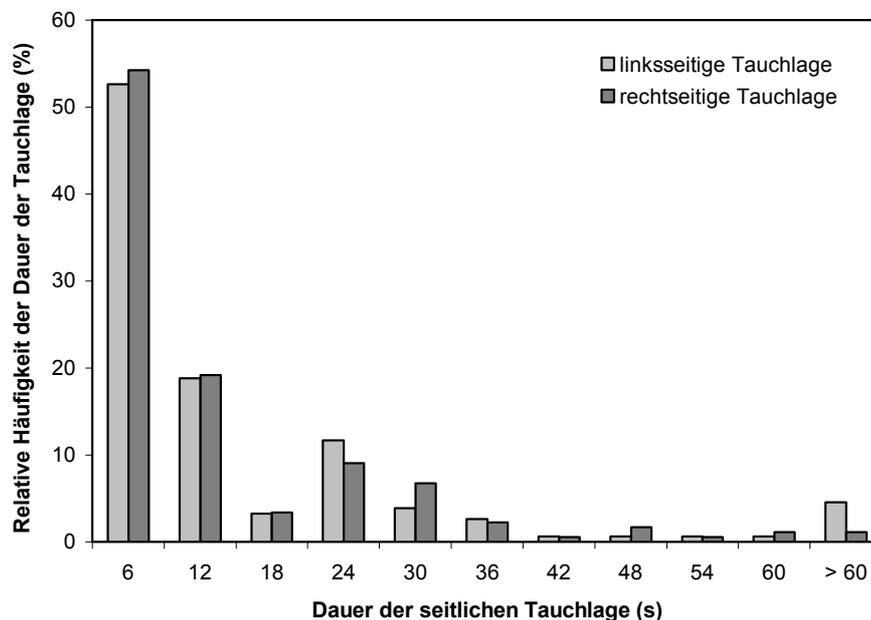


Abb. 39. Relative Häufigkeit der Dauer von linksseitiger ( $< 45^\circ$ ,  $n = 154$ ) und rechtsseitiger ( $> 135^\circ$ ,  $n = 177$ ) Tauchlage, von besenderten Grauwalkühen ( $n = 8$ ), März 1999 und 2001

Bei den einzelnen Individuen gab es Unterschiede in der beobachteten Dauer von links- und rechtseitigen Seiten- und Rückenlagen. Für die Muttertiere, bei denen eine ausreichende Stichprobengröße vorlag, wurden die Zeitdauern der Tauchlagen miteinander verglichen. Bei drei Individuen gab es keine deutlichen Unterschiede, bei einem Wal waren linke Seiten- und Rückenlagen signifikant länger, bei einem zweiten die rechten Seiten- und Rückenlagen, bei einem weiteren lag der Vergleich an der Signifikanzgrenze (Tab. 4). Die einzelnen Parameter sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 4. Dauer (s) von linken ( $< 45^\circ$ ) und rechten ( $> 135^\circ$ ) Seiten- und Rückenlageereignissen, ermittelt bei sechs mit Fahrtenschreibern besenderten Grauwalkühen, März 1999 und 2000.

Datum	n		Median		25 - 75 %		Maximum		U-Test p
	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	
15. Mrz. 99	12	10	6	13	6	6-30	30	70	0,14
22. Mrz. 99	17	30	6	6	6	6	30	50	0,85
25. Mrz. 99	21	35	6	6	6-20	6	40	30	0,05*
6. Mrz. 01	17	28	4	8	4-12	8-12	28	28	0,3
10. Mrz. 01	52	22	8	4	4-18	4	60	16	$< 0,01^*$
13. Mrz. 01	22	40	4	12	4	8-30	12	132	$< 0,01^*$

Um näher zu betrachten, wann die Rückenlageereignisse stattfanden, bei denen ein seitliches Rollen über die horizontale Körperachse hinaus nach links ( $< 0^\circ$ ) bzw. nach rechts ( $> 180^\circ$ ) registriert werden konnte, wurden diese zusätzlich ausgewertet. Bei einem Tier wurden 37 Ereignisse einer Rückenlage aufgezeichnet. Von allen Rückenlageereignissen ( $n = 146$ ) wurden 84,2 % während der Bodenphase des Tauchgangs beobachtet. Die Anzahl aufgezeichneter Rückenlageereignisse variierte bei den einzelnen Grauwalkühen zwischen minimal  $1,9 \text{ h}^{-1}$  und maximal  $19,1 \text{ h}^{-1}$  ( $\bar{x} = 8,2 \text{ h}^{-1}$ ,  $SD = 5,6 \text{ h}^{-1}$ ,  $n = 8$ ).

Die Rückenlageereignisse während der Bodenphase des Tauchgangs dauerten bei den Tieren maximal zwischen 10 und 30 s ( $\bar{x} = 14,3 \text{ s}$ ,  $SD = 7,9 \text{ s}$ ,  $n = 8$ ). Insgesamt waren 91,9 % aller Ereignisse  $< 10 \text{ s}$ . Es wurden nur wenige länger andauernde Rückenlageereignisse während der Bodenphase beobachtet. In Abb. 40 ist als Fallbeispiel das Tauchprofil einer Grauwalkuh mit der zeitgleich aufgezeichneten Tauchlage dargestellt. Besonders auffällig ist hier, dass nach einer linken Seiten- und Rückenlage von 7,5 min während der Bodenphase des Tauchgangs ein kurzzeitiger Wechsel in eine rechtsseitige Tauchlage nach Erreichen der Maximaltiefe des Tauchgangs erfolgt, also ein komplettes „Überrollen“ um die Körperachse.

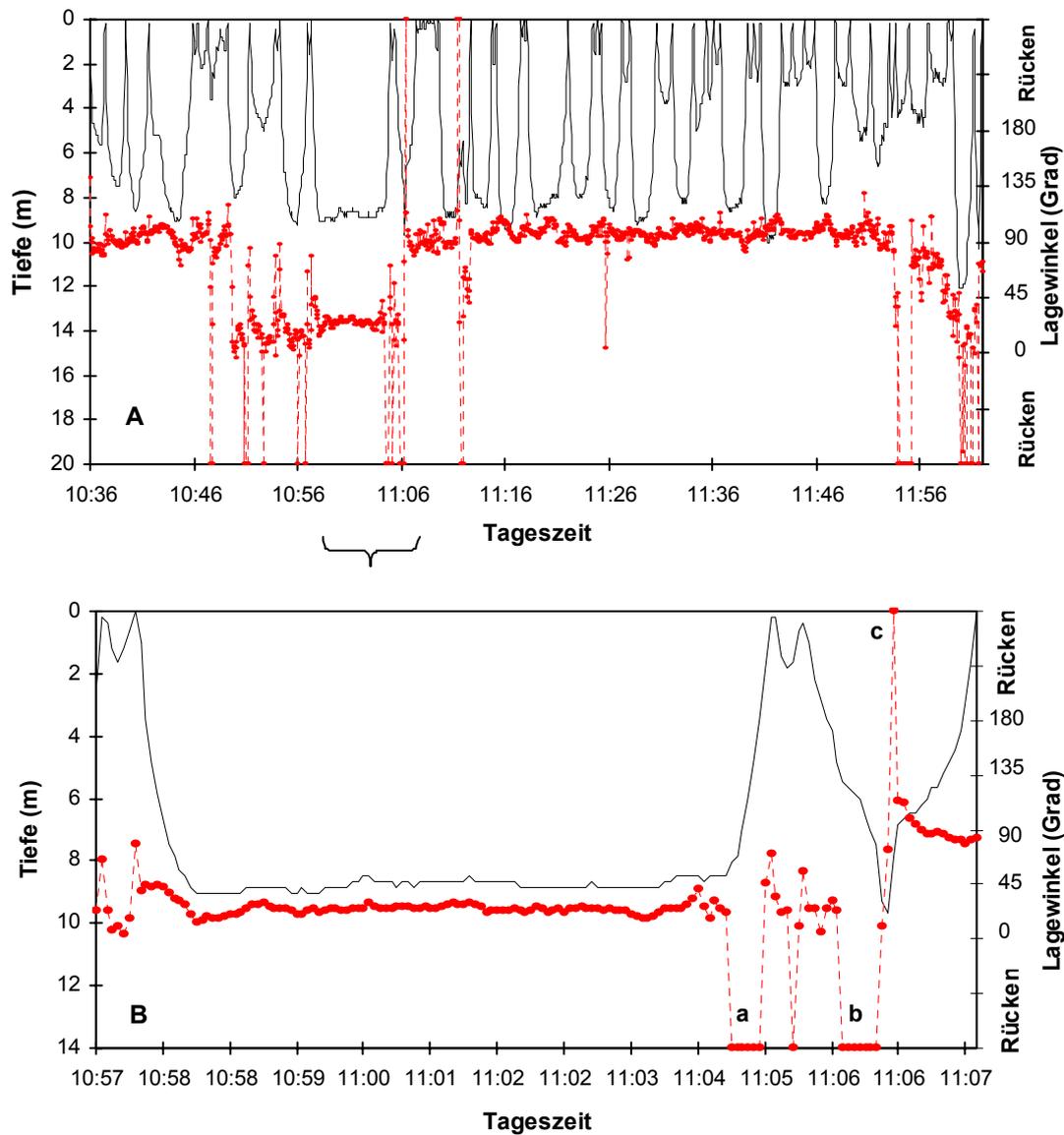


Abb. 40. Tauchprofil einer Grauwalkuh vom 3. März 2001 mit den aufgezeichneten Seiten- und Rückenlagen (A), bei denen der Winkel von  $90^\circ$  der exakt aufrechten Lage, Winkel von  $< 45^\circ$  einer linken und  $> 135^\circ$  einer rechten Seitenlage entsprechen. Werte von  $< 0^\circ$  und  $> 180^\circ$  sind Rückenlagen. In einem Ausschnitt (B) sind eine linksseitige Rückenlage während des Auftauchens und an der Oberfläche (a), eine linksseitige Rückenlage während des folgenden Abtauchens (b) und eine Drehung um die Körperachse in die rechtsseitige Rückenlage beim Erreichen der Maximaltiefe (c) zu sehen.

Bei einem weiteren Muttertier wurde während fünf aufeinander folgender U-Tauchgänge eine gehäufte Anzahl von 32 kurzzeitigen Rollereignissen in die Rückenlage registriert, dabei dauerten die Rückenlagen zwischen 4 und 16 s (siehe Abb. 41). Dreiundzwanzig Rückenlageereignisse davon fanden während der Bodenphase statt, neun weitere während der Auftauchphase des Tieres (Abb. 41).

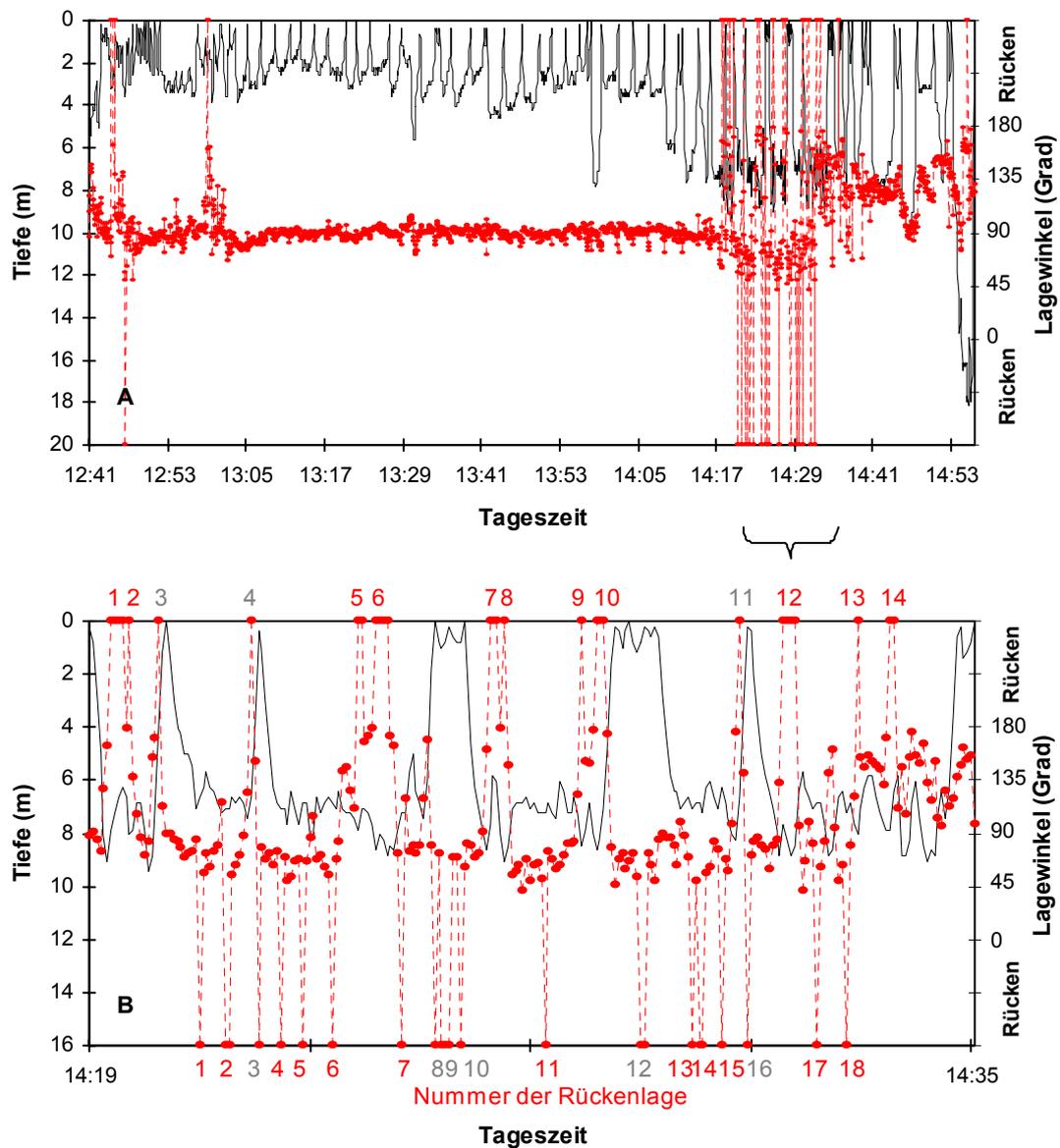


Abb. 41. Tauchprofil einer Grauwalkuh vom 13. März 2001 mit den aufgezeichneten Seiten- und Rückenlagen (A), bei denen der Winkel von  $90^\circ$  der exakt aufrechten Lage, Winkel von  $< 45^\circ$  einer linken und  $> 135^\circ$  einer rechten Seitenlage entsprechen. Werte von  $< 0^\circ$  und  $> 180^\circ$  sind Rückenlagen. In einem Ausschnitt des Profils (B) sind insgesamt 32 Rückenlagen zu erkennen, 18 linke (unten) und 14 rechte (oben). Während der Bodenphase des Tauchgangs sind es 23 Ereignisse (12 linke, 11 rechte; rote Zahlen) und 9 während der Auftauchphase (6 linke, 3 rechte; graue Zahlen). Aufeinander folgende Datenpunkte in Rückenlage wurden als ein Ereignis gewertet. Die Dauer der Rückenlagen beträgt zwischen 4 und 16 s.

Der Vergleich der Häufigkeit des Auftretens von nach links und rechts gerichteten Rückenlagen während der Bodenphase des Tauchgangs konnte aufgrund der kleinen Stichprobengröße nur bei sechs Tieren durchgeführt werden. Dabei zeigte sich in vier Fällen eine signifikante Präferenz für eine bestimmte Rückenlage, drei Grauwalkühe

rollten sich signifikant häufiger über die linke Seite in Rückenlage, ein Tier signifikant häufiger über die rechte Seite (Chi<sup>2</sup>-Anpassungstest, FG = 1, p-Werte siehe Tab. 5).

Tab. 5. Rückenlageereignisse von acht besenderten Grauwalkühen, aufgeteilt in links- und rechtsseitige Lage während des Abtauchens, Auftauchens und der Bodenphase. Für die Bodenphase sind die p-Werte der Präferenz für eine bestimmte Seite dargestellt (Chi<sup>2</sup>-Anpassungstest, FG = 1). Zwei Tiere (15. und 16. März) wurden aufgrund der kleinen Stichprobengröße nicht berücksichtigt.

Datum	n	Ereignisse / h	Tauchlage						p
			Abtauchen		Auftauchen		Boden		
			links	rechts	links	rechts	links	rechts	
15.3.99	7	1,9					1	6	-
16.3.99	4	4,4					1	3	-
22.3.99	14	6,4					5	9	0,29
25.3.99	37	13,3	2		2	3	9	21	0,03
3.3.01	28	19,1	5		5		16	2	0,001
6.3.01	14	4,2					11	3	0,03
10.3.01	21	7,1					18	3	0,001
13.3.01	32	14,2			6	3	12	11	0,83

#### 4.1.10 Vergleich von Tauchparametern und beobachtetem Verhalten

Die Tauchvariablen Tauchdauer, Bodenzeit und maximale Tauchtiefe von Tauchgängen > 60 s konnten bei insgesamt 15 Grauwalkühen (1999: n = 7; 2001: n = 8) mit dem gleichzeitig beobachteten Verhalten der Tiere analysiert werden. Hierzu konnten die Datensätze beider Jahre zusammengefasst werden, da es zwischen den Individuen und den Jahren keine signifikanten Unterschiede gab. Die Bodenzeiten wurden aufgrund des signifikanten Unterschieds zwischen 1999 und 2001 (siehe Abschnitt 4.1.6) getrennt ausgewertet. Bei keinem der drei Parameter Tauchdauer, Bodenzeit und maximale Tauchtiefe wurde ein signifikanter Unterschied zwischen dem beobachteten Verhalten Wandern und Ruhen festgestellt (Mann-Whitney U-Test). Die Mediane, Interquartile und Irrtumswahrscheinlichkeiten des statistischen Vergleichs sind in unten stehender Tab. 6 zusammengefasst.

Tab. 6. Vergleich von Tauch- und Respirationparametern bei regulär langen Tauchgängen (> 60 s) wandernder und ruhender Grauwalkühe, dargestellt mit Median und Interquartilen (25-75%).

	Wandern			Ruhen			p
	n	Median	25-75%	n	Median	25-75%	
Tauchdauer (s)	292	128	102 - 170	213	140	100 - 190	0,21
Bodenzeit 1999 (s)	91	60	30 - 110	112	70	30 - 110	0,64
Bodenzeit 2001 (s)	201	72	48 - 104	101	65	35 - 112	0,37
Max. Tauchtiefe (m)	292	4,8	3,0 - 8,6	213	5,4	3,1 - 9,2	0,50

## 4.2 Wanderungen

### 4.2.1 Radiotelemetrie

In den Monaten Januar bis März der Jahre 1999 und 2000 wurden insgesamt 31 Grauwalmütter mit Kalb in der Lagune mit VHF-Transmittern besendert. In der Saison 1999 konnte von den zehn besenderten Tieren eine Grauwalkuh über einen längeren Zeitraum von vier Tagen verfolgt werden. Von den weiteren Sendern konnten vier nur einen kurzen Zeitraum nach der Besenderung gepeilt werden (20, 30, 35 und 70 min), bei weiteren fünf Radiotransmittern konnten unmittelbar nach der Besenderung keine Peilsignale geortet werden.

Da mit der im Jahr 1999 verwendeten voll implantierbaren Senderkonstruktion kein zufrieden stellendes Ergebnis erzielt wurde, möglicherweise bedingt durch Beschädigung der Transmitter beim Aufprall, zu wenig Peilsignale im Verhältnis zu relativ kurzen Auftauchphasen der Grauwale, oder durch häufige Interaktionen von Mutter und Kalb (siehe Harvey & Mate 1984, Ludwig et al. 1999, Urban R. et al. 1999, Ludwig et al. 2000), wurde für die Saison 2000 ein neu konzipierter Gehäusetyp verwendet, bei dem nur die Verankerungsspitze des Senders implantiert wurde (siehe Abschnitt 3.2).

Die 36 aufgezeichneten Reaktionen der Grauwale auf die VHF- bzw. Satellitentransmitterbesenderung (n = 5) waren von kurzer Dauer (< 10 min), und beinhalteten in der Regel ein schnelleres Abtauchen und teilweise einen verstärkten Flukenschlag (siehe 3.8 Definitionen). Die Verteilungen der Reaktionen auf die drei Kategorien gering, moderat und stark waren bei den Grauwalkühen in den beiden Jahren nicht signifikant verschie-

den (Chi-Quadrat-Test,  $\chi^2 = 6,0$ , FG = 2,  $p = 0,05$ ), auch wenn der Wert an der Signifikanzgrenze lag. Am häufigsten wurden moderate Reaktionen protokolliert, 1999 bei 62 % der Besenderungen, 2000 in 67 % der Fälle (Abb. 42). Eine starke Reaktion auf die Besenderung wurde nur in fünf von insgesamt 36 Fällen registriert (Abb. 42). Tiere, die bei der Besenderung keine Reaktion zeigten, wurden nicht beobachtet.

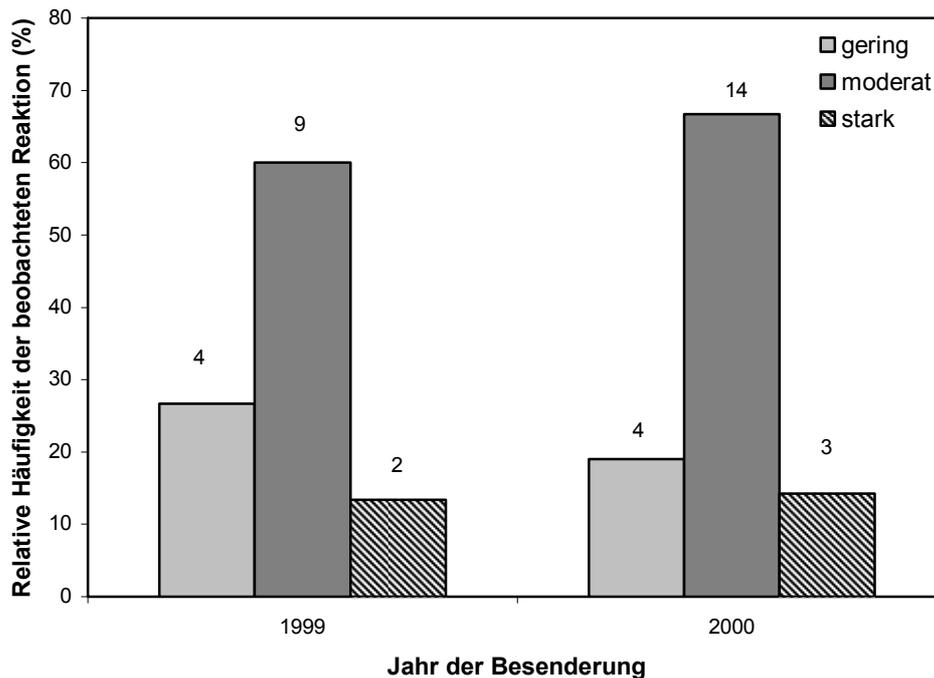


Abb. 42. Prozentualer Anteil der Reaktionen von Grauwalkühen auf die Besenderung mit Kurzwellenleitetmetriesendern ( $n = 31$ ) bzw. Satellitensendern ( $n = 5$ ), die in der Speckschicht implantiert wurden, in den Jahren 1999 ( $n = 15$ ) und 2000 ( $n = 21$ ). Die Zahlen über den Balken sind die absoluten Häufigkeiten.

Insgesamt konnten von 22 verschiedenen Grauwalmüttern 44 Tage mit 502 Peilungen registriert werden, davon wurden 40 Tage in der Saison 2000 aufgezeichnet (Tab. 7). Die Aufzeichnungsdauer im Lagunengebiet reichte von 1,8 Stunden bis zu 8,4 Tagen (siehe Tab. 7). Bei 90 % der besenderten Wale betrug die Beobachtungszeit maximal fünf Tage, 40 % der Grauwalkühe mit Kalb konnten nur bis zu maximal 24 Stunden anhand der Peilungen verfolgt werden. Aufgrund der limitierten Reichweite der Antennenstationen und der zeitweise extremen lokalen Wetterverhältnisse (siehe Abschnitt 3.2) konnten die Wale bei 355 Peilungen nur von einer Station geortet werden. Von sechs Mutter-Kalb Paaren konnten die Wanderrouen im Lagunengebiet anhand der Positionen, bestimmt durch beide Peilwinkel, dargestellt werden, bei denen nachfolgend

die Wanderungen, Schwimmgeschwindigkeiten und Gebietsnutzung genauer betrachtet werden. Die Ortungen der Grauwale, bei denen überwiegend nur ein Peilwinkel ermittelt werden konnte, wurden für die größerskalige Betrachtung der Gebietsnutzung und Wanderrichtung in der Lagune verwendet.

Tab. 7. Nummer, Datum und beobachtete Zeit der erfolgreich mit VHF-Transmittern besenderten Grauwalkühe mit Kalb in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexiko, in den Monaten Januar bis März 1999 und 2000. Sechs Grauwalkühe, von denen Wanderrouten anhand der Position aus zwei Peilwinkeln erfasst werden konnten, sind mit einem Stern gekennzeichnet.

Nr. der Grauwalkuh	Datum der Besenderung	Beobachtete Zeit im Lagunengebiet (Tage)	Beobachtete Zeit im Lagunengebiet (h)	Anzahl der empfangenen Peilungen
G 12	10. Mrz. 99	4,0	95,0	48
M 1	30. Jan. 00	0,4	9,2	7
M 2	30. Jan. 00	1,5	37,0	37
M 3	5. Feb. 00	2,2	53,0	23
M 4*	6. Feb. 00	1,4	33,0	23
M 5	6. Feb. 00	0,3	6,0	5
M 6	9. Feb. 00	1,3	31,0	4
M 7	11. Feb. 00	0,8	18,0	10
M 8	13. Feb. 00	0,3	6,0	4
M 9	15. Feb. 00	0,6	13,5	12
M 10	18. Feb. 00	0,1	1,8	2
M 11*	19. Feb. 00	3,8	91,3	54
M 12	20. Feb. 00	0,8	18,0	10
M 13	24. Feb. 00	1,5	36,3	24
M 14	28. Feb. 00	0,1	2,0	2
M 15*	4. Mrz. 00	5,6	134,5	45
M 16*	9. Mrz. 00	4,7	112,5	42
M 17	12. Mrz. 00	1,7	41,5	20
M 18*	19. Mrz. 00	8,4	201,5	83
M 19	21. Mrz. 00	0,1	2,0	2
M 20	23. Mrz. 00	1,9	45,5	20
M 21*	25. Mrz. 00	3,3	78,0	25
Gesamt		44,4	1066,5	502

### ***Wanderungen der einzelnen Grauwalkühe mit Kalb***

Bei sechs Grauwalkühen mit Kalb konnte anhand der Peilwinkel beider Antennenstationen die Wanderroute mit dem Programm FUNKPEIL (siehe 3.2) ausgewertet werden.

Für diese Mutter-Kalb Paare konnte eine Darstellung der Wanderungen erfolgen. In den folgenden Abbildungen (Abb. 43 bis Abb. 48) sind die Wanderbewegungen der Wale durch unterbrochene Linien zwischen den aufeinander folgenden Positionen dargestellt. Dies ist nicht der exakt zurückgelegte Weg der Tiere, sondern die chronologische Reihenfolge der georteten Positionen. Die daraus resultierenden Entfernungen sind daher die zurückgelegten Mindestdistanzen, bei zusätzlichen Ortungen von nur einer Peilstation aus konnte die Entfernung nicht ermittelt werden.

Von den sechs Mutter-Kalb Paaren wurden bei den zwei im Februar besenderten Tieren auch Aufenthalte in der oberen Lagune beobachtet (Abb. 43 und Abb. 44). Im März wurden nahezu nur Wanderungen im mittleren und unteren Teil der Lagune registriert, es gab nur insgesamt drei Ortungen im oberen Lagunenabschnitt (Abb. 45 bis Abb. 48). Die zurückgelegten Entfernungen im Lagunengebiet lagen zwischen 38,7 und 171,4 km ( $\bar{x} = 80,5$  km,  $SD = 49,0$  km), dabei wurden tägliche Wanderungen von 9,3 bis 45 km ( $\bar{x} = 21,6$  km,  $SD = 14,9$  km) beobachtet (Tab. 8). Die Tiere verließen das Lagunengebiet auch häufiger (Abb. 44 bis Abb. 46, Abb. 48).

Tab. 8. Beobachtete Mindestdistanzen und horizontale Schwimmgeschwindigkeiten von mit Radiotelesmetriesendern ausgestatteten Grauwalkühen mit Kälbern in Lagune San Ignacio, Februar bis März 2000. Die Positionen wurden aus zwei Peilwinkeln ermittelt.

Wal Nr.	Datum	Anzahl der Positionen	Zeit (Tage)	Gesamtstrecke (km)*	Mittlere Strecke pro Tag (km)	Mittlere Geschwindigkeit (km/h)**	Maximale Geschwindigkeit (km/h)***
M 4	6.2.	14	1,4	48,6	35,3	4,4	9,0
M 11	19.2.	37	3,8	171,4	45,0	4,1	9,0
M 15	4.3.	21	5,6	94,0	16,8	2,6	9,0
M 16	9.3.	19	4,7	52,7	11,3	3,0	7,5
M 18	19.3.	23	8,4	77,4	9,3	2,3	6,5
M 21	25.3.	11	3,3	38,7	11,9	2,7	6,1
$\bar{x} \pm SD$		$20,8 \pm 9,1$	$4,5 \pm 2,4$	$80,5 \pm 49,0$	$21,6 \pm 14,9$	$3,2 \pm 0,9$	$7,9 \pm 1,3$

\* Die zurückgelegte Strecke ist die beobachtete und dementsprechend minimal zurückgelegte Strecke in der Gesamtzeit.

\*\* Mittlere Geschwindigkeit ist die Schwimmgeschwindigkeit zwischen aufeinander folgenden Positionen in der Gesamtzeit.

\*\*\* Maximale Geschwindigkeit ist die Höchstgeschwindigkeit auf einer Teilstrecke.  $\bar{x}$  = Mittelwert,  $SD$  = Standardabweichung.

Ein am 6. Februar besendertes Muttertier hielt sich 71 % der Beobachtungszeit in der oberen Lagune auf, nachdem es in den Nachtstunden (zwischen 21:00 und 0:00 Uhr) des ersten Tages aus dem unteren Lagunenareal dort hinwanderte (Abb. 43). Es legte dabei insgesamt eine Entfernung von 48,6 km zurück (Tab. 8).

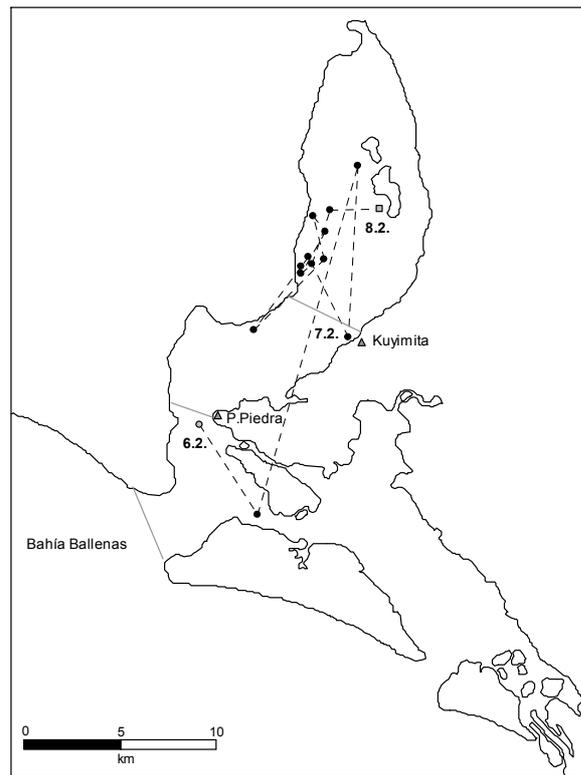


Abb. 43. Wanderroute der besenderten Grauwalkuh mit Kalb M 4 vom 6.-8. Februar 2000. Die Position der Besenderung (grauer Kreis) und das Ende der Aufzeichnung (graues Quadrat) sind markiert. Die erste Position des jeweiligen Tages ist mit dem Datum beschriftet. Die grauen Linien kennzeichnen den Übergang der Lagunenabschnitte (untere, mittlere, obere).

Eine am 19. Februar besenderte Grauwalkuh mit Kalb, von der die meisten Peilpositionen bestimmt werden konnten (Tab. 8), verlagerte ihre Wanderaktivität im Verlauf des fünftägigen Besenderungszeitraums vom mittleren und oberen Abschnitt in die untere Lagune und den Bereich der Bahía Ballenas, außerhalb der Lagune (Abb. 44). Dieses Mutter-Kalb Paar wanderte am 21. Februar (zwischen 5:00 und 7:00 Uhr) vom unteren Lagunenabschnitt in den Bereich außerhalb der Lagune, und kehrte kurz darauf (zwischen 11:00 und 12:00 Uhr) wieder in die untere Lagune zurück. Das Tier verließ danach erneut die Lagune (zwischen 18:00 und 21:00 Uhr), und wurde danach noch zwei Tage außerhalb der Lagune in der Nähe des Mündungsbereiches geortet (siehe Abb. 44). Dieses Mutter-Kalb Paar legte mit im Mittel 45 km pro Tag und insgesamt 171 km in 3,8 Tagen die größte Entfernung zurück (Tab. 8).

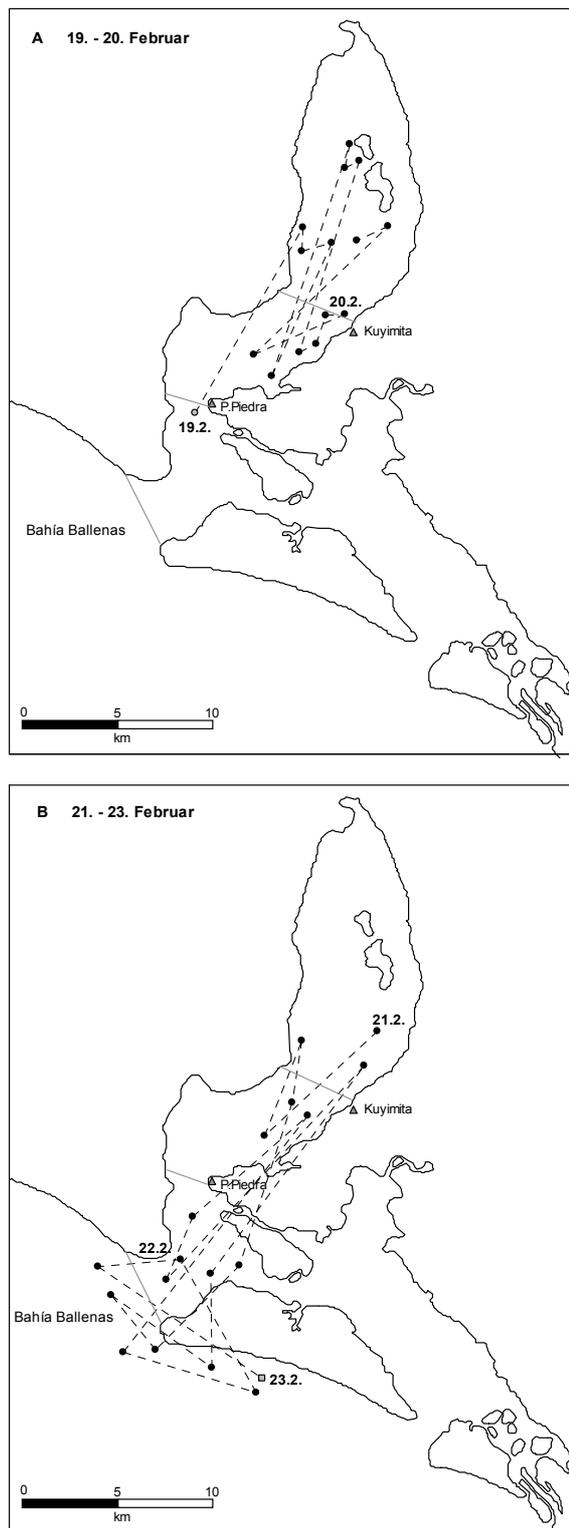


Abb. 44. Wanderroute der besenderten Grauwalkuh mit Kalb M 11 vom 19.-23. Februar 2000. In A ist die Position der Besenderung (grauer Kreis) und in B das Ende der Aufzeichnung (graues Quadrat) markiert. Die erste Position des jeweiligen Tages ist mit dem Datum beschriftet. Die grauen Linien kennzeichnen den Übergang der Lagunenabschnitte (untere, mittlere, obere).

Ein am 4. März besendertes Muttertier mit Kalb verließ am ersten Tag der Beobachtung die Lagune und wurde in der Bahía Ballenas geortet (zwischen 16:30 und 23:00), um dann in den Nachtstunden (zwischen 23:00 und 2:00 Uhr) wieder in die mittlere Lagune zurückzukehren (Abb. 45). Zwischen dem 5. (ab 2:00) und 6. März konnte von dem Mutter-Kalb Paar keine Position bestimmt werden, es wurden nur schwache Peilsignale von Punta Piedra in Richtung Lagunenmündung empfangen. Am 7. März (9:00 Uhr) wurde das Muttertier wieder im unteren Lagunenbereich detektiert. Auch dieses Tier wanderte am 7. März (zwischen 12:00 und 20:00) erneut aus der Lagune, um dann wieder in die untere (zwischen 22:00 und 0:00 Uhr) und die mittlere Lagunenzone (zwischen 0:00 und 3:00 Uhr am 8. März) zurückzukehren (Abb. 45). Von diesem Mutter-Kalb Paar wurde eine zurückgelegte Entfernung von 94 km beobachtet (Tab. 8).

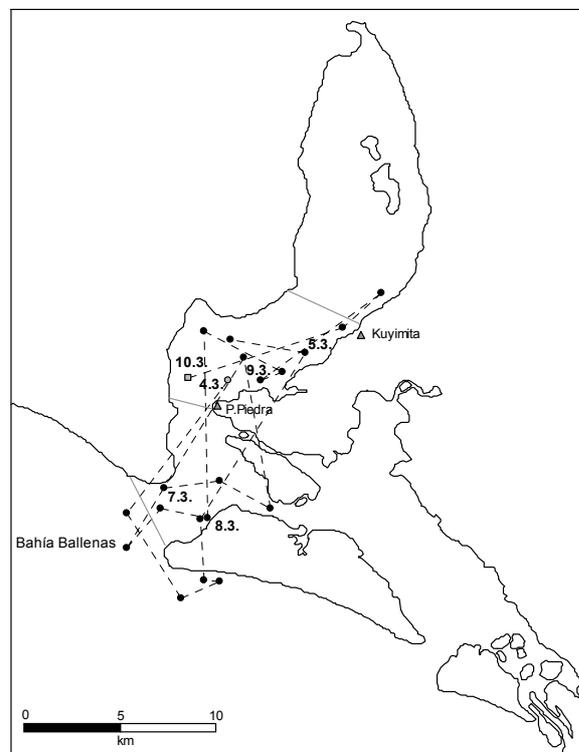


Abb. 45. Wanderroute der besenderten Grauwalkuh mit Kalb M 15 vom 4.-10. März 2000. Die Position der Besenderung (grauer Kreis) und das Ende der Aufzeichnung (graues Quadrat) sind markiert. Die erste Position des jeweiligen Tages ist mit dem Datum beschriftet. Die grauen Linien kennzeichnen den Übergang der Lagunenabschnitte (untere, mittlere, obere).

Die am 9. März besenderte Grauwalkuh mit Kalb wurde einmal außerhalb der Lagune geortet (am 10. März zwischen 2:00 und 7:00), und hielt sich danach insbesondere im mittleren Lagunenteil auf (Abb. 46). Dieses Tier konnte über eine Strecke von 52,7 km beobachtet werden (Tab. 8), 67 % davon in der mittleren Zone (Abb. 46).

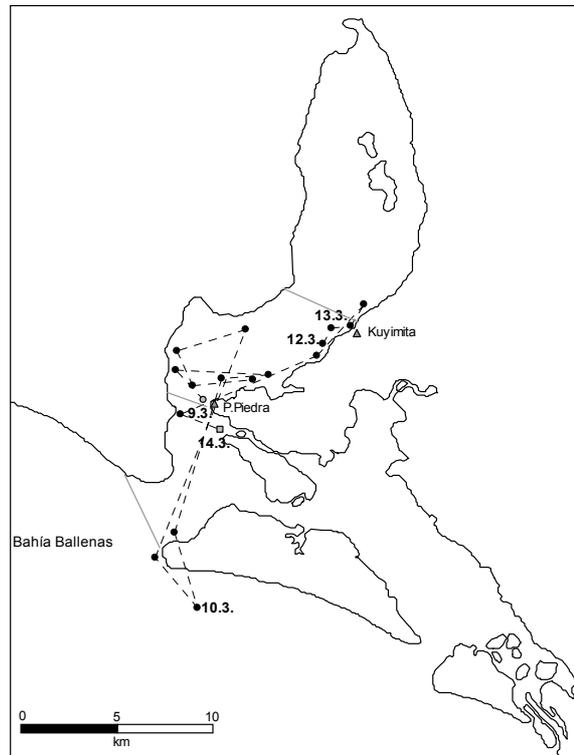


Abb. 46. Wanderroute der besenderten Grauwalkuh mit Kalb M 16 vom 9.-14. März 2000. Die Position der Besenderung (grauer Kreis) und das Ende der Aufzeichnung (graues Quadrat) sind markiert. Die erste Position des jeweiligen Tages ist mit dem Datum beschriftet. Die grauen Linien kennzeichnen den Übergang der Lagunenabschnitte (untere, mittlere, obere).

Ein am 19. März mit Peilsender versehenes Muttertier mit Kalb konnte mit 8,4 Tagen über den längsten Zeitraum von allen besenderten Tieren verfolgt werden (Abb. 47, Tab. 8). Dieses Mutter-Kalb Paar konnte vom 19. bis 21. März relativ kontinuierlich beobachtet werden, am 21. März befand sich das Tier um 18:00 Uhr in der mittleren Zone in der Nähe von Punta Piedra (Abb. 47). Danach wurden von dieser Grauwalkuh zwischen dem 22. und 25. März nur schwache Peilsignale aus Richtung der Lagunenmündung bzw. Bahía Ballenas von Punta Piedra aus empfangen. Am 26. März um 0:30 Uhr konnte von diesem Tier wieder eine exakte Position bestimmt werden (Abb. 47). Am 26. März um 17:00 Uhr wurde das Mutter-Kalb Paar nahe der Lagunenmündung in der unteren Zone beobachtet, und dann erneut erst wieder am 27. März um 10:00 in derselben Zone (Abb. 47). Insgesamt wurden von diesem Tier 77,4 km im Lagunengebiet zurück gelegt, die aber nur die minimale Distanz widerspiegeln (vgl. Tab. 8).

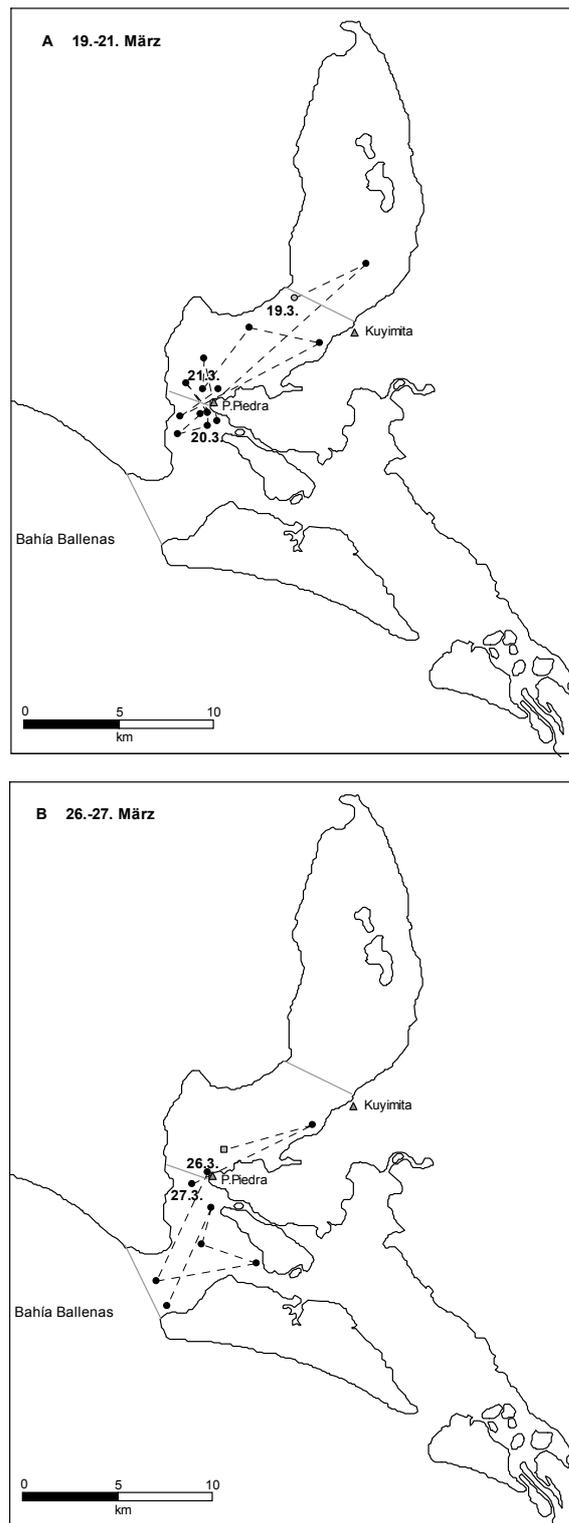


Abb. 47. Wanderroute der besenderten Grauwalkuh mit Kalb M 18 vom 19.-27. März 2000. In A ist die Position der Besenderung (grauer Kreis) und in B das Ende der Aufzeichnung (grauer Quadrat) markiert. Die erste Position des jeweiligen Tages ist mit dem Datum beschriftet. Die grauen Linien kennzeichnen den Übergang der Lagunenabschnitte (untere, mittlere, obere).

Auch bei der am 25. März letzten besenderten Grauwalkuh mit Kalb wurde in den 3,3 Tagen ein Aufenthalt in der Nähe von Punta Piedra beobachtet, wobei das Tier dabei die Lagune kurzzeitig zwischen 15:00 und 18:00 des ersten Tages verließ, um danach um 21:00 wieder nahe des Übergangs von unterer zu mittlerer Lagune geortet zu werden (Abb. 48). Am 26. März wurde das Muttertier mit Kalb zwischen 2:00 und 6:00 Uhr anhand schwacher Peilsignale im Bereich der Lagunenmündung bzw. Bahía Ballenas nur von Punta Piedra aus geortet, aber am 27. und 28. März wieder in der mittleren Zone beobachtet (Abb. 5).

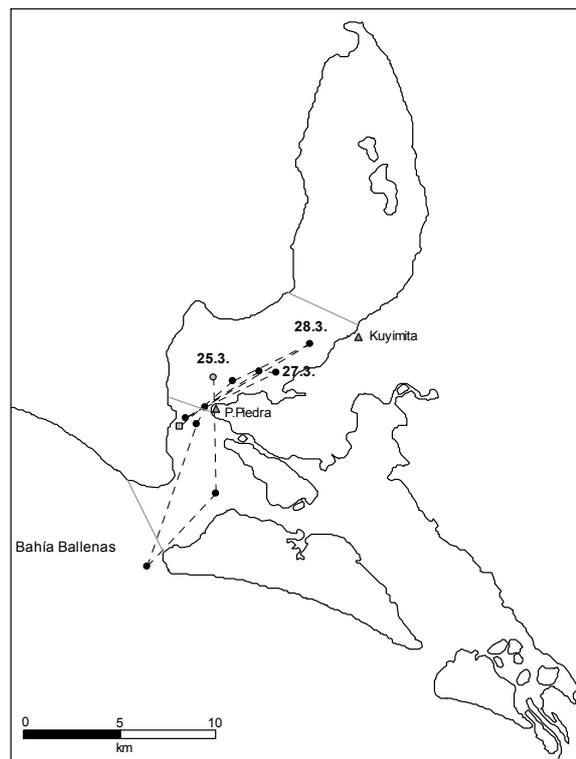


Abb. 48. Wanderroute der besenderten Grauwalkuh mit Kalb M 23 vom 25.-28. März 2000. Die Position der Besenderung (grauer Kreis) und das Ende der Aufzeichnung (graues Quadrat) sind markiert. Die erste Position des jeweiligen Tages ist mit dem Datum beschriftet. Die grauen Linien kennzeichnen den Übergang der Lagunenabschnitte (untere, mittlere, obere).

### *Schwimmgeschwindigkeit*

Für die Darstellung konnten die Daten von sechs besenderten Muttertieren verwendet werden, von denen anhand der Positionen die mittleren horizontalen Schwimmgeschwindigkeiten für die gesamte beobachtete Distanz und auf den Teilstrecken berechnet wurden, Werte  $< 1\text{km/h}$  wurden nicht berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.2).

Die mittleren Schwimmgeschwindigkeiten für die Gesamtdistanzen der sechs Tiere lagen zwischen 2,3 und 4,4 km/h ( $\bar{x} = 3,2$  km/h,  $SD = 0,9$  km/h,  $n = 6$ ) (Tab. 8), der Median aller Schwimmgeschwindigkeiten betrug 2,5 km/h ( $n = 60$ ). Die auf den Teilstrecken bestimmten maximalen Geschwindigkeiten der Individuen lagen zwischen 6,1 und 9,0 km/h ( $\bar{x} = 7,9$  km/h,  $SD = 1,3$  km/h,  $n = 6$ ) (Tab. 8). Es sind zwei Maxima in den Geschwindigkeitsklassen von 1-2 km/h und 5-6 km/h zu erkennen (Abb. 49). Einundsechzig Prozent aller Geschwindigkeiten lagen im Bereich zwischen 1 und 3 km/h, und 88 % waren kleiner als 7 km/h (Abb. 49).

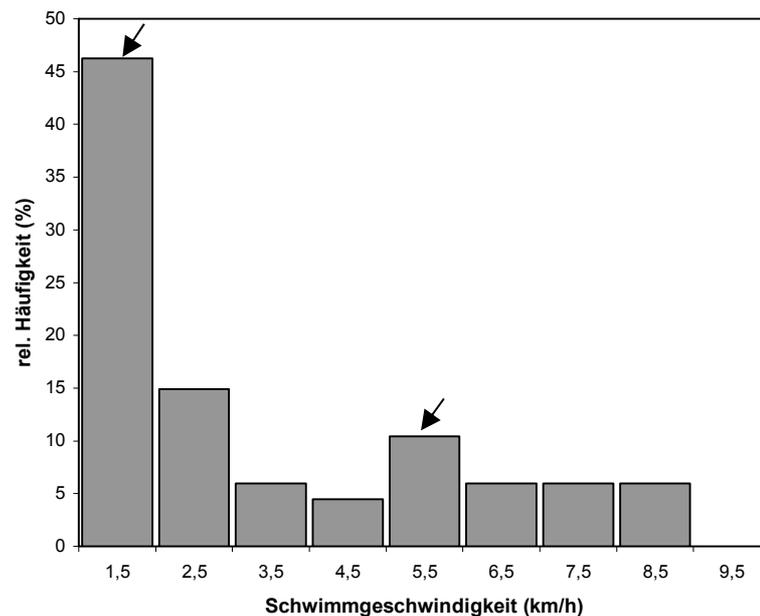


Abb. 49. Relative Häufigkeit der Schwimmgeschwindigkeit von sechs Grauwalkühen, bestimmt durch Radiotelemetrie ( $n = 60$ ), in Lagune San Ignacio, Februar und März 2000. Zwei Maxima in den Geschwindigkeitsklassen von 1-2 und 5-6 km/h sind zu erkennen (Pfeil).

### **Gebietsnutzung**

Die Mutter-Kalb Paare nutzten alle Bereiche der Lagune, zusammenfassend sind in Abb. 50 alle ermittelten Aufenthaltsorte der sechs Grauwalkühe dargestellt, deren individuelle Wanderungen oben aufgezeigt wurden. Eine gehäufte Anzahl von Beobachtungen gab es nahe Punta Piedra, im nördlichen Teil der unteren Lagunenzone und dem südlichen Teil der mittleren Zone (Abb. 50). Ebenso nutzten die Tiere das Gebiet der Bahía Ballenas außerhalb der Lagune (Abb. 50).

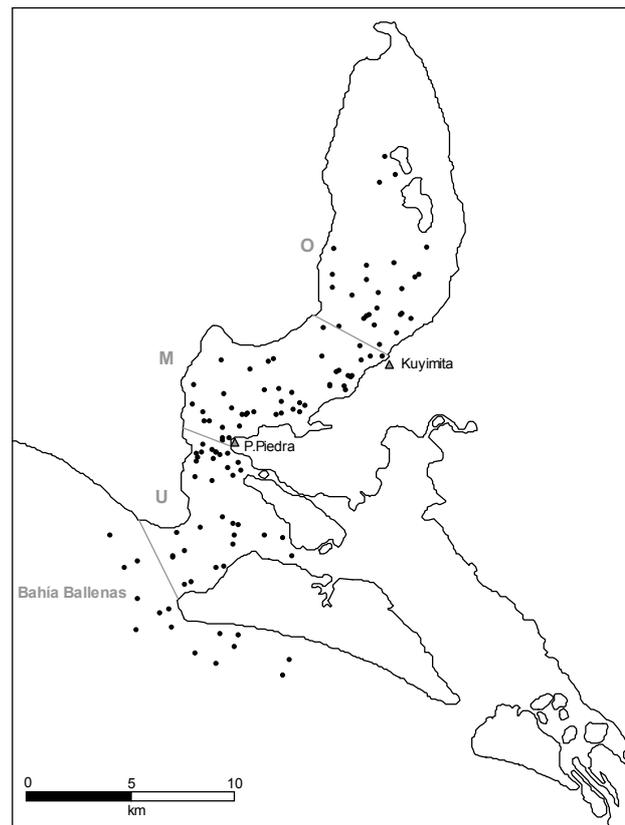


Abb. 50. Übersicht der Positionen von Grauwalkühen ( $n = 6$ ), die mit Radiotelemetrie im Februar und März 2000 bestimmt wurden. Die Einteilung der Lagune in obere (O), mittlere (M), untere Zone (U) und außerhalb der Lagune (Bahía Ballenas) ist gekennzeichnet.

Eine Betrachtung der Gebietsnutzung der einzelnen Tiere anhand der empfangenen Positionen zeigte, dass bei den beiden im Februar besenderten Tieren 71 % und 36 % der Ortungen im oberen Lagunenteil erfolgten (Abb. 51). Drei im März besenderte Grauwalkühe wurden nur 4-5 % der Gesamtbeobachtungszeit dort registriert, das vierte Mutter-Kalb Paar wurde nicht im oberen Lagunenabschnitt beobachtet (Abb. 51). Im März wurden die Muttertiere ( $n = 4$ ) bei 71-95 % aller Peilungen in der mittleren und unteren Zone geortet (Abb. 51).

Um den beobachteten Aufenthaltsort der Mutter-Kalb Paare anhand einer größeren Stichprobe statistisch zu überprüfen, wurden für diese Analyse die Telemetriedaten aller Tiere verwendet, bei denen anhand von mindestens einem Peilwinkel zweifelsfrei die Position nördlich von Punta Piedra (mittlere und obere Lagune) bzw. südlich von Punta Piedra (untere Lagune und Mündungsbereich) festgestellt werden konnte (siehe Abb. 50). Es wurde die Unterscheidung zwischen den Monaten Februar und März gewählt,

da die Anzahl der Einzeltiere, die sich insbesondere im unteren, tieferen Lagunenteil aufhalten (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997), im März 2000 schon deutlich abnahm (siehe 4.3.1 Abundanz).

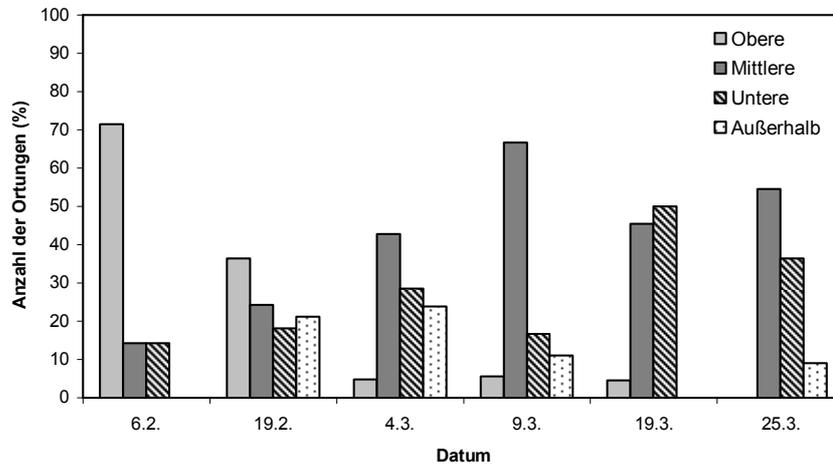


Abb. 51. Relative Häufigkeitsverteilung des beobachteten Aufenthaltsortes von mit Radiotelemetriesendern ausgestatteten Grauwalkühen (n = 6) in den verschiedenen Zonen der Lagune San Ignacio, im Februar und März 2000.

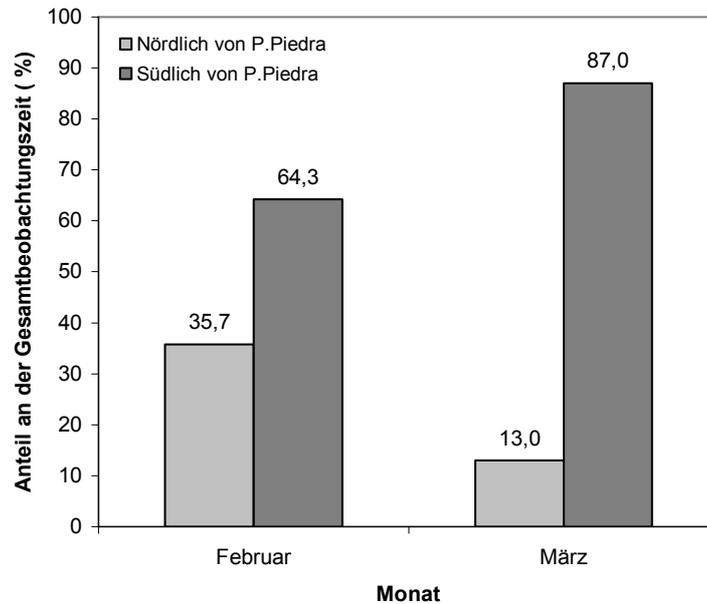


Abb. 52. Prozentualer Anteil der beobachteten Aufenthaltszeit von besenderten Grauwalkühen im Februar (n = 6) und März (n = 6) der Saison 2000 im Bereich nördlich und südlich von Punta Piedra.

In beiden Monaten war der prozentuale Anteil der beobachteten Aufenthaltszeit im Bereich südlich von Punta Piedra höher, im Februar waren es bei den sechs telemetrierten Grauwalkühen 64 % der gesamten Beobachtungszeit von insgesamt 267,5 Stunden, im März 87 % der 626 Beobachtungsstunden von sechs besenderten Muttertieren (Abb. 52). Im Februar war der Unterschied der beobachteten Aufenthaltszeit nördlich von Punta Piedra und südlich von Punta Piedra nicht signifikant (Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 1,33$ , FG = 1,  $p = 0,24$ ) (Tab. 9, Abb. 53). Im Gegensatz dazu war der Unterschied im März deutlich, die Mutter-Kalb Paare hielten sich im Beobachtungszeitraum signifikant länger im Bereich südlich von Punta Piedra auf (Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 12,0$ , FG = 1,  $p < 0,001$ ) (Tab. 9, Abb. 53).

Tab. 9. Mittelwerte ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (SD) und Irrtumswahrscheinlichkeit des Chiquadrat-Tests (p) der beobachteten Aufenthaltszeit von besenderten Grauwalkühen mit Kälbern nördlich und südlich von Punta Piedra (P.P.) für die gesamte Beobachtungszeit im Februar (267,5 h) und März (626 h) der Saison 2000. Der Stichprobenumfang (n) ist die Anzahl der besenderten Tiere.

Monat	Aufenthaltsort	$\bar{x}$ (h)	SD (h)	n	p
Februar	nördlich von P.P.	17,3	14,5	6	n.s. ( $p = 0,24$ )
	südlich von P.P.	27,3	11,7		
März	nördlich von P.P.	13,9	10,2	6	$p < 0,001$
	südlich von P.P.	90,4	73,0		

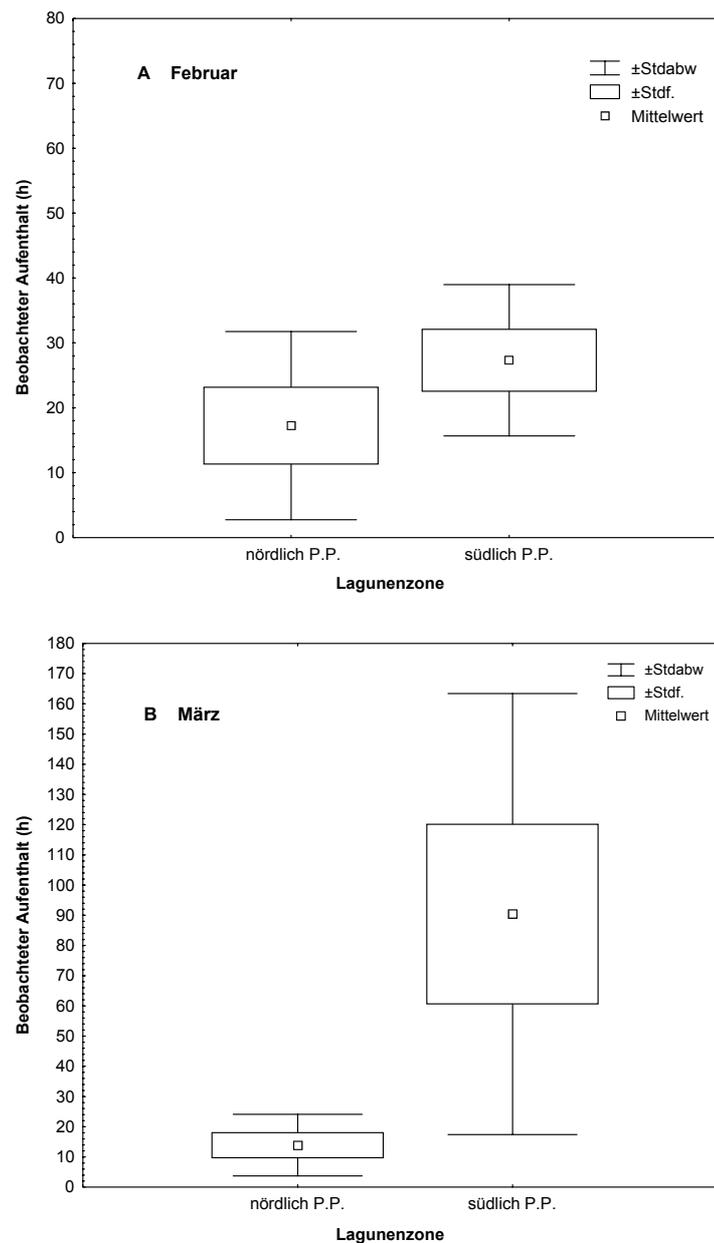


Abb. 53. Anzahl der beobachteten Stunden von besenderten Grauwalkühen mit Kälbern nördlich und südlich von Punta Piedra (P.P.) für die gesamte Beobachtungszeit im Februar ( $n = 6$ , 267,5 h) und März ( $n = 6$ , 626 h) der Saison 2000 in Lagune San Ignacio.

Der Übergang zwischen unterer und mittlerer Lagune, die sich bathymetrisch voneinander unterscheiden (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996), befindet sich bei Punta Piedra (siehe Abb. 50). Für die exemplarische Untersuchung der Nutzung der Lagune in Nord-Südrichtung wurden die Entfernungen von sechs telemetrierten Grauwalkühen von Punta Piedra aus miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, dass sich die Tiere im Februar weiter in der nördlichen Zone der Lagune aufhielten (Abb. 54). Das am 6. Februar besenderte Muttertier wanderte im Mittel 7,3 km nach Norden ( $SD = 2,2$  km, Maximum =

11,2 km), die am 19. Februar mit Sender ausgestattete Grauwalkuh wurde im Mittel 7,0 km nördlich von Punta Piedra geortet (SD = 3,5 km, Maximum = 12,7 km). Die am 19. Februar besenderte Grauwalkuh wanderte am 4. Tag in den unteren Lagunenbereich (Abb. 54). Im März hielten sich die Tiere im Umkreis von Punta Piedra auf (Abb. 55). Die mittleren Entfernungen der einzelnen Tiere nach Norden waren geringer und lagen zwischen 1,4 km (SD = 0,9) am 25. März und 2,9 km am 4. März (SD = 1,8 km).

Ein Vergleich aller ermittelten Entfernungen nördlich von Punta Piedra zwischen Februar und März (Abb. 54) zeigte, dass sich die Mutter-Kalb Paare im Februar signifikant weiter nördlich aufhielten (Mann Whitney U-Test, zweiseitig,  $Z = 5,88$ ,  $p < 0,01$ ).

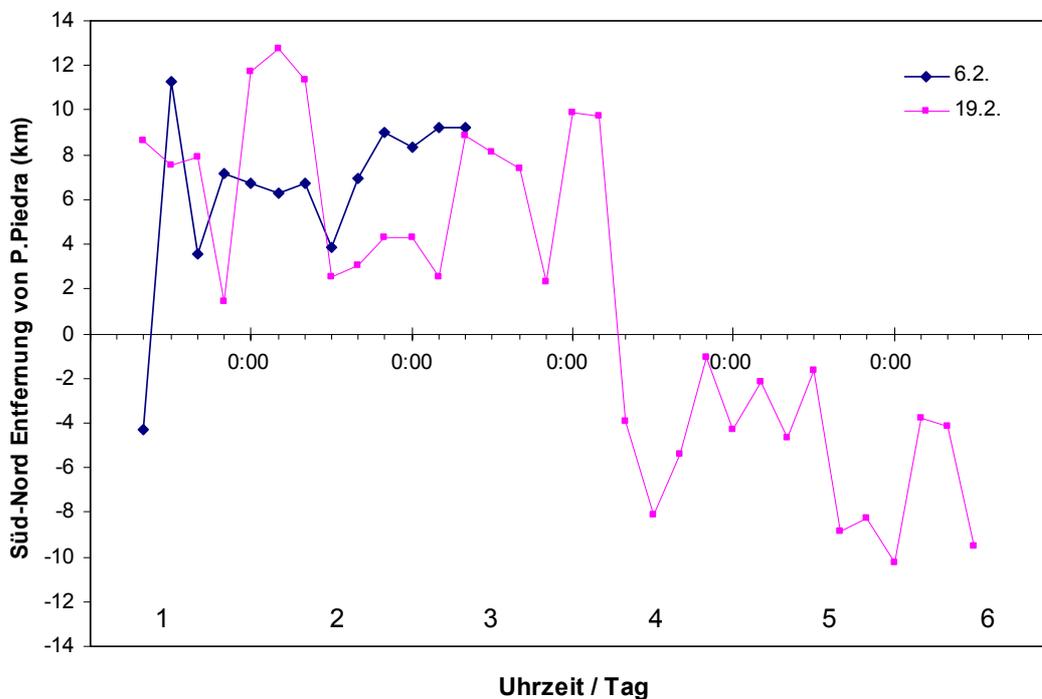


Abb. 54. Entfernung der besenderten Grauwalkühe mit Kalb ( $n = 2$ ) von Punta Piedra in Richtung Süd und Nord, in Lagune San Ignacio im Februar 2000. Das am 19. Februar besenderte Mutter-Kalb Paar wanderte am 4. Tag in den Lagunenbereich südlich von Punta Piedra.

Die mittleren Entfernungen der Individuen in Südrichtung lagen zwischen 1,8 km (SD = 1,9 km) des am 19. März besenderten Tieres und 5,5 km (SD = 1,9) des am 4. März besenderten Muttertiers (Abb. 55). Das am 6. Februar mit Sender ausgestattete Tier konnte nicht in die Auswertung mit einbezogen werden, da nur eine Position in südlicher Richtung registriert wurde (siehe Abb. 54). Die am weitesten von Punta Piedra entfernte Position in Richtung Süd betrug 10,2 km von dem am 19. Februar besenderten

Muttertier (Abb. 54). Die Tiere vom 4. und 9. März hielten sich zwischen dem 1. und 2. Tag nahe der Mündung auf (Abb. 55).

Ein statistischer Vergleich für die Entfernung in Südrichtung zwischen Februar und März konnte aufgrund der geringen Stichprobengröße des Monats Februar nicht durchgeführt werden. Insgesamt betrachtet wurde im März eine Konzentration der Mutter-Kalb Paare im Umkreis von Punta Piedra beobachtet (vgl. Abb. 55).

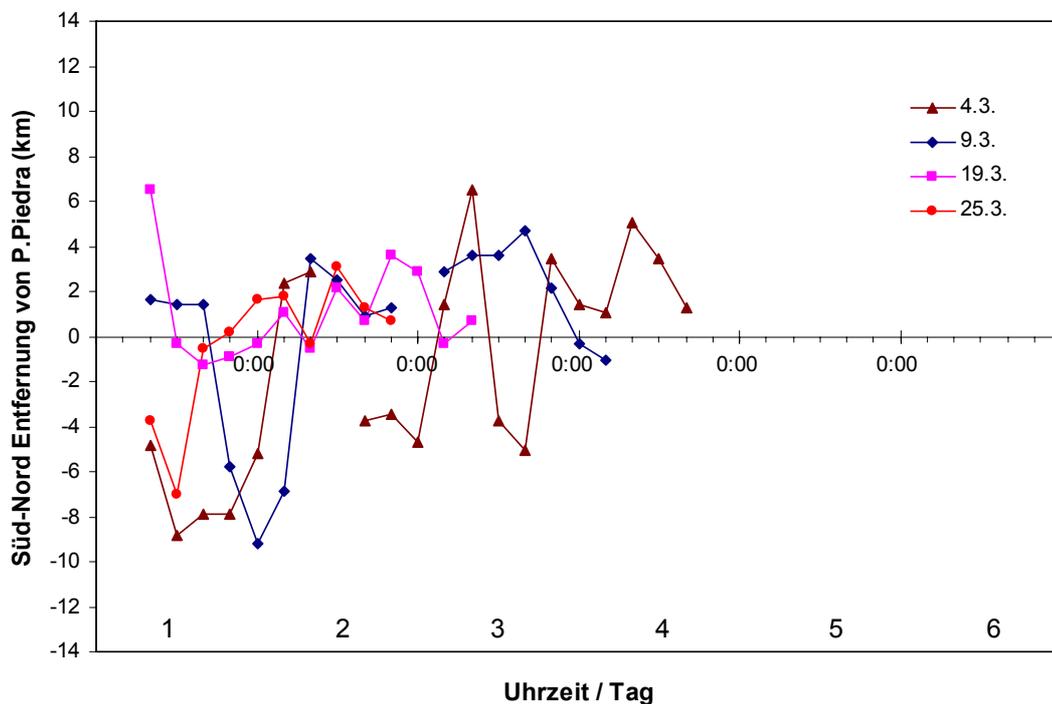


Abb. 55. Entfernung der besenderten Grauwalkühe mit Kalb ( $n = 4$ ) von Punta Piedra in Richtung Süd und Nord, in Lagune San Ignacio im März 2000. Die Mutter-Kalb Paare konzentrierten sich im Bereich um Punta Piedra.

### *Wanderrichtung und Tag-Nachtzyklus*

Der Vergleich der Wanderung in Richtung Nord bzw. Süd zwischen Tag- und Nachtzeit konnte mit Daten von 11 besenderten Grauwalkühen durchgeführt werden, bei denen in 68 Fällen eine eindeutige Wanderung in Richtung Norden bzw. Süden festgestellt werden konnte. Dabei wurde die Tendenz der Richtung und nicht die jeweilige Wegstrecke betrachtet. Entfernungen  $< 3$  km wurden nicht berücksichtigt, um die oftmals direkt beobachteten, längeren Aufenthalte in einem Gebiet mit ungerichtetem Schwimmverhalten (siehe Definitionen in 3.1) für die Betrachtung auszuschließen.

Der Anteil der beobachteten Wanderungen in Richtung Süd war in der Nacht größer als zur Tageszeit, 72 % der Grauwalkühe wanderten nachts in südliche Richtung (Abb. 56). Es wurde ein signifikant höherer Anteil von Wanderungen in Richtung Süden während der Nacht beobachtet (McNemar Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 5,28$ , FG = 1,  $p = 0,02$ ). Zur Tageszeit gab es keinen deutlichen Unterschied der beobachteten Wanderrichtungen (McNemar Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 0,63$ , FG = 1,  $p = 0,42$ ) (Abb. 56).

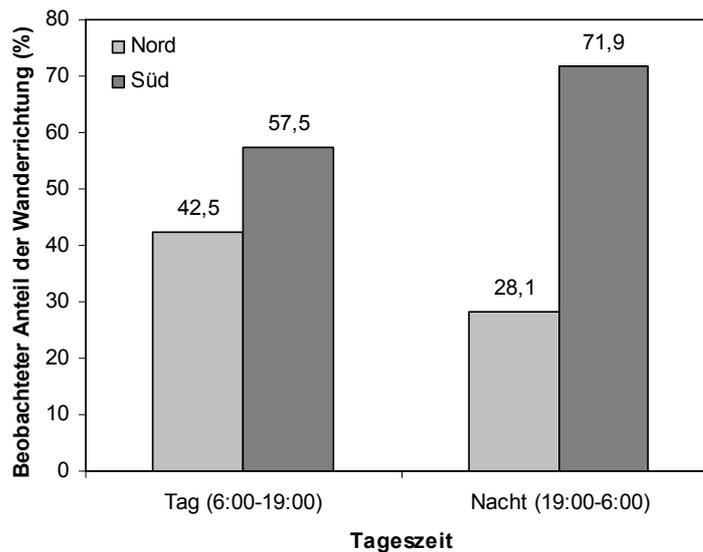


Abb. 56. Beobachteter Anteil der Wanderungen von besenderten Grauwalkühen ( $n = 11$ ) mit Kalb in Richtung Nord und Süd zur Tages- und Nachtzeit in Lagune San Ignacio, Februar und März 2000.

### ***Wanderrichtung und Gezeiten***

Der Vergleich der Wanderungen in Nord- oder Südrichtung von 11 Muttertieren mit dem Gezeitenstand in der Lagune San Ignacio ergab ein unterschiedliches Bild, auch wenn die Stichprobengröße mit 68 Beobachtungen relativ gering war. Auch hier wurde die Tendenz der Richtung und nicht die jeweilige Wegstrecke betrachtet. Wanderungen  $< 3$  km wurden nicht berücksichtigt (siehe vorhergehender Absatz). Bei Ebbe wanderten die Tiere in 45 % der Fälle in den Norden der Lagune, 55 % wanderten in Südrichtung. Der Unterschied war nicht signifikant (McNemar Chiquadrat-Test,  $p > 0,05$ ). Im Gegensatz dazu wanderten während der Flutperiode 71 % der Mutter-Kalb Paare in südliche Richtung, d.h. gegen den Gezeitenstrom (Abb. 57). In Richtung Norden wanderten bei Flut 29 % der Tiere, der Unterschied war signifikant (McNemar Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 5,60$ , FG = 1,  $p = 0,02$ ) (Abb. 57).

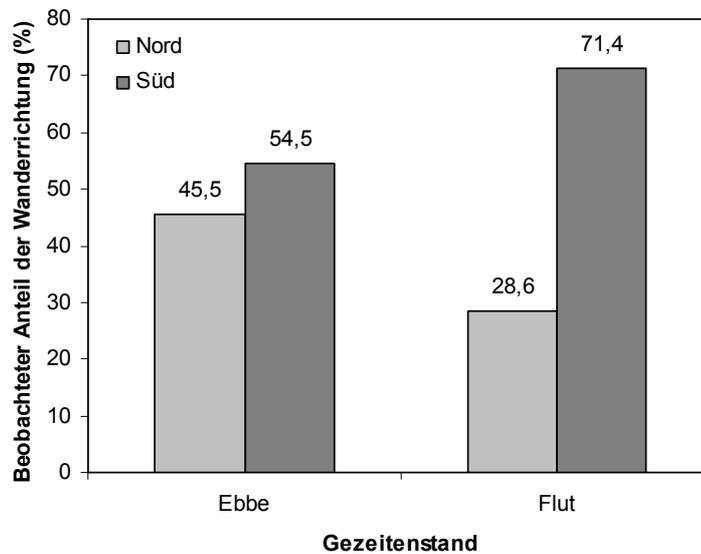


Abb. 57. Beobachteter Anteil der Wanderungen besenderten Grauwalkühen ( $n = 11$ ) mit Kalb in Richtung Nord und Süd während der Gezeitenstände Ebbe und Flut, in Lagune San Ignacio, Februar und März 2000.

#### 4.2.2 Satellitentelemetrie

In der Saison 1999 wurden zwei Einzeltiere am 12. und 28. Februar mit Satellitensendern ausgerüstet. Beide Wale reagierten moderat mit beschleunigtem Abtauchen und verstärktem Flukenschlag (siehe 3.8 Definitionen). Bei beiden Besenderungen konnte der Transmitter erfolgreich und in der richtigen Position auf dem Tier befestigt werden, dies wurde auch mit Hilfe von Fotos (Abb. 58) und Digitalvideo belegt. Trotz des vorherigen Nachweises der fehlerfreien Funktionsweise der Sender mit dem System ARGOS im Untersuchungsgebiet vor der Befestigung an den Grauwalen konnten nach der Besenderung keine Daten von den zwei Einzeltieren empfangen werden.

In der Wintersaison 2001 wurden drei Muttertiere am 21. Februar, 2. und 4. März mit Satellitensendern ausgerüstet. Auch hier wurde bei allen drei Tieren eine moderate Reaktion auf die Besenderung beobachtet (vgl. 3.8 Definitionen). Bei dem ersten Tier drangen die Verankerungsspitzen des Senders nicht optimal ein, der Transmitter ging 20 min nach der Besenderung verloren.

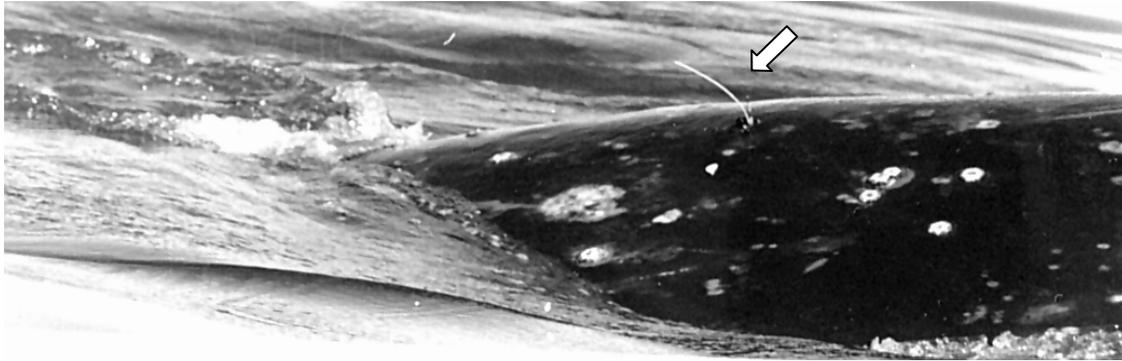


Abb. 58. Am 12. Februar 1999 mit implantierbarem Satellitensender ausgerüsteter Grauwal. Nur die Antenne und der Draht des Salzwasserschalters ragen aus der Speckschicht heraus (Pfeil), der Sender ist optimal dorsal positioniert (Abtauchrichtung des Wals von rechts nach links).

Bei den anderen beiden Grauwalkühen im März konnten die Sender gut befestigt werden. Trotzdem wurden bei diesen Tieren nach 25,2 h (PTT Nr. 14209, besendert am 2. März) bzw. 6,4 h (PTT Nr. 14219, besendert am 4. März) keine weiteren Daten mehr über das ARGOS-System empfangen (Abb. 59). Das am 2. März besenderte Muttertier wurde nach der Besenderung das erste Mal in der Nacht außerhalb der Lagune erfasst, dann noch zwei weitere Male im Mündungsbereich der Lagune (Abb. 59). Die am 4. März mit Transmitter ausgestattete Grauwalkuh mit Kalb wurde nur noch einmal um 18:20 desselben Tages registriert (Abb. 59). Danach wurden keine weiteren Daten der PTT's über ARGOS erfasst.

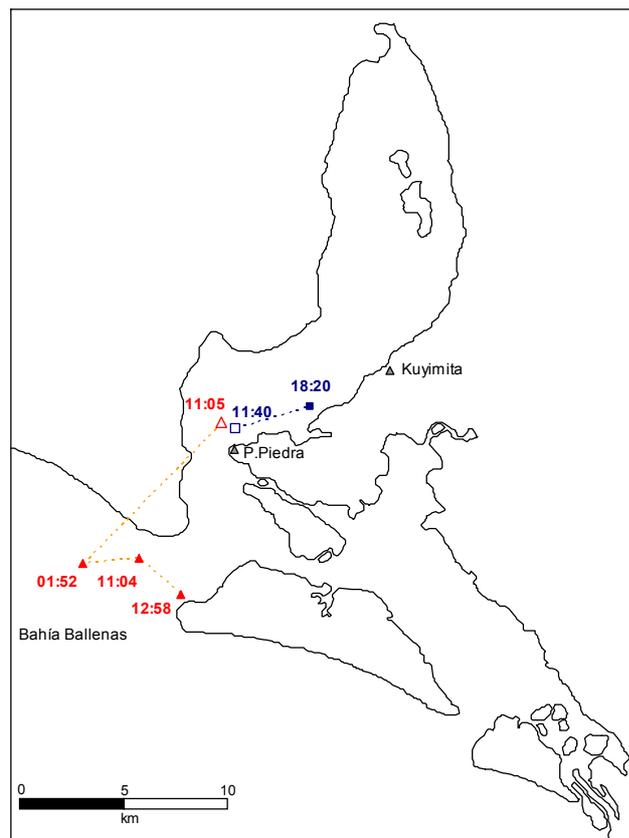


Abb. 59. Mit ARGOS-Satelliten empfangene Positionen von Grauwalkühen mit Kalb, besondert am 2. März (rot) und 4. März (blau) 2001 in der Lagune San Ignacio. Die erste Position ist der Ort der Besenderung. Die Erfassung durch ARGOS gelang über einen Zeitraum von 25,2 h (2. März) bzw. 6,4 h (4. März).

## 4.3 Habitatnutzung

### 4.3.1 Abundanz

Ziel war hier, die Abundanz in der Hauptanwesenheitszeit der Grauwale von Februar bis März zwischen den Jahren 1996 bis 2000 zu vergleichen. Für den statistischen Vergleich konnten insgesamt 35 wöchentlich stattfindende Transektzählungen im Zeitraum vom 8. Februar bis 28 März verwendet werden. Es erfolgte eine Einteilung in Intervalle von insgesamt sieben Wochen als Index der Abundanz in der Lagune. Die Ergebnisse wurden für die Gruppe aller adulten Wale, der Einzeltiere und der Mutter-Kalb Paare (Mutter und Kalb sind als eine Einheit erfasst, siehe 3.8 Definitionen) betrachtet. Eine

Kruskal-Wallis ANOVA für nicht-parametrische Daten wurde für den statistischen Vergleich der Abundanz zwischen den Jahren verwendet. In Tab. 10 sind die Ergebnisse der wöchentlichen Zählungen von der sechsten Kalenderwoche (im Folgenden mit KW bezeichnet) bis zur 12. KW von 1996 bis 2000 detailliert aufgelistet.

Tab. 10. Anzahl der Mutter-Kalb Paare (M-K), Einzeltiere (S) und aller adulter Grauwale (AD), erfasst in 35 wöchentlichen Transektzählungen vom 8. Februar bis 28. März der Jahre 1996 bis 2000 in Lagune San Ignacio, B.C.S., Mexiko.

Kalender- woche	1996			1997			1998			1999			2000		
	M-K	S	AD												
6	62	85	147	87	136	223	52	178	230	13	85	98	45	182	227
7	42	74	116	97	108	205	48	120	168	16	129	145	21	176	197
8	68	104	172	126	127	253	42	57	99	17	144	161	62	132	194
9	92	115	207	143	65	208	39	38	77	33	91	124	35	146	181
10	83	44	127	133	71	204	62	2	64	45	84	129	38	117	155
11	50	3	53	109	16	125	38	0	38	41	49	90	16	55	71
12	51	0	51	130	4	134	19	0	19	39	19	58	19	12	31

### *Alle adulten Wale*

Die maximale Abundanz aller adulten Grauwale wurde zwischen der 6. KW in den Jahren 1998 und 2000, und in der 9. KW in der Saison 1996 beobachtet (Abb. 60). Die höchste Anzahl von 253 Walen wurde 1997 registriert, die niedrigste Anzahl von 161 Adulten in der Saison 1999 (Tab. 10, Abb. 60). Die maximale Anzahl von adulten Walen war 2000 fast identisch mit der von 1998. Das durchschnittliche Maximum der Zeitserie 1996 bis 2000 betrug 216 Adulte (Spanne = 161-253). Die Anzahl adulter Tiere nahm in allen Jahren von der 9. KW bis zur 12. KW ab (Abb. 60).

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Abundanz der adulten Wale von 1996 bis 2000, auch wenn das Ergebnis knapp oberhalb der Signifikanzgrenze lag ( $H_{(4, N=35)} = 8,69, p = 0,06$ ). Die Saison 1997 zeigte zu den anderen vier Jahren den deutlichsten Unterschied (siehe Abb. 60).

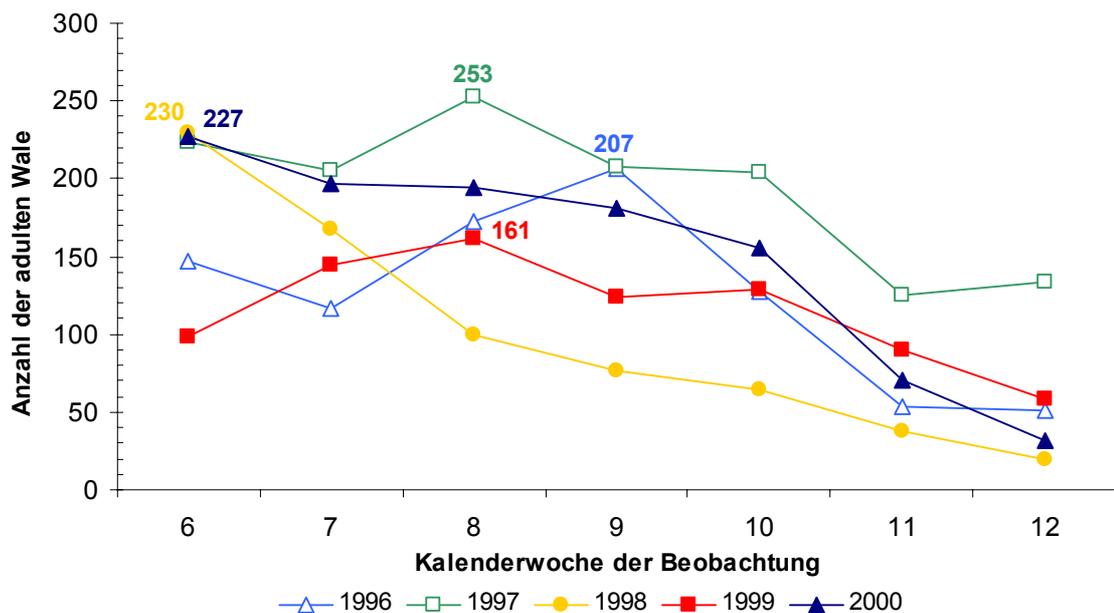


Abb. 60. Anzahl der adulten Grauwale, die in wöchentlichen Zählungen (8. Februar bis 28. März) in Laguna San Ignacio, B.C.S., jeweils in der Wintersaison zwischen 1996 und 2000 bestimmt wurde.

### *Einzeltiere*

Da die Einzeltiere die dominierende Gruppe innerhalb der adulten Wale darstellten, ist der saisonale Verlauf der beobachteten Abundanz ähnlich der aller adulten Wale (Abb. 61). Eine unerwartet hohe Anzahl von Einzeltieren wurde in der 6. KW der Wintersaison 1998 und 2000 registriert, welche gleichzeitig das saisonale Maximum darstellten (Abb. 61). Insbesondere im Jahr 1998 nahm die Anzahl einzelner Adulter bis zur 10. KW rapide ab (Abb. 61). Die anderen Jahre zeigten einen ähnlichen Verlauf, mit Maxima zwischen der 8. und 9. KW. Die höchste Anzahl von 182 Einzeltieren wurde 2000 ermittelt, die niedrigste Anzahl von 115 Einzeltieren zu einem späten Zeitpunkt der Saison 1996 (Abb. 61). In der Zeitserie von 1996 bis 2000 betrug das durchschnittliche Maximum 151 Einzeltiere (Spanne = 115-182). Die Abundanz der Einzeltiere in den fünf Jahren war nicht signifikant verschieden ( $H_{(4, N=35)} = 5,81, p = 0,21$ ).

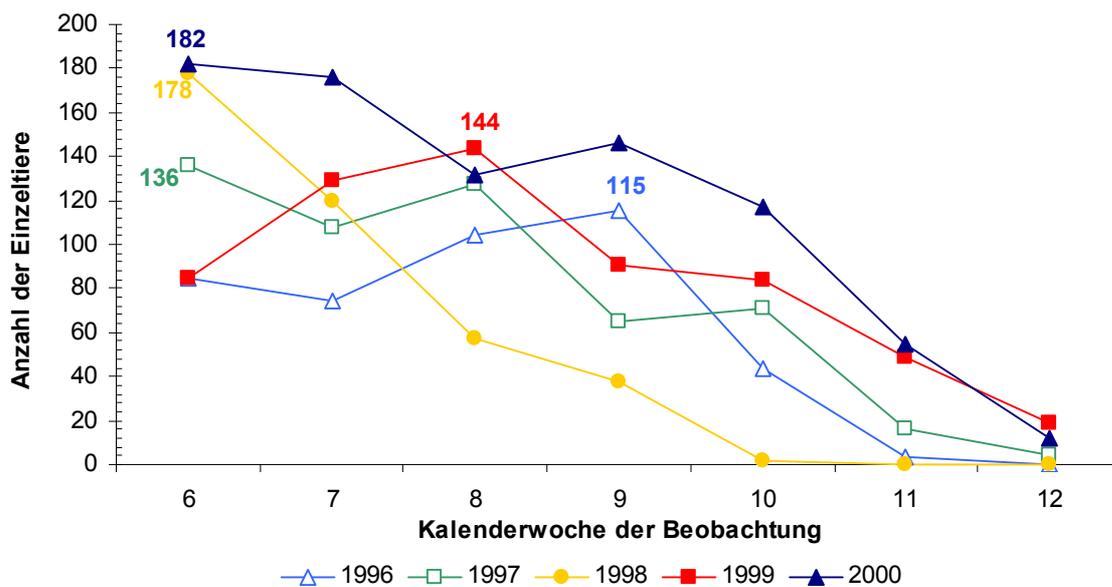


Abb. 61. Anzahl der Einzeltiere, die in wöchentlichen Zählungen (8. Februar bis 28. März) in Lagune San Ignacio, B.C.S., jeweils in der Wintersaison zwischen 1996 und 2000 bestimmt wurde.

### ***Mutter-Kalb Paare***

Die maximale Anzahl von Mutter-Kalb Paaren gab es in der letzten Februarwoche (8. KW) im Jahr 2000, und in der 9. KW 1996 und 1997 (Abb. 62). Im Gegensatz dazu wurde das Maximum in den Jahren 1998 und 1999 eine Woche später (10. KW) registriert (Abb. 62). Dabei waren diese Maximalwerte niedriger als die Abundanz von 1996 und 1997 zu diesem Zeitpunkt (Abb. 62). Die maximal beobachteten Mutter-Kalb Paare variierten deutlich, 1997 waren es 143 Paare, dagegen wurden 1998 nur maximal 45 Paare beobachtet (Abb. 62). Die Abundanz der Mutter-Kalb Paare änderte sich in dieser Zeitreihe von 1996 bis 2000 sehr deutlich ( $H_{(4, N=35)} = 24,45$ ,  $p = 0,0001$ ) (Abb. 62). Ein anschließender Vergleich zwischen den einzelnen Jahren ergab, dass sich das Jahr 1997 besonders signifikant von den Jahren 1996 und 1998 bis 2000 unterschied (Post-Hoc Test nach Tukey, p-Werte siehe Tab. 11). Das ist auch in Abb. 62 zu erkennen. Auch zwischen 1996 und den Jahren 1999 und 2000 war der Unterschied signifikant (Tab. 11). Im Gegensatz dazu unterschied sich die Abundanz der Mutter-Kalb Paare von 1998 bis 2000 nicht signifikant voneinander (Tab. 11).

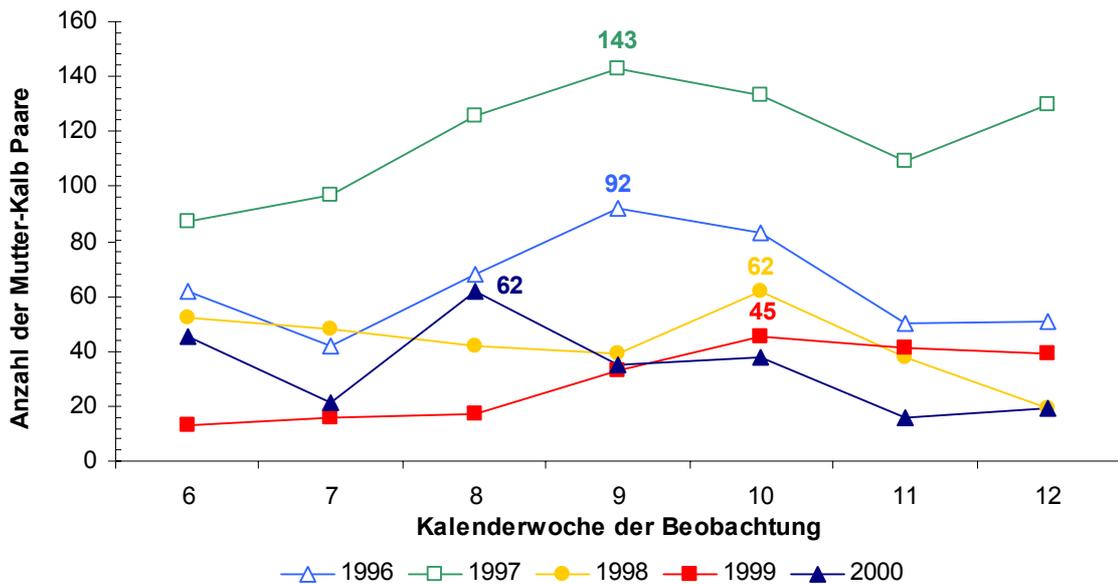


Abb. 62. Anzahl der Mutter-Kalb Paare, die in wöchentlichen Zählungen (8. Februar bis 28. März) in Lagune San Ignacio, B.C.S., jeweils in der Wintersaison zwischen 1996 und 2000 bestimmt wurde.

Tab. 11. Vergleich der Abundanz von Mutter-Kalb Paaren von 1996 bis 2000, ermittelt mit dem Post-Hoc Test nach Tukey. Die p-Werte signifikant verschiedener Jahre sind farblich hervorgehoben.

	1996	1997	1998	1999	2000
1996		0,0001	0,1519	0,0043	0,0157
1997	0,0001		0,0001	0,0001	0,0001
1998	0,1519	0,0001		0,5479	0,8422
1999	0,0043	0,0001	0,5479		0,9855
2000	0,0157	0,0001	0,8422	0,9855	

#### 4.3.2 Mortalität

Von 1996 bis 1999 wurden insgesamt 15 tote Kälber in der Lagune gefunden, 1996 drei Kälber, 1997 sechs Kälber und ein adultes Tier, 1998 drei Kälber und 1999 zwei Kälber und drei Adulte (Tab. 12). Von den Totfunden der Adulten waren zwei Tiere Grauwal-kühe. In der Wintersaison 2000 wurden keine Kälber im Lagunenareal gefunden, aber insgesamt 34 adulte Grauwale (Tab. 12). Von den 34 Adulten waren 27 männliche (79 %) und 6 weibliche Wale (18 %), ein Tier konnte nicht zugeordnet werden. Die Anzahl männlicher adulter Totfunde war damit signifikant größer. Auffällig war, dass im gesamten Zeitraum keine Kadaver von immaturren Grauwalen gefunden wurden.

Tab. 12. Anteil der Totfunde von Grauwalen pro Kategorie in Lagune San Ignacio, von 1996 bis 2000.

Kategorie	1996	1997	1998	1999	2000
Adulte	-	1	-	3	34
Kälber	3	6	3	2	-

Die minimale Mortalitätsrate der Kälber wies zwischen 1996 und 1999 Unterschiede auf, bedingt durch die unterschiedliche Anzahl der maximal anwesenden lebenden Kälber in der jeweiligen Saison (siehe auch Abb. 62). In der Wintersaison 1996 betrug die Rate 3,1 %, 1997 waren es 4,4 % und 1998 waren es 5,4 %. Die Kälber-Totfundrate von 10,5 % im Jahr 1999 war höher als in den Vorjahren, aber durch die im Verhältnis kleinere Anzahl von maximal beobachteten lebenden Kälbern in der Saison bedingt (vgl. Abb. 62). Die absoluten Zahlen änderten sich nur geringfügig (Tab. 12).

### 4.3.3 Aufenthaltsdauer

Anhand der insgesamt 6228 aufgenommenen Fotos von Grauwalen in Lagune San Ignacio (siehe Abschnitt 3.6) konnten von 1996 bis 2000 insgesamt 975 Einzeltiere und 519 Muttertiere individuell unterschieden und die Aufenthaltsdauer in der Wintersaison ermittelt werden (Tab. 13). Die Anzahl der Grauwale, die anhand des Fotos pro Saison individuell unterschieden werden konnten, variierte zwischen minimal 70 Einzeltieren und 80 Muttertieren in der Wintersaison 1996 und maximal 375 Einzeltieren und 90 Muttertieren in der Saison 2000 (Tab. 13).

Tab. 13. Anzahl der identifizierten Grauwale (ID) und Anzahl der Wiedersichtungen (REC) in derselben Saison in den Winterzeiträumen der Jahre 1996 bis 2000 in Lagune San Ignacio.

Kategorie	1996		1997		1998		1999		2000		Summe	
	ID	REC	ID	REC								
Einzeltiere	70	5	155	4	186	5	189	11	375	41	<b>975</b>	<b>66</b>
Muttertiere	80	20	150	43	102	43	97	39	90	60	<b>519</b>	<b>205</b>
<i>Summe</i>	<i>157</i>	<i>25</i>	<i>305</i>	<i>47</i>	<i>290</i>	<i>48</i>	<i>286</i>	<i>50</i>	<i>465</i>	<i>101</i>	<b>1494</b>	<b>271</b>

Die Aufenthaltsdauer von Muttertieren mit Kälbern in der Lagune war etwa dreimal länger als die von Einzeltieren (Tab. 14, Abb. 63). Die längste Aufenthaltsdauer eines Mutter-Kalb Paares von 61 Tagen wurde in der Wintersaison 1998 beobachtet (Abb. 64). Die durchschnittliche Zeit zwischen erster und letzter Sichtung reichte bei Grauwalkühen mit Kälbern von 19,1 Tagen (95 % Konfidenzintervall = 14,3 – 23,9, n = 20) in der Saison 1996 bis zu 25,5 Tagen (95 % Konfidenzintervall = 20,1 - 30,9, n = 39) im Winterzeitraum 1999 (Tab. 14, Abb. 63). In Abb. 64 sind die beobachteten Aufenthaltsdauern der Individuen für die jeweilige Wintersaison zwischen 1996 und 2000 in einer Übersicht dargestellt.

Im Gegensatz dazu betrug die Aufenthaltsdauer bei Einzeltieren zwischen erster und letzter Sichtung im Mittel zwischen 2,6 Tage (95 % Konfidenzintervall = 1,7 – 3,5, n = 5) 1996 und 6,8 Tage (95 % Konfidenzintervall = 3,6 - 10, n = 19) in der Wintersaison 2000 (Tab. 14, Abb. 63). In der Wintersaison 2000 wurde die längste Aufenthaltsdauer eines einzelnen Grauwals von 23 Tagen ermittelt (Abb. 65). Dies war im Vergleich zu den beobachteten Aufenthaltszeiten 1996-1999 (1996 und 1997 jeweils maximal 10 Tage, 1998 und 1999 jeweils maximal 9 Tage) mehr als doppelt so lange (siehe Abb. 65). Die beobachteten Aufenthaltsdauern der Individuen für die entsprechende Wintersaison zwischen 1996 und 2000 sind in Abb. 65 in einer Übersicht aufgezeigt.

Tab. 14. Aufenthaltsdauer (Tage) von Grauwalen in Lagune San Ignacio von 1996 bis 2000 ( $X$  = Mittelwert  $\pm$  95 % Konfidenzintervall).

	1996		1997		1998		1999		2000	
	$X$	$n$								
Einzeltiere	2.6 $\pm$ 0.9	5	6.2 $\pm$ 3.2	4	5.6 $\pm$ 2	5	4.3 $\pm$ 2.0	11	6.8 $\pm$ 3.2	19
Mutter-Kalb Paare	19.1 $\pm$ 4.8	20	19.6 $\pm$ 3.5	43	20.6 $\pm$ 4.1	43	25.5 $\pm$ 5.4	39	23.0 $\pm$ 6.6	25

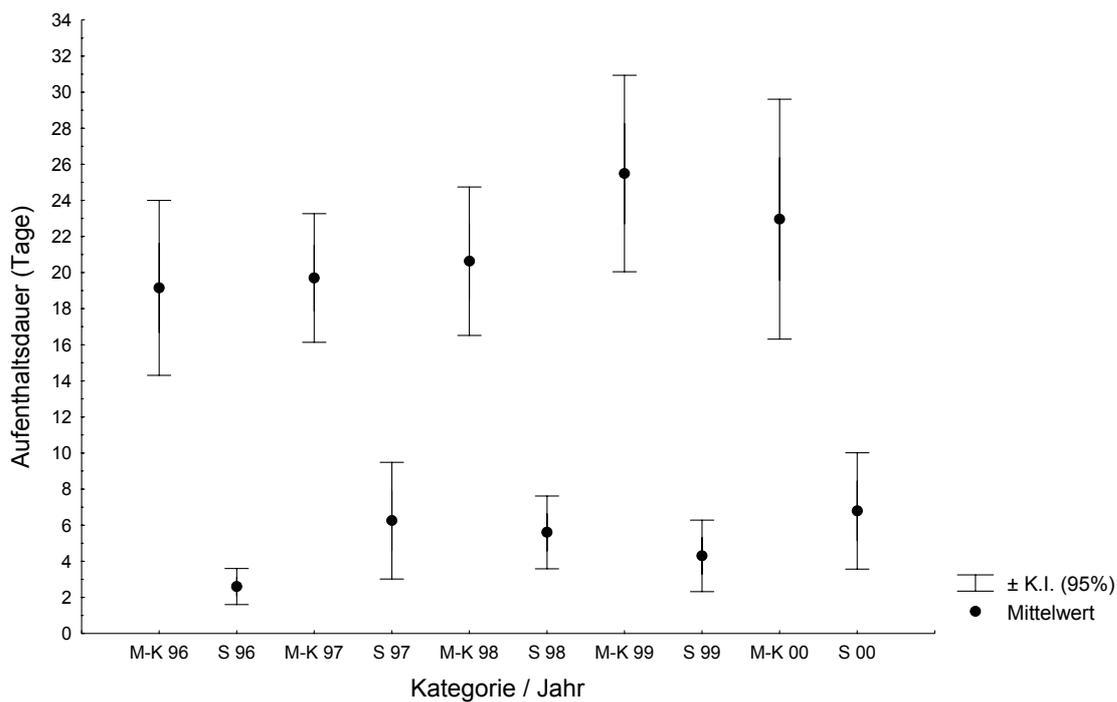


Abb. 63. Aufenthaltsdauer von Grauwalen in Lagune San Ignacio in den Winterzeiträumen 1996 bis 2000 (M-K = Mutter-Kalb Paare, S = Einzeltiere, K.I. = Konfidenzintervall).

Die Aufenthaltsdauer von Mutter-Kalb Paaren war in den Jahren 1996 bis 2000 nicht signifikant voneinander verschieden (Kruskal-Wallis Test,  $H_{(4, N=170)} = 2.309$ ,  $p = 0,679$ ) (Abb. 63). Auch in der Aufenthaltsdauer der Einzeltiere waren keine deutlichen Unterschiede zwischen den Jahren feststellbar (Kruskal-Wallis Test,  $H_{(4, N=43)} = 3,645$ ,  $p = 0.456$ ) (Abb. 63).

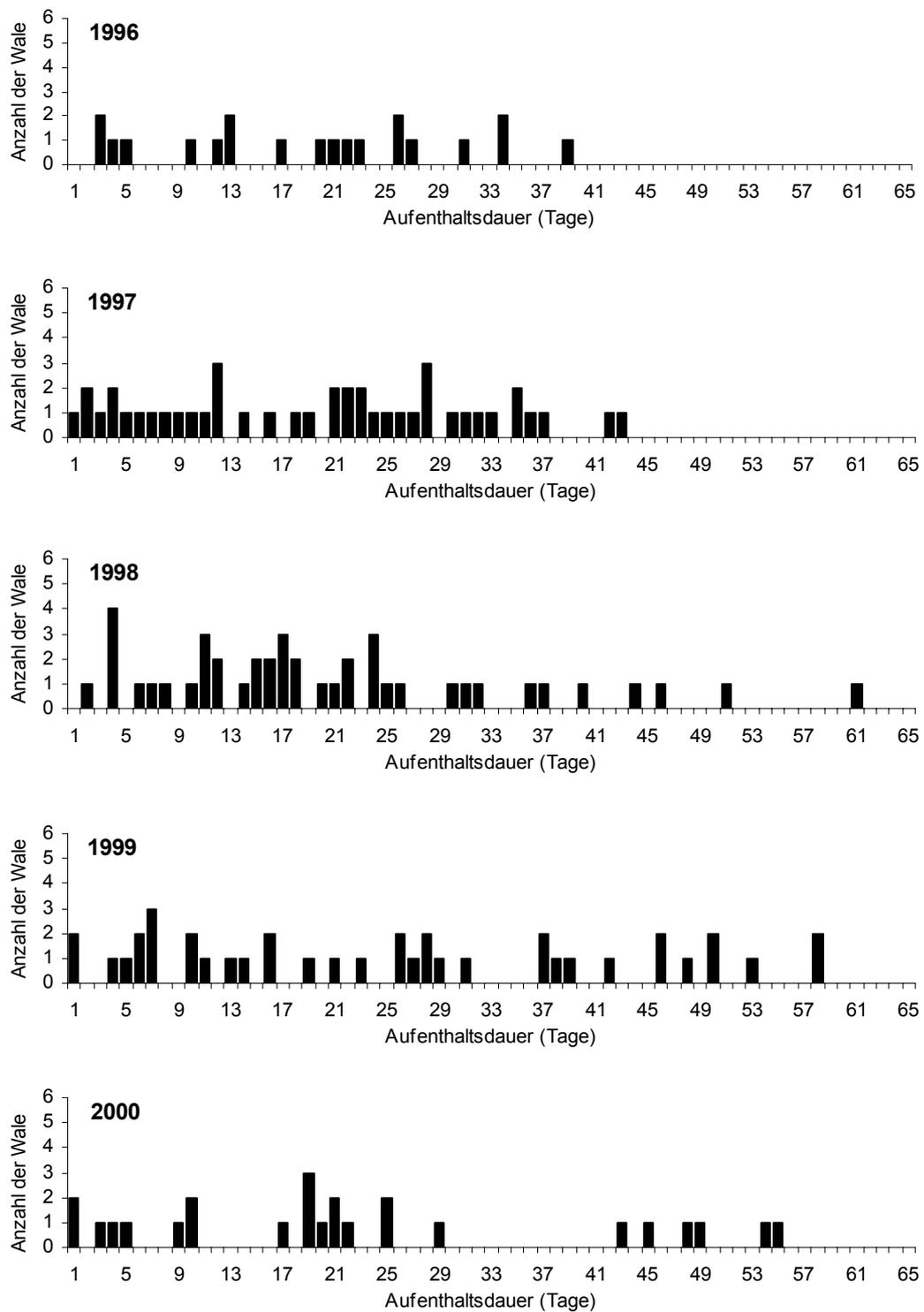


Abb. 64. Beobachtete Aufenthaltsdauern von Mutter-Kalb Paaren (Anzahl der Tage zwischen erster und letzter Sichtung, ermittelt mit Fotoidentifikation) in Lagune San Ignacio, in den Winterzeiträumen 1996 bis 2000.

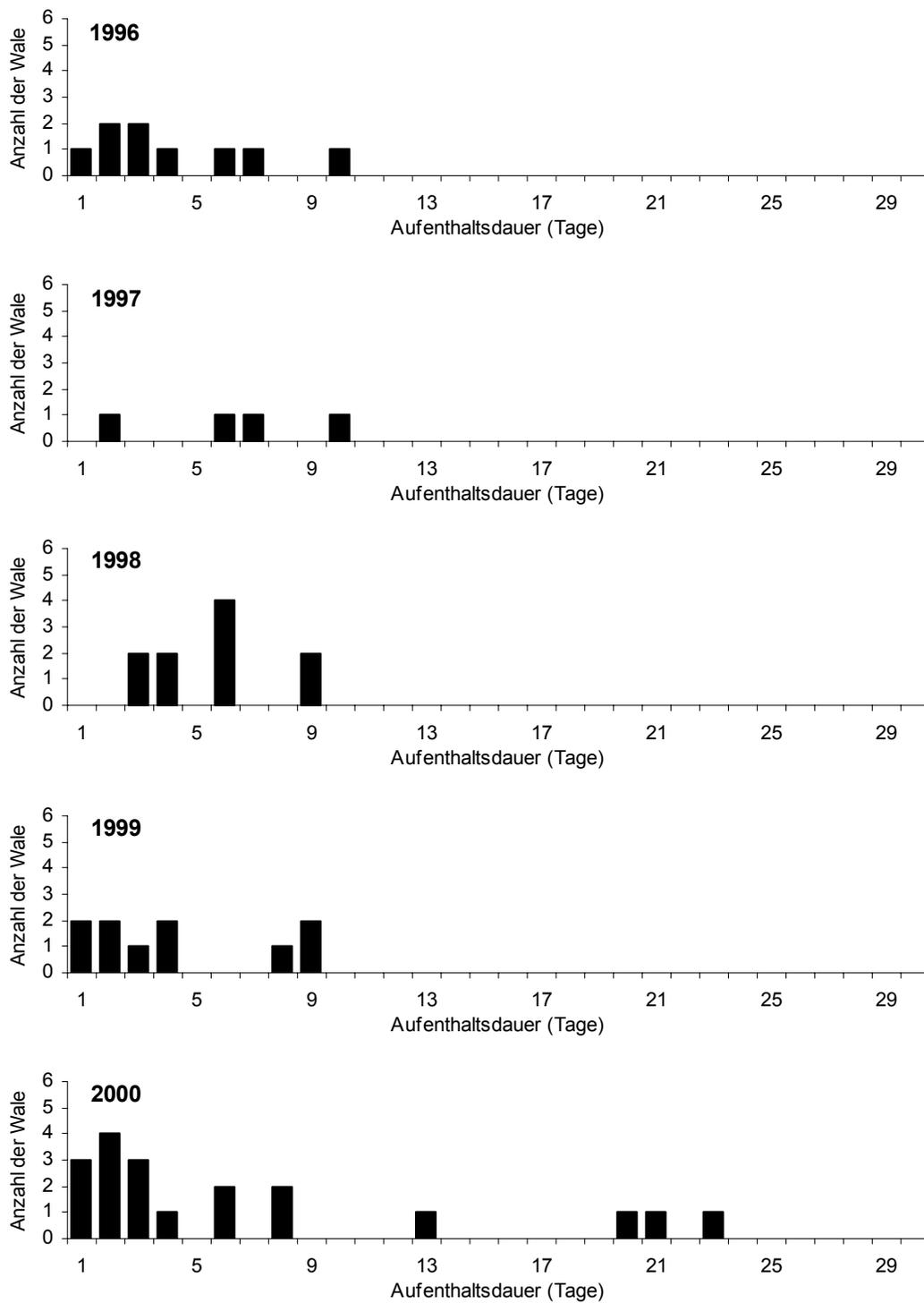


Abb. 65. Beobachtete Aufenthaltsdauern von Einzeltieren (Anzahl der Tage zwischen erster und letzter Sichtung, ermittelt mit Fotoidentifikation) in Lagune San Ignacio, in den Winterzeiträumen 1996 bis 2000.

#### 4.3.4 Wiedersichtungen und Geburtenintervall von Grauwalkühen

Von den 519 individuell unterscheidbaren Grauwalkühen mit Kälbern, die zwischen 1996 und 2000 katalogisiert werden konnten, wurden nur 33 in mehr als einem Jahr wieder gesichtet (Tab. 15), trotz der mehr als 1000 fotografierten Grauwale pro Saison (siehe 3.6 Fotoidentifikation). Von den 33 Grauwalkühen wurden 32 Tiere (97 %) in zwei verschiedenen Jahren identifiziert, eine Grauwalkuh (ID Nr. 035, Tab. 15) wurde in drei Jahren fotografiert, von 1996 bis 1998. Kein Tier wurde in vier oder allen fünf Jahren gesichtet. In zwei aufeinander folgenden Jahren wurden insgesamt 11 Grauwalkühe beobachtet, die jeweils im ersten Jahr ( $n = 4$ ) oder im zweiten Jahr ( $n = 7$ ) ein Kalb hatten (Tab. 15). Im Dreijahresabstand wurden 14 Grauwalkühe anhand des Fotos wieder gefunden, im vierten Jahr nach der ersten Sichtung sieben Tiere, nur ein Muttertier (ID Nr. 013, Tab. 15) wurde nach der ersten Erfassung 1996 im fünften Jahr wieder gesichtet.

Von den 33 Grauwalkühen, die in mehr als einem Jahr gesichtet wurden, hatten 19 Tiere Kälber in verschiedenen Winterzeiträumen (Tab. 15). Das Intervall zwischen aufeinander folgenden Geburten betrug zwischen 2 und 4 Jahre (2 Jahre:  $n = 11$ , 3 Jahre:  $n = 7$ , 4 Jahre:  $n = 1$ ). Die durchschnittliche Dauer des Geburtenintervalls betrug  $2,50 \pm 0,29$  Jahre (95 % Konfidenzintervall = 2,21 - 2,8,  $n = 19$ ) (Abb. 66).

Um zu bestimmen, ob sich das Intervall der aufeinander folgenden Geburten zwischen 1977-1982 und 1996-2000 verändert hat, wurde der in dieser Studie ermittelte Zeitraum von  $2,50 \pm 0,29$  Jahren mit dem Ergebnis von Jones (1990) verglichen, wonach die Grauwalkühe alle  $2,11 \pm 0,40$  Jahre ein Kalb hatten (Abb. 66). Das Geburtenintervall im Zeitraum 1996-2000 war signifikant länger als das in den Jahren 1977-1982 ermittelte (Kruskal-Wallis Test,  $H_{(1, N=78)} = 2,309$ ,  $p = 0.041$ ).

Tab. 15. Wiedersichtungen und Geburtenintervalle (Vorhandensein eines Kalbs) der Grauwalkühe (n = 33), die von 1996 bis 2000 in mehr als einem Jahr in Lagune San Ignacio identifiziert wurden. (● mit Kalb gesichtet, ○ ohne Kalb gesichtet, leeres Feld bedeutet nicht gesichtet).

Nr. Foto-ID Katalog	Jahr				
	1996	1997	1998	1999	2000
004	●		●		
013	●				●
018	●			●	
023	●	○			
025	●			●	
034	●			●	
035	●	○	●		
039	●		○		
046	●		○		
051	●			○	
055	●		●		
057	●		●		
058	○	●			
070	●		●		
106	○	●			
124	●			●	
150	●		○		
167		●		●	
171	○	●			
174		●	○		
200		●		●	
202		●			●
242		●			●
251		●		●	
318		●			●
359		●	○		
370		○	●		
400		●		●	
403		○		●	
436		○	●		
440		○	●		
522			●		●
576			○	●	

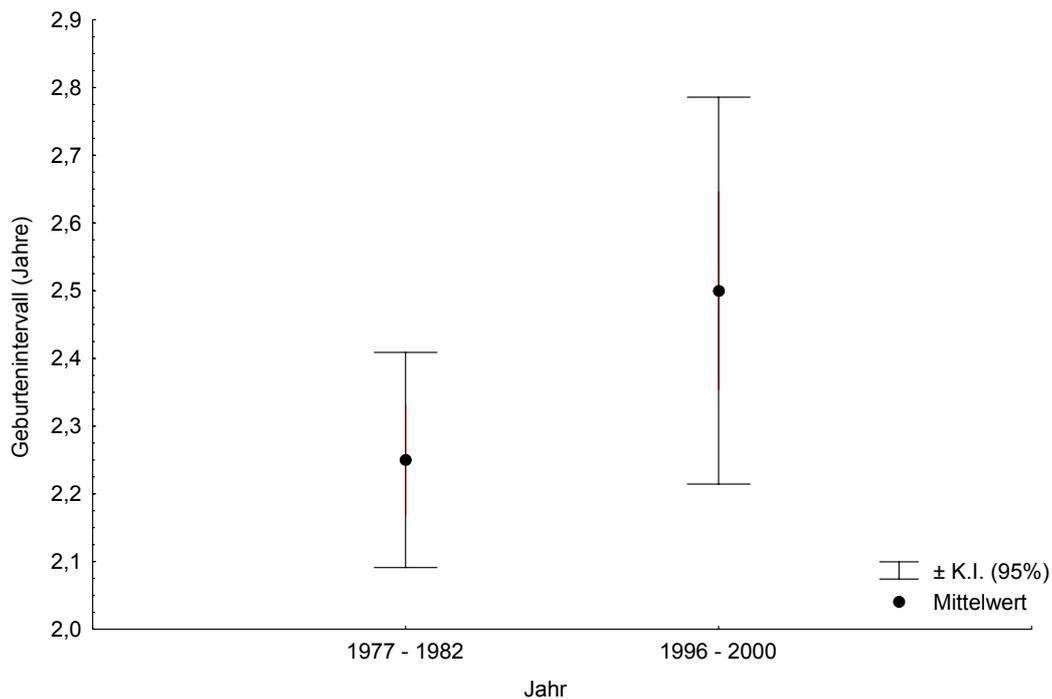


Abb. 66. Geburtenintervall von Grauwalern, ermittelt mit Fotoidentifikation, in Lagune San Ignacio 1977-1982 (aus Jones 1990) und 1996-2000 (K.I. = Konfidenzintervall).

#### 4.3.5 Gebietstreue von Mutter-Kalb Paaren

Um zu ermitteln, ob es bei den fotografierten Grauwalkühen mit Kälbern eine Präferenz gab, in folgenden Jahren wieder dieselbe Lagune für die Geburt und Kälberaufzucht aufzusuchen, wurde der Index für die Gebietstreue für diesen Fünfjahreszeitraum ermittelt. Dabei wurde aufgrund des Ergebnisses des Geburtenintervalls von  $2,50 \pm 0,29$  Jahren (siehe Abschnitt 4.3.4) ein erneutes Aufsuchen der Lagune mit Kalb nach 2-3 Jahren erwartet. In Tab. 16 ist anhand des Gebietstreueindex zu sehen, dass es in den fünf Jahren keine erneute Sichtung eines Muttertieres mit einem Kalb direkt im darauf folgenden Jahr gab, was zu erwarten war. Im Zweijahresturnus war der Index der Gebietstreue zwischen Saison 1996 und 1998 mit 0,61 (5 Wiedersichtungen) am größten (Tab. 16). Demzufolge wäre ein ähnlicher Index für 1997 und 1999 und zwischen 1998 und 2000 zu erwarten. Der Indexwert war für 1997 und 1999 mit 0,27 (4 Wiedersichtungen) etwa halb so groß, und zwischen 1998 und 2000 mit 0,11 (1 Wiedersichtung) der niedrigste Wert für die Zweijahresintervalle (Tab. 16). Für das dritte Folgejahr lag der Index für 1996 und 1999 mit 0,52 (4 Wiedersichtungen) über dem ermittelten Wert von 0,22 (3 Wiedersichtungen) für 1997 und 2000 (Tab. 16). Für eine vollständige Untersuchung der Periodizität hätte die Studie noch weitere Jahre fortgeführt werden müssen, so

konnte nur für 1996 und 1997 der Zwei- und Dreijahresindex bestimmt werden (siehe Tab. 16).

Tab. 16. Indizes der Gebietstreue (berechnet anhand der Wiedersichtungen in den Folgejahren 1- 4) der in Lagune San Ignacio fotografierten Mutter-Kalb Paare zwischen 1996 und 2000 (n ist die Anzahl der Identifikationen pro Jahr).

Jahr (n)	Index der Gebietstreue in den Folgejahren			
	1	2	3	4
1996 (80)	0	0,61	0,52	0,14
1997 (150)	0	0,27	0,22	-
1998 (102)	0	0,11	-	-
1999 (97)	0	-	-	-
2000 (90)	-	-	-	-

#### 4.3.6 Anzahl der Grauwale, die Lagune San Ignacio aufsuchten

Die nach der Methode von Darling und Morowitz (1986) mit einer Schätzfunktion rechnerisch ermittelte Anzahl von Grauwalen, die Lagune San Ignacio in einer Wintersaison aufsuchten, ist in Tab. 17 und Abb. 67 dargestellt.

Tab. 17. Anzahl der Grauwale ( $N_{\text{berechnet}}$ ), die Lagune San Ignacio in einer Wintersaison aufgesucht haben, berechnet nach der Methode von Darling und Morowitz (1986) für 1996-2000. MK = Mutter-Kalb Paare, S = Einzeltiere.

Parameter	1996		1997		1998		1999		2000	
	MK	S	MK	S	MK	S	MK	S	MK	S
Anzahl der Individuen	80	70	150	155	102	186	97	189	90	375
Anzahl der Fotografien	106	75	208	160	180	200	167	201	134	416
$N_{\text{(berechnet)}}$	177	530	298	2.491	141	1.354	137	1.607	168	2.773

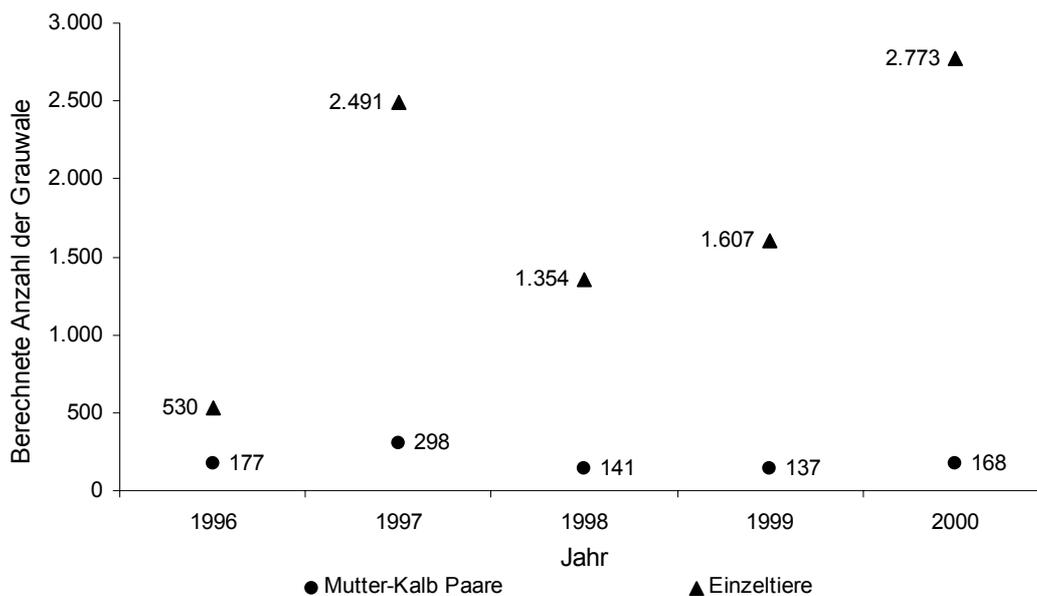


Abb. 67. Anzahl der Grauwale (Individuen der Einzeltiere und Muttertiere mit Kälbern), die Lagune San Ignacio in einer Wintersaison aufgesucht haben, berechnet nach der Methode von Darling und Morowitz (1986) für 1996-2000.

Die Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der geringen Wiedersichtungsrate innerhalb einer Wintersaison der Austausch von Individuen im Lagunengebiet sehr groß ist. Damit bestätigen sie Daten der Aufenthaltsdauer (siehe Abschnitt 4.3.3) und der telemetrischen Untersuchungen (vgl. Abschnitt 4.2.1). Dies gilt insbesondere für Einzeltiere, was durch die berechnete Anzahl der Individuen für die jeweilige Saison deutlich wird (Tab. 17, Abb. 67). Ausgehend von den Ergebnissen der Abundanz zwischen 1996 und 2000 (vgl. Abschnitt 4.3.1), spiegelt das Jahr 1997 eine Saison mit einer „normalen“ Anzahl von Grauwalen für die Lagune San Ignacio wieder. Die berechneten Werte für Einzeltiere sind in diesem Jahr mit 2.491 Individuen am zweitgrößten, das Jahr 2000 weist mit 2.773 Individuen die größte Anzahl von Einzeltieren auf, die das Gebiet in einer Saison frequentierten (Abb. 67). Die Anzahl von einzelnen Grauwalen ist für 1996, 1998 und 1999 deutlich niedriger (Abb. 67). Die Anzahl der Mutter-Kalb Paare ist um ein mehrfaches niedriger, mit einem Maximum von 298 Mutter-Kalb Paaren in der Saison 1997 (Abb. 67). Für die Saison 1996 wurden 177 verschiedene Mutter-Kalb Paare errechnet, die geringste Anzahl wurde für 1999 mit 137 Mutter-Kalb Paaren ermittelt. Die Anzahl der verschiedenen Mutter-Kalb Paare war in den Jahren 1998-2000 niedriger als 1996-1997 (Abb. 67).



## 5 Diskussion

### 5.1 Einfluss der Besenderung auf das Verhalten

#### 5.1.1 Reaktion auf die Besenderung mit Fahrtenschreibern

Auf die mit einem Saugnapf befestigten Fahrtenschreiber reagierten 80 % der Grauwal-kühe. Der Prozentsatz von starken Verhaltensreaktionen betrug bei diesem Sendertyp lediglich 7 %, überwiegend war die Reaktion gering und von kurzer Dauer. Einige Wale näherten sich unmittelbar nach der Besenderung wieder dem Boot und zeigten das für die Lagunen beschriebene „freundliche“ Verhalten, bei dem sich die Wale möglicherweise durch das Motorengeräusch angezogen fühlten (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996). Verhaltensreaktionen anderer Walarten auf die Besenderung mit an Saugnäpfen befestigten Datenloggern wurden kurz beschrieben, aber meist nicht quantifiziert. Dabei war in den verschiedenen Studien dieselbe Variation in der Verhaltensreaktion, zwischen den mit einer Armbrust befestigten und den mit einem Stab angebrachten Geräten mit Saugnapf, zu sehen (vgl. Hooker et al. 2001). Für Bartenwalarten gab es bisher nur wenige Studien, die mit diesem Befestigungstyp durchgeführt wurden. Bei Finnwalen (*Balaenoptera physalus*) wurde eine kurzzeitige Beschleunigung und ein schnelleres Abtauchen der Tiere beobachtet (Panigada et al. 1999). Eine ähnliche, kurzzeitige Reaktion wurde bei nördlichen Gattwalen (*Eubalaena glacialis*) registriert (Nowacek et al. 2001).

Bei Zahnwalen wurde die Methode der Befestigung von Fahrtenschreibern mit Saugnäpfen schon öfter verwendet. Auch hier sind kaum Verhaltensreaktionen quantitativ beurteilt worden. Bei Pottwalen (*Physeter macrocephalus*), den größten Vertretern dieser Familie, wurden kurzzeitige Reaktionen mit Beschleunigung und schnellerem Abtauchen nach der Besenderung erwähnt (Madsen et al. 2002). Hooker et al. (2001) untersuchten den Einfluss der Besenderungen bei nördlichen Entenwalen (*Hyperoodon ampullatus*) und fanden heraus, dass die Tiere zu 93 % mit einer geringen Reaktion (schnelleres Abtauchen) darauf reagierten. Hooker und Baird (1999) konnten zeigen, dass sich innerhalb der ersten zwei Minuten nach der Besenderung die Schwimmgeschwindigkeit bei den nördlichen Entenwalen erhöhte und sich danach wieder normalisierte. Bei Schwertwalen (*Orcinus orca*) reagierten nur 52 % der Tiere mit einem beschleunigten Abtauchen (Baird 1994). Ähnliche Variationen dieser Verhaltensreaktion wurden bei Grindwalen (*Globicephala macrorhynchus*) (Baird et al. 2002) und gefleckten atlantischen Delfinen (*Stenella attenuata*) registriert (Baird et al. 2001), ohne dass

diese statistisch analysiert wurden. Lediglich bei großen Tümmlern (*Tursiops truncatus*) wurden länger anhaltende und heftigere Reaktionen auf diese Art der Besenderung dokumentiert (Schneider et al. 1998).

Bei den Besenderungen der Grauwale schien das Verhalten der Tiere unmittelbar vor dem Anbringen des Gerätes ausschlaggebend für die Stärke der Reaktion zu sein. Wenn die Muttertiere inaktiv waren, reagierten sie offensichtlich deutlicher als in einem aktiveren Stadium mit gerichteter Schwimmbewegung. Das zeigte sich insbesondere bei einem Muttertier, das an der Wasseroberfläche ruhte und bei der Besenderung den Körper weit aus dem Wasser rollte, beschleunigte und deutlich die Fluke aus dem Wasser hob. Mate & Harvey (1984) berichteten ebenfalls von einer sehr heftigen Reaktion einer ruhenden Grauwalkuh bei der Besenderung mit einem Radiotransmitter (siehe auch Abschnitt 5.1.2). Hooker et al. (2001) stellten bei nördlichen Entenwalen fest, dass die Reaktion abhängig vom Verhaltensstadium war. Die Reaktion war bei den ruhenden Entenwalen größer als bei den ungerichtet schwimmenden („milling“) oder gerichtet schwimmenden („travelling“) Tieren (Hooker et al. 2001). Bei Buckelwalen (*Megaptera novaeangliae*) konnte diese vom Verhalten der Tiere abhängige Reaktion bei Probenahmen der Fettschicht mit Biopsiepfählen festgestellt werden (Clapham & Mattila 1993).

Das jeweilige Verhalten zum Zeitpunkt der Besenderung scheint somit der entscheidende Faktor für das Ausmaß der Beeinflussung der Wale zu sein. Die Besenderung mit den nur oberflächlich auf der Haut angebrachten Fahrtenschreibern hatte nur einen kurzzeitigen Effekt auf das Verhalten der Grauwale, wie der Vergleich der Tauchdaten unmittelbar nach der Besenderung und zu einem späteren Zeitpunkt zeigte. Inwieweit nur oberflächlich angebrachte Geräte oder aber in der Speckschicht implantierte Sender (siehe nachfolgender Abschnitt 5.1.2) für die Beantwortung der jeweiligen Fragestellung notwendig sind, muss im Vorfeld im Hinblick auf die mögliche Störung der zu untersuchenden Art gut abgewogen werden (siehe auch Schneider et al. 1998, Hooker et al. 2001). In der vorliegenden Studie haben sich die mit Saugnäpfen angebrachten Geräte als geeignet erwiesen und gleichzeitig nur eine geringe und kurzzeitige Störung des natürlichen Verhaltens der Grauwale bewirkt. Da die Fahrtenschreiber zur Gewinnung der Daten aber zurückgewonnen werden müssen, eignen sie sich nur für einen zeitlich begrenzten Einsatz. Wie die Ergebnisse der Telemetrie zeigten, wandern die Grauwale sehr aktiv zwischen der Lagune und dem angrenzenden Küstengebiet des offenen Pazifiks hin und her, was die Notwendigkeit des Einsatzes implantierbarer Sender für die Gewinnung von Daten der Habitatnutzung über größere Distanzen und längere Zeiträume begründet.

### 5.1.2 Reaktion auf die Besenderung mit VHF- und Satellitensendern

Daten, die mit Techniken wie dem Implantieren von Sendern oder der Entnahme von Hautproben mit Biopsiepfählen gewonnen werden, sind sehr wichtig im Hinblick auf Fragen zum Status und dem Schutz einer Walpopulation, aber beinhalten meist eine Störung des Verhaltens der so untersuchten Tiere (Hooker et al. 2001). Alle Grauwalkühe in dieser Studie reagierten auf die Besenderung mit den implantierbaren VHF- und Satellitensendern, aber nur 13 % der Tiere zeigten eine starke Reaktion. Im Vergleich zu den mit Saugnäpfen befestigten Geräten war die Reaktion jedoch bei mehr Individuen feststellbar und auch deutlicher.

Mittlerweile hat sich der Einsatz implantierbarer Sender etabliert. Bei Bartenwalen wurden insbesondere für die Untersuchung von großskaligen Wanderungen Satellitensender eingesetzt (z.B. Mate et al. 1997, Mate et al. 1999). Aber in den meisten Studien wurde nur kurz beschrieben wie die Wale reagierten, ohne dies statistisch zu belegen. Bei der Besenderung von Grauwalen mit der ersten Generation von VHF-Sendern berichteten Mate & Harvey (1984), dass sie insbesondere „neugierige“ Tiere besenderten und diese danach ihr Verhalten genauso fortsetzten wie vorher. Bei der Anbringung von Satellitentransmittern bei Grauwalen beschreiben Mate et al. (2003) eine geringfügige und kurzzeitige Reaktion, bei der sowohl Einzel- als auch Muttertiere mit einem leicht verstärkten Flukenschlag reagierten.

Auch bei anderen Bartenwalarten wurden ähnliche Beobachtungen gemacht, aber nicht quantitativ ausgewertet. Bei Buckelwalen (*Megaptera novaeangliae*) wurde eine Beschleunigung der Schwimmgeschwindigkeit registriert, die aber nach Ansicht der Autoren mehr auf die Annäherung mit dem Boot zurückzuführen war (Mate et al. 1998). Blauwale (*Balaenoptera musculus*) zeigten unmittelbar nach der Besenderung mit Satellitensendern eine größere Schwimmgeschwindigkeit als in darauf folgenden Tagen (Mate et al. 1999). Bei einigen Studien wird die Reaktion des Wals auch nicht qualitativ beschrieben, obwohl die Sender tief in der Fettschicht verankert werden (z.B. Mate et al. 2000, Heide-Joergensen et al. 2001). Stewart et al. (2001) argumentierten, dass bei einigen Bartenwalarten (u.a. Mate et al. 1997, Mate et al. 1999, Mate et al. 2000) für die Untersuchung ihrer saisonalen Wanderungen implantierbare Satellitensender verwendet wurden, die durch ihre Verankerungsspitzen von mindestens 15 cm Länge möglicherweise schon das Muskelgewebe erreichten. Die erste Untersuchung von Grauwalen mit Satellitentransmittern in einem Reproduktionsgebiet beinhaltete ebenfalls die Benutzung von Verankerungsspitzen von 15 cm Länge, und trotzdem hielten die Sender nur einen relativ kurzen Zeitraum von teilweise nur eineinhalb Tagen (vgl. Mate et al. 2003). Die Fettschicht der Grauwale ist in den Aufzuchtgebieten bei den adulten Grauwalkühen mit Kälbern ca. 14-15 cm dick (Rice & Wolman 1971). Daher wurde in der hier vorliegenden Studie bewusst eine etwas geringere Länge der Verankerungsspitzen

gewählt, um nicht die Muskelschicht zu penetrieren und zu verletzen. Möglicherweise war das ein Grund, weshalb die Satellitensender nicht lange an den Walen befestigt blieben und auch bei den VHF-Sendern keine längeren Zeiträume aufgezeichnet werden konnten. In neuesten Studien zum Wanderverhalten von Bartenwalen werden durch den Fortschritt in der Transmittertechnologie Satellitensender mit Stahlgehäusen wesentlich geringerer Durchmesser gebaut, die vollständig implantiert werden und längere Besenderungszeiten ermöglichen (Mate & Urbán R. 2005). So wurden im Durchschnitt 59 Tage bei besenderten Buckelwalen vor Isla Socorro, Mexiko aufgezeichnet (Mate & Urbán R. 2005), die Länge der implantierten Sender wurde von den Autoren nicht veröffentlicht.

Andere neue Techniken wie beispielsweise das Verwenden eines Luftdruckgewehrs scheinen erfolgreicher zu sein als die Benutzung einer Armbrust, weil die Transmitter der Satellitensender offensichtlich durch die größer wählbare Abschussdistanz eine geringere Aufprallkraft abfangen müssen (Heide-Joergensen et al. 2001). Mit dieser Technik wurde z.B. ein Satellitensender 22 cm tief in der Fettschicht eines Blauwals verankert (Heide-Joergensen et al. 2001). Es ist möglich, dass durch den Aufprall die in dieser Studie verwendeten Satellitensender der Saison 1999 beschädigt wurden, da von ihnen nach der Besenderung trotz optimaler Verankerung mit der Armbrust keine Signale empfangen wurden.

Es ist im Hinblick auf den Kosten-Nutzen Faktor des Gewinns neuer Erkenntnisse im Verhältnis zur Beeinflussung der jeweiligen Art durch die angewandte Methode gut abzuwägen, inwieweit der Einfluss sich möglicherweise längerfristig auf das Verhalten auswirkt (siehe auch Hooker et al. 2001). Das gilt auch insbesondere für das Aufzuchtgebiet der Grauwale in Lagune San Ignacio, die eine der drei wichtigsten Reproduktionsgebiete an der Pazifikküste der Baja California ist (Rice et al. 1981). Der Vergleich der Anzahl von leichten und moderaten Reaktionen auf die Besenderung mit einem mit Saugnapf befestigten Sender und mit einem implantierbaren Sender ergab einen signifikanten Unterschied (Chiquadrat-Test,  $\chi^2 = 6,32$ ,  $p = 0,01$ ). Nur 28 % der Wale reagierten moderat auf die mit Saugnapf befestigten Geräte, dagegen reagierten die Tiere zu 74 % moderat auf die implantierbaren Sender. Für die hier zu untersuchenden Hypothesen waren diese zu verankernden Transmitter jedoch notwendig. Aber oberflächlich befestigte Geräte sollten primär verwendet werden, wenn sie genauso gut die gewünschten Daten erheben können.

Es wurde in früheren Studien oft versäumt, die Verhaltensreaktion der besenderten Wale statistisch zu untersuchen. Aber nur damit kann eingeschätzt werden, inwieweit sich diese Beeinflussung auf das aufgezeichnete Verhalten danach auswirkt und ob die Da-

ten dadurch nicht das natürliche Verhalten repräsentieren. Die Beobachtungen während der Besanderungen und Datenauswertung in dieser Studie (siehe auch Abschnitte 4.1.1 und 4.2.1) zeigten, dass der Einfluss von Geräten mit Saugnäpfen auf die Grauwale nur sehr gering war und das Verhalten nicht nachhaltig beeinflusste.

## 5.2 Tauchverhalten

### 5.2.1 Tauchprofil und Tauchmuster

Das ist die erste Studie, in der das Unterwasserverhalten von Grauwalen mit Fahrtenschreibern in einem Aufzuchtgebiet aufgezeichnet werden konnte. Die Grauwalkühe wurden in einem Gebiet besendert, welches durch eine geringe Wassertiefe (siehe Anhang III) die maximal mögliche Tauchtiefe der Tiere limitierte. Die Lagune San Ignacio ist relativ flach und hat in den tieferen Kanälen, welche die Lagune durchziehen, maximale Wassertiefen von etwa 30 m (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996). Die Maximaltauchtiefe wird für Grauwale mit 170 m angegeben, basierend auf Beobachtungen aus den Sommernahrungsgründen (Schreer & Kovacs 1997). Daher repräsentieren die hier gewonnenen Daten nur das typische Tauchverhalten in den flacheren Lagunen der Wintergründe, die als Reproduktions- und Aufzuchtgebiete dienen.

Aus den Tauchprofilen der Muttertiere wurde deutlich, dass die Wale das gesamte Tiefenprofil der Lagune nutzen und sich auch in den tiefen Kanälen in Bodennähe aufhalten, wie die aufgezeichneten Tauchtiefen zeigten. In den Tauchprofilen waren tiefere, V- und U-förmige Tauchgänge erkennbar sowie dazwischen liegende, oberflächennahe V-Tauchgänge. Diese oberflächennahen Tauchgänge sind die Oberflächenintervalle zwischen den Atemzügen, bevor der nächste längere Tauchgang beginnt (vgl. Berta & Sumich 1999). Das auffälligste beobachtete Tauchmuster in Lagune San Ignacio waren Serien von relativ langen U-Tauchgängen, zwischen denen jeweils oft nur ein kurzer, V-förmiger Tauchgang (< 60 s) lag. Diese aufeinander folgenden U-Tauchgänge waren oftmals zwei bis dreimal so lang wie die durchschnittlichen Tauchzeiten von Tauchgängen > 60 s, die in der Lagune mit den Fahrtenschreibern aufgezeichnet wurden. Es gab Serien von mehr als fünf solcher U-Tauchgänge hintereinander, wobei die Tauchzeit eines einzelnen U-Tauchgangs teilweise mehr als 7 min betrug (siehe Abb. 23, Abschnitt 4.1.2). Dieses Phänomen der Serien von ausgedehnten U-Tauchgängen ist hier erstmals dokumentiert, es gibt keine früheren Untersuchungen in den Wintergründen, denen die Ergebnisse gegenübergestellt werden können. Bisher erhobene Daten des Tauchverhaltens von Grauwalen basierten auf visuellen Beobachtungen (Sumich 1983, Würsig et al. 1986, Swartz et al. 1987, Dahlheim & Ljungblad 1990), Aufzeichnungen der Tauchdaten aus Peilsignalen der Radiotelemetrie (Harvey & Mate 1984) oder wur-

den mit Hilfe der Infrarotsensorik gewonnen (Perryman et al. 1999). Eine vergleichende Betrachtung mit diesen Arbeiten erfolgt noch ausführlich im nachfolgenden Abschnitt 5.2.2. Nur Malcolm & Duffus (2000) besenderten erfolgreich einen adulten Grauwal für acht Stunden mit einem Fahrtenschreiber an der Westküste von Vancouver Island, Kanada. Dies ist aber im Gegensatz zu dem hier betrachteten Gebiet ein typisches Nahrungsgebiet für Grauwale in den Sommermonaten, wo das Verhalten primär auf die Nahrungssuche und -aufnahme ausgerichtet ist (Darling 1984, Darling et al. 1998, Dunham & Duffus 2001, Dunham & Duffus 2002). Auch in der Studie von Malcolm & Duffus (2000) lag die Wassertiefe mit durchschnittlich 20 m weit unterhalb der möglichen Maximaltauchtiefe von Grauwalen. Malcolm & Duffus (2000) zeigten aufgrund des kleinen Datensatzes von nur einem Tier nicht das Tauchprofil, sondern nur exemplarisch die verschiedenen beobachteten und dann subjektiv eingeteilten Tauchtypen auf. Dabei beschrieben sie fünf verschiedene Tauchgangsprofile, basierend auf der Einteilung nach Tauchform, Tauchdauer und Tauchtiefe. Sie unterteilten in kurze Atemtauchgänge, flache und mittellange U-Tauchgänge, tiefe und mittellange V-Tauchgänge, tiefe und mittellange U-Tauchgänge und in lange und tiefe U-förmige Fresstauchgänge. Solch eine Aufgliederung wurde für die Auswertung von Tauchgängen in der Lagune für nicht sinnvoll erachtet, da hier die mittlere Wassertiefe noch geringer war als in dem von Malcolm & Duffus (2000) betrachteten Gebiet. Gleichzeitig erschwert es die Unterscheidung von klaren unterschiedlichen Verhaltensmustern, wenn sich durch die Einteilung der unterschiedlichen Tauchgangstypen die Verhaltensweisen überlagern. Wie Hooker & Baird (2001) aufzeigen, gibt es verschiedene Methoden der Einordnung von Tauchgangstypen, bei der für tiefenlimitierte Gebiete die Methode der primären Einteilung basierend auf der Tauchdauer unter Hinzunahme des Tauchprofils als die sinnvollste beschrieben wird. Es ist ein großer Vorteil gegenüber visuell erhobenen Studien, wenn durch den Einsatz von Datenloggern neben der Information der Tauchparameter wie beispielsweise Tauchdauer und Atemfrequenz auch das Tauchprofil vorhanden ist, um Tauchgänge zu klassifizieren (Schreer 1998, Schreer et al. 1998, Hooker & Baird 2001). Für die Analyse von Tauchdaten der Grauwale in den Lagunen und für die Klassifizierung der Tauchprofile scheint daher die hier angewandte Methode am besten geeignet zu sein. Es ist anzunehmen, dass das Tauchverhalten und damit auch die zu beobachtenden Tauchprofile in den Nahrungsgebieten komplexer sind als in den Aufzuchtgebieten, wo die Tauchprofile der Grauwalkühe wie in dieser Studie beobachtet oft dem Bodenprofil angepasst sind und einem relativ regelmäßigen Muster folgen, auch wenn individuelle Unterschiede sichtbar waren. Diese würden aber möglicherweise bei längeren Besenderungszeiten weniger auffallen. In den Aufzuchtgebieten scheint dieses relativ regelmäßige Tauchmuster auch ein Produkt der langen Phasen mit relativ geringer Aktivität der Tiere zu sein, wie auch Harvey & Mate (1984) aus ihren Untersuchungen in Lagune San Ignacio vermuteten. In den Nahrungsgebieten zeigen die Wale dagegen überwiegend ein aktives Fressverhalten (Darling 1984, Würsig et al. 1986, Darling et al. 1998, Dunham & Duffus 2001, Dunham & Duffus 2002), was sich sicher auch in einem

variablen Tauchprofil widerspiegelt. Dabei richten sich die Auftauchphasen der Tiere nach dem jeweiligen Sauerstoffbedarf, wie an migrierenden Grauwalen gezeigt wurde (Sumich 1983, Sumich 1986b).

Malcolm & Duffus (2000) zeigen aus ihren Fahrtenschreiberdaten des vor Vancouver Island besenderten Grauwals exemplarisch einen langen U-Tauchgang von 160 s, der für dieses Gebiet als typischer Fresstauchgang beschrieben wird. Die Annahme, dass die häufig beobachteten langen U-Tauchgänge in Lagune San Ignacio möglicherweise auch auf alternative Nahrungssuche zurückzuführen sind, ist unwahrscheinlich. Nur bei einem Muttertier wurde beobachtet, dass es 25 % der Besenderungszeit in Seitenlage tauchte (siehe Abschnitt 4.1.9). Dies ist ein Merkmal des Fressverhaltens für Grauwale, die sich während der Nahrungsaufnahme von überwiegend benthischen Amphipoden auf die Seite rollen und das Sediment dann einsaugen (Nerini 1984, Darling et al. 1998, Berta & Sumich 1999, Jones & Swartz 2002). Dabei entstehen durch das Aufwühlen und Wiederausstoßen des durch die Barten gefilterten Sediments ausgedehnte „Schlammfahnen“, welche die Wale bis an die Oberfläche wie eine Spur hinter sich herziehen (Nerini 1984, Grebmeier & Harrison 1992, Darling et al. 1998, Berta & Sumich 1999, Jones & Swartz 2002). Dies ist in den Hauptnahrungsgebieten wie dem Chirikov-Becken der Beringsee mit vergleichsweise geringen Wassertiefen (< 50 m) gut sichtbar (Braham 1984). Dieses charakteristische Merkmal wurde während der zeitlich begrenzten Besenderungszeit mit den Fahrtenschreibern nicht beobachtet, in der gleichzeitig auch eine visuelle Beobachtung der Tiere stattfand. Während der gesamten fünfjährigen Forschungsarbeit gab es innerhalb der Lagune keine eigene Beobachtung von Fressaktivitäten von Muttertieren mit Kälbern. Die Tiere, die z.B. in dem La Niña Jahr 1999 bei eindeutigem Fressverhalten gesichtet wurden (Urbán R. et al. 2003b), waren Einzeltiere und aufgrund der geschätzten Größe jüngere Adulte, die im Vergleich zu älteren Adulten geringere Fettreserven haben und deshalb schon auf der Migration nach Norden beginnen Nahrung aufzunehmen (vgl. Sumich 1986b, Berta & Sumich 1999).

Welche Erklärungen kann es also dafür geben, dass die Tiere einerseits in ihrem Tauchverhalten diese zum Teil in Serie beobachteten langen U-Tauchgänge in Bodennähe zeigen (siehe auch Abschnitt 5.2.3), andererseits für ausgedehnte Zeiträume direkt nahe der Oberfläche schwimmen oder treiben? Im Folgenden werden einige mögliche Hypothesen dieser Verhaltensweise diskutiert.

#### *Die Wale schwimmen nah am Boden, weil es energetisch effizienter ist*

Der Kraftaufwand für die Fortbewegung nimmt aufgrund des Oberflächenwiderstandes des Wassers besonders zu, wenn die Schwimmtiefe weniger als der dreifache Körperdurchmesser beträgt (Hertel 1966). Sumich (1983) schlussfolgerte daher für migrieren-

de Grauwale, dass aufgrund eines ungefähren Körperdurchmessers von 2 m die Tiere in Wassertiefen  $> 6$  m schwimmen, um so durch das Vermeiden einer entstehenden Oberflächenwelle Energie zu sparen. Nach Sumich (1983) liegen demnach die maximalen Tauchdauern von langsam schwimmenden Walen bei etwa 6 min. Demzufolge wäre das Schwimmen in Wassertiefen  $> 6$  m in der Lagune energetisch günstiger für die Wale. Da sie aber in diesem Gebiet keine große Distanz in einer bestimmten Zeit zurücklegen müssen und häufig ein ruhendes Verhalten ohne gerichtete Schwimmbewegung zeigen, ist diese Hypothese für Aufzuchtgebiete nicht plausibel.

*Die Wale lassen sich aufgrund ihres negativen Auftriebs auf den Lagunengrund sinken, um den Energieverbrauch durch Schwimmbewegungen zu minimieren*

Wie verschiedene Studien zeigten, erfordert das Säugen der Jungen erhebliche zusätzliche Ressourcen von den Muttertieren (Rice & Wolman 1971, Lockyer 1984, Sumich 1986b). Es wäre denkbar, dass die Grauwalkühe durch starke Zehrung der Fettvorräte einen geringfügig negativen Auftrieb haben, da sie in der Zeit der Kälberaufzucht von geschätzten 4,4 Tonnen an Fettreserven etwa 3,3 Tonnen in den Lagunen verbrauchen (Berta & Sumich 1999). Möglicherweise lassen sich die Grauwalkühe während der relativ inaktiven Phasen auf den Lagunengrund sinken, um nicht aktiv gegen den Abtrieb anschwimmen zu müssen, und können so den Verbrauch der zur Verfügung stehenden Energiereserven minimieren. Dadurch können sie proportional auch mehr Energie für die Kälberaufzucht bereitstellen.

Unterschiede der Wassertemperatur in der Lagune spielen dabei keine Rolle, weil die gesamte Wassersäule stark durchmischt wird und dadurch einheitliche Temperaturen vorherrschen (Bostic 1975). Das gesamte Lagunenwasser wird durch den starken Tidenstrom innerhalb von fünf Tagen komplett ausgetauscht (Mate 1995). Diese Homogenität bestätigten auch die aufgezeichneten Temperaturwerte der Fahrtenschreiber, die Unterschiede zwischen Oberfläche und Boden der aufgezeichneten Profile betragen  $\leq 1$  °C und waren nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test). In beiden Jahren lag die Temperatur der Wassersäule zwischen 15 °C und 16 °C. Somit hatte die Temperatur in unterschiedlichen Wassertiefen denselben Einfluss auf die Thermoregulation der Grauwale.

*Die Wale lassen sich auf den Lagunengrund sinken, um zu ruhen*

Lyamin et al. (2000) untersuchten an einem im Aquarium gehaltenen, 14 Monate alten Grauwal das Ruhe- und Schlafverhalten und beobachteten diese Phasen entweder am Boden des Beckens oder aber an der Oberfläche. Während der inaktiven Phasen bewegte sich das Tier nur zum Atemholen (Lyamin et al. 2000). Dieses Verhalten scheint ein wichtiger Bestandteil in der Lagune zu sein, am Boden ebenso wie an der Oberfläche

(siehe unten). Inwieweit die Tiere dabei in einen von Lyamin et al. (2000) beschriebenen Schlafzustand übergehen, ist unklar. Möglicherweise hängt der Aufenthaltsort für die Ruhephasen auch davon ab, wie aktiv das Kalb ist. Es wurde häufig beobachtet, dass Muttertiere an der Oberfläche ruhten, wenn die Kälber offensichtlich sehr aktiv Interaktionen suchten, hingegen bei lange abgetauchten Grauwalkühen schienen auch die Kälber weniger aktiv zu sein.

#### *Die Wale bleiben an der Wasseroberfläche, um zu ruhen*

Das Ruheverhalten von Grauwalkühen an der Wasseroberfläche ohne erkennbare Schwimmbewegung, welches in der vorliegenden Studie bei zwei besenderten Muttertieren mit den Fahrtenschreibern aufgezeichnet und gleichzeitig visuell beobachtet wurde, berichteten auch Harvey & Mate (1984) und Jones & Swartz (1984). Harvey & Mate (1984) geben Ruhephasen der Grauwale von bis zu 4 h an, gekennzeichnet durch extrem lange Oberflächenphasen, ebenfalls lange Tauchphasen und eine sehr geringe Auftauchrate. Dabei beschreiben sie dieses Verhaltensmuster insbesondere für Muttertiere mit Kälbern, wobei die Tiere für viele Stunden kein gezieltes Schwimmverhalten zeigten und so an einem Ort verweilten. Lyamin et al. (2000) konnten wie oben erläutert an dem im Aquarium aufgezogenen Grauwal Ruhephasen sowohl am Boden als auch an der Oberfläche registrieren, der Anteil der Oberflächenphasen im Verhaltensmuster war dabei mehr als doppelt so hoch (Oberfläche: 28 %; Boden 13 %) (Lyamin et al. 2000). Lyamin et al. (2000) beobachteten dabei charakteristische Lidbewegungen des Auges und leichte Bewegungen des Kopfes bei diesen als Schlaf definierten Phasen. Möglicherweise besteht der Vorteil des Ruhens an der Oberfläche darin, dass die Tiere nahe der Oberfläche den Körper nicht zum Auf- und Abtauchen über mehrere Meter bewegen müssen und so in diesem Schlafzustand verweilen können. Gleichzeitig müssen sie keine zusätzliche Energie für die Schwimmbewegungen aufwenden.

Durch die erstmals direkt mit Fahrtenschreibern aufgezeichneten Tauchprofile konnte festgestellt werden, dass Serien von ausgedehnt langen U-Tauchgängen und lange Oberflächenphasen ein typisches Tauchmuster für ruhende Grauwale in der Lagune sind. Dabei scheint dieses relativ regelmäßige Atemmuster mit wenigen kurzen Atemtauchgängen zwischen den langen Tauchphasen auch eine Folge der Inaktivität der Tiere zu sein, da sie dementsprechend weniger Sauerstoff verbrauchen als z.B. aktiv schwimmende Wale (vgl. Sumich 1983). Im Folgenden werden nun die einzelnen Tauchparameter diskutiert.

### 5.2.2 Tauchdauer

Die mittlere Tauchdauer der Tauchgänge  $> 60$  s der Saison 1999 und 2001 war miteinander vergleichbar, hingegen war bei den Tauchgängen  $< 60$  s ein Unterschied von 10 s zu sehen. Obwohl dies möglicherweise auf die minimal längere Taktfrequenz der Datenaufzeichnung der Fahrtenschreiber im Jahr 1999 zurückzuführen sein könnte, ist der Unterschied der Taktfrequenz der Datenaufnahme von 1 s im Verhältnis zur Größenordnung der durchschnittlichen Tauchdauer der Wale vernachlässigbar gering, wie aus Studien zur Analyse von Tauchdaten hervorgeht (Boyd 1993, Wilson et al. 1995). Der Unterschied der Häufigkeitsverteilung zwischen 1999 und 2001 bei der Betrachtung aller Tauchgänge ist sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in der Saison 2001 fast doppelt so viele Tauchgänge aufgezeichnet werden konnten wie 1999. Daher wurde die typische bimodale Häufigkeitsverteilung von kurzen Atemtauchgängen und längeren Tauchphasen in der Wintersaison 2001 besser sichtbar, so dass dieses Jahr auch im Hinblick auf den nachfolgenden Vergleich mit früheren Studien den repräsentativeren Datensatz enthält.

In früheren Studien über das Tauchverhalten wurden die Tauchdauern von Mutter- und Einzeltieren nur selten separat aufgezeichnet (Tab. 18). Dies erschwert eine vergleichende Betrachtung der Tauchdauer. Dahlheim & Ljungblad (1990) bestimmten visuell in Lagune San Ignacio eine längere mittlere Tauchdauer von einzelnen Grauwalen (Tab. 18). Harvey & Mate (1984) unterteilten in ihrer Untersuchung zwar nicht in Einzeltiere und Muttertiere, aber von den 10 mit Radiotransmittern besenderten Tieren waren sieben Grauwalkühe mit Kälbern. Daher sind diese Daten durchaus mit den hier ermittelten vergleichbar. Hinzu kommt, dass zwar die Muttertiere ihre Kälber während des Tauchgangs begleiten, aber sie tauchen nicht so häufig auf wie das Kalb. Sie bleiben teilweise für lange Perioden unter Wasser, während das Kalb an dieser Stelle regelmäßig auftaucht. Dies wurde häufig während der Studie beobachtet und auch schon in der Vergangenheit beschrieben (Jones & Swartz 1984). Kälber im Alter von 2-3 Monaten haben Tauchzeiten von 50 s (Sumich 2001). Das entspricht also der Hälfte der mittleren Tauchdauer eines Muttertiers und bestätigt die Beobachtungen.

Tab. 18. Vergleich der mit Fahrtenschreibern ermittelten Tauchdauer mit Daten aus früheren Studien. Visuelle Daten; Peilsignale der Radiotelemetrie; Infrarotsensorik. Die Daten stammen aus verschiedenen Verbreitungsgebieten: Migrationsroute, Nahrungsgebiet, Aufzuchtgebiet ( $x$  = Mittelwert).

Methode	Studie	Gebiet	Untersuchte Wale	Tauchdauer				
				Kurz		Lang		gesamt
				$\leq 60$ s %	$x$ (s)	$> 60$ s %	$x$ (s)	$x$ (s)
Visuell	Sumich (1983)	Migrationsroute, Kalifornien	Adulte langsam	67	22	33	213	-
			Adulte schnell	69	27	31	183	-
Visuell	Swartz et al. (1987)	Migrationsroute, Kalifornien	Adulte	-	-	-	-	102
Infrarot	Perryman et al. (1999)	Migrationsroute, Kalifornien	Adulte	-	-	-	-	27
Visuell	Würsig et al. (1986)	Nahrungsgebiet Alaska	Adulte	-	-	-	-	180
Peilsignale	Harvey und Mate (1984)	Aufzuchtgebiet, L.San Ignacio	Adulte	51	-	49	163	94
Visuell	Dahlheim und Ljungblad (1990)	Aufzuchtgebiet, L.San Ignacio	Muttertiere	-	-	-	-	71
			Einzeltiere	-	-	-	-	108
			Adulte	-	-	-	-	93
Fahrtenschreiber	<b>Eigene Studie</b> <b>1999</b> <b>2001</b>	<b>L.San Ignacio</b>	<b>Muttertiere</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>58</b>	<b>169</b>	<b>107</b>
			<b>Muttertiere</b>	<b>46</b>	<b>26</b>	<b>54</b>	<b>155</b>	<b>95</b>

Im Vergleich zu der früheren Studie von Harvey & Mate (1984) in Lagune San Ignacio ist interessant festzustellen, dass sowohl die Dauer von Tauchgängen  $> 60$  s als auch die aller Tauchgänge annähernd gleich ist (Tab. 18). Auch die prozentuale Verteilung kurzer und langer Tauchgänge ist ähnlich. Die durchschnittliche Dauer der Tauchgänge hat sich also im Verlauf von 20 Jahren nicht verändert. Harvey & Mate (1984) registrierten eine maximale Tauchdauer von 26 min in der Lagune, in der vorliegenden Studie betrug der längste Tauchgang 10 min. Unter Betrachtung aller 1999 und 2001 aufgezeichneten Tauchgänge erscheint diese Maximaltauchdauer von Harvey & Mate (1984) zu groß, möglicherweise wurde eine Auftauchphase übersehen, weil der Radiosender noch mit Wasser bedeckt war und somit das Auftauchen nicht bemerkt wurde.

Bei migrierenden Grauwalen beobachteten Swartz et al. (1987) die gleiche mittlere Tauchdauer der Grauwale, ohne dabei kurze und lange Tauchgänge zu unterscheiden. Sumich (1983) hingegen registrierte bei Grauwalen während ihrer Wanderung nach Süden an der kalifornischen Küste längere mittlere Tauchzeiten, sowohl für langsam als auch schnell schwimmende Wale (Tab. 18). Auch der prozentuale Anteil der kurzen Atemtauchgänge ist größer. Sumich (1983) beobachtete, dass das typische Tauchmuster aus 2-4 Atemzügen und dazwischen liegenden, kurzen Tauchgängen in Oberflächennä-

he und einem darauf folgenden längeren Tauchgang bestand. Er nimmt an, dass dieses Tauchmuster während der Migration eine Anpassung ist, um bei geringem Energieverbrauch möglichst weite Strecken zurückzulegen. Dabei wird die Tauchgangslänge an die bestmögliche Sauerstoffnutzung angepasst, wobei das beobachtete Muster einer bevorzugten Tauchdauer von 20-30 s zwischen zwei Atemzügen und einem darauf folgenden längeren Tauchgang für die Wanderung die effizienteste zu sein scheint (Sumich 1983). Wie schon in Abschnitt 5.2.1 angeführt, unterscheidet sich das Tauchmuster und die Tauchgangslänge von der in der Lagune, da dort die Tiere im Gegensatz zu den bis zu  $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  schnell schwimmenden Grauwalen während der Migration (vgl. Sumich 1983) einen geringeren Sauerstoffverbrauch durch die relativ langsame Fortbewegung und die ausgedehnten Ruhephasen haben.

Würsig et al. (1986) ermittelten Tauchzeiten von Grauwalen in den Sommernahrungsgründen der Beringsee die im Mittel deutlich länger sind (Tab. 18), wobei keine Unterscheidung der Tauchgänge anhand der Dauer ( $< > 60 \text{ s}$ ) vorgenommen wurde. Würsig et al. (1986) führten an, dass die Grauwale bei der Nahrungssuche im allgemeinen eine unregelmäßigere Tauchaktivität zeigen, abhängig von der zur Verfügung stehenden Nahrung. Das bestätigt die Annahme, dass in den Nahrungsgebieten mehr verschiedene Tauchgangstypen zu sehen sind (siehe Malcolm & Duffus 2000), wie schon in Abschnitt 5.2.1 ausgeführt. Grauwale auf der Migrationsroute und in den Wintergründen tauchen fast ausschließlich nur zum Luft holen auf, währenddessen die Tiere in den Nahrungsgebieten auch oft bei der Fressaktivität an die Oberfläche kommen bzw. sich längere Perioden nahe der Oberfläche aufhalten (vgl. Würsig et al. 1986).

### 5.2.3 Tauchtiefe und Bodenzeit

Die beobachteten Tauchtiefen bei Tauchdauern  $> 60 \text{ s}$  in der Lagune waren 1999 und 2001 vergleichbar, der höhere Anteil tieferer Tauchgänge in der Saison 2001 ist vermutlich auf die individuellen Unterschiede der besenderten Tiere zurückzuführen, von denen einige während der Besenderungszeit in den tiefen Kanälen der Lagune tauchten, andere hingegen hielten sich den Hauptanteil der Beobachtungszeit im flacheren Teil auf. Da flache und tiefe Gebiete im Areal aufgrund der sie durchziehenden Kanäle sprunghaft ineinander übergehen (siehe Anhang III), sind auch die beobachteten Veränderungen im Tauchtiefenprofil einzelner Tiere erklärbar.

Der tiefste registrierte Tauchgang eines Muttertieres entsprach etwa der Maximaltiefe, die im tiefsten Kanal der Lagune gemessen wurde (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996). Das zeigt, wie schon im Abschnitt 5.2.1 diskutiert, dass die Tiere durchaus das gesamte Tiefenprofil des Überwinterungsgebietes nutzen. Der hohe Anteil von Tauch-

gängen zwischen 2 und 4 m Wassertiefe ist damit erklärbar, dass sich die Tiere mit Kälbern auch in den sehr flachen Lagunenarealen bis an die 2 m-Tiefenlinie aufhalten, was auch bei den telemetrischen Untersuchungen und Zählungen in der vorliegenden Studie und in früheren Arbeiten in Lagune San Ignacio (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997, Urbán R. et al. 1998) und anderen Aufzuchtgebieten an der Pazifikküste der Baja California (Gilmore 1960, Gard 1974, Rice et al. 1981, Norris et al. 1983, Bryant et al. 1984) beobachtet wurde. Nach Sumich (1986a, 1986b) ist in den flachen Gebieten mit geringerer Gezeitenströmung der Energieverbrauch für die Kälber am geringsten.

Ludwig (1996) vermutete, dass Muttertiere mit kleineren Kälbern bevorzugt in den flacheren Gebieten verweilen, um neben dem oben angeführten Grund auch den Fortpflanzungsgruppen der Einzeltiere auszuweichen. Diese Fortpflanzungsgruppen von mehreren adulten Walen können aufgrund der dort stattfindenden Flipper- und Flukenschläge eine Gefahr für junge Kälber darstellen, das wurde während der eigenen Arbeit beobachtet und auch in früheren Studien beschrieben (Samaras 1974, Jones & Swartz 1984). Wenn die Kälber größer sind, verlagert sich die Verbreitung der Muttertiere mit Kälbern in die unteren und tieferen Lagunenabschnitte (Ludwig 1996). Die Mutter-Kalb Paare nutzen dann häufiger den südlichen und tieferen Teil der Lagune. Die in dieser Studie erhobenen telemetrischen Daten bestätigen diese Verbreitung im unteren Lagunenbereich, zeigten aber auch eine hohe Mobilität der Tiere zwischen der unteren Zone und dem Mündungsbereich einschließlich der angrenzenden Bahía Ballenas (siehe Abschnitt 4.2.1). Die besenderten Mutter-Kalb Paare hielten sich insbesondere in dem tieferen Kanalsystem vor Punta Piedra auf (vgl. Abschnitt 4.2.1).

Die Bodenzeiten der Grauwalkühe korrelierten in beiden Jahren deutlich mit der Tauchdauer. Durch die limitierte Wassertiefe in der Lagune befinden sich die Tiere schnell nach dem Abtauchen in Bodennähe. Die enge Korrelation von Tauchdauer und Bodenzeit weist darauf hin, dass die Wale bevorzugt in einer relativ konstanten Tauchtiefe in Bodennähe verweilen. In oben stehendem Abschnitt 5.2.1 wurden einige Hypothesen diskutiert, weshalb die Tiere möglicherweise dieses Tauchmuster zeigen.

Es ist noch unbekannt, wie das Verhältnis von Tauchdauer zur Bodenzeit der Tauchgänge bei Grauwalen ist, wenn sich die Tiere in Wassertiefen befinden, die ihre maximal angegebene Tauchtiefe von 170 m (Schreer & Kovacs 1997) übersteigen. Damit wäre man in der Lage, eine Aussage über die physiologischen Grenzwerte der Art zu treffen (vgl. Hooker & Baird 2001).

## 5.2.4 Respiration, Oberflächenzeit und Vergleich mit den Tauchparametern

### *Probleme der Vergleichbarkeit mit visuell erhobenen Daten*

Der Vergleich von Oberflächenintervallen und Atemzügen mit visuell erhobenen Studien ist problematisch. Die mittlere Atemfrequenz (Atemzüge/min), kalkuliert aus der Anzahl der Atemzüge pro Auftauchen, die Dauer der Oberflächenphase und die Dauer der Tauchgänge wurde schon für verschiedene große Walarten veröffentlicht. Aber der Vergleich der mittleren Atemfrequenz zwischen Arten oder zwischen Studien derselben Art wurde erschwert durch die Anwendung zweier verschiedener Methoden (Dorsey et al. 1989). In Methode 1 wird die gesamte Anzahl der Atemzüge während einer Serie von Tauchgängen durch die gesamte Zeit dieser Serie geteilt (Sumich 1983, Würsig et al. 1986, Lagerquist et al. 2000). In Methode 2 hingegen wird die Atemfrequenz für jeden Oberflächenphase- Tauchgang Zyklus berechnet und dann wird der Mittelwert für alle beobachteten Oberflächenphase-Tauchgang Zyklen bestimmt (Würsig et al. 1984, Dolphin 1988, Dolphin 1987). Methode 1, die auch hier verwendet wurde, gibt einen genaueren Wert für die absolute Atemfrequenz (Dorsey et al. 1989). Unter der Annahme, dass jedes Auftauchen gleichzeitig nur ein Atemzug ist, würde bei besenderten Tieren der ermittelte Wert in den unteren Wertebereich der visuellen Methodik fallen (Krutzikowsky & Mate 2000). Alle Ansätze der Umwandlung von Oberflächenphase in Atemphase sind jedoch möglicherweise fehlerbehaftet, abhängig von der Frequenz der Datennahme (Krutzikowsky & Mate 2000). Bei zu großem Zeitintervall würden Atemzüge verpasst und somit der Wert unterbestimmt werden. Im Gegensatz dazu würde ein zu kleines Zeitintervall dazu führen, dass die Atemrate überbestimmt wird. Die hier ermittelten Werte scheinen aber mit der gewählten Datennahme im 4 s Takt ein realistisches Ergebnis zu präsentieren, da visuell beobachtete Zeiten zwischen Atemzügen bei Grauwalen meist bei  $> 4$  s liegen (vgl. Harvey & Mate 1984).

### *Atemzüge und Atemfrequenz*

In der Lagune wurden überwiegend nur 1-2 Atemzüge pro Oberflächenphase bei den Grauwalkühen registriert. Harvey & Mate (1984) berichten von Tauchserien, bei denen entweder in regelmäßigen Abständen ein Atemzug stattfindet oder ein so genanntes „geklumptes“ Tauchmuster, bei dem nach einem Tauchgang 1-4 Atemzüge erfolgen. Es wird nicht quantifiziert, ob sich Einzeltiere und Muttertiere darin unterscheiden. Bei migrierenden Grauwalen wurden 2-4 Atemzüge beobachtet, bevor der nächste längere Tauchgang begann (Sumich 1983).

Anschaulicher für eine vergleichende Betrachtung ist die Atemfrequenz. Sumich (1983) bestimmte eine Atemfrequenz von  $0,5$  Atemzügen  $\text{min}^{-1}$  bei relativ stationär verweilenden Grauwalen in San Ignacio. Harvey und Mate (1984) ermittelten mit der Radiotelemetrie eine mittlere Atemfrequenz von  $0,58$  Atemzügen  $\text{min}^{-1}$  für relativ inaktive Tiere

in Lagune San Ignacio, die nahezu identisch ist mit der in dieser Studie ermittelten 0,61 Atemzüge  $\text{min}^{-1}$ . Bei aktiv schwimmenden Walen (etwa 4 km/h) registrierten Harvey & Mate (1984) 1,0 Atemzug  $\text{min}^{-1}$ . Das ist höher als alle Atemfrequenzen der hier besenderten Grauwalkühe. Sumich (1983) ermittelte in Kalifornien für die nach Süden wandernden Grauwale eine durchschnittliche Atemfrequenz von 0,72 Atemzügen  $\text{min}^{-1}$ . Die höchsten Werte wurden von Würsig et al. (1986) in den Nahrungsgründen der Beringsee beobachtet, abhängig von der Wassertiefe betrug die Atemfrequenz zwischen 0,8 (bei 1-20 m) und 1,2 Atemzüge  $\text{min}^{-1}$  (bei 61-80 m Wassertiefe).

Nach Sumich (1983) stellt eine Atemfrequenz von 0,5 Atemzügen  $\text{min}^{-1}$  den minimalen mittleren Wert dar, wenn man von inaktiven Tieren ausgeht. Die von Würsig et al. (1986) ermittelten Werte in einem Nahrungsgebiet sind bei vergleichender Betrachtung die höchsten Atemfrequenzen. Er nimmt an, dass die beobachteten höheren Atemfrequenzen in den größeren Wassertiefen damit zusammenhängen, dass die Tiere durch tieferes Tauchen einem größeren physiologischen Stress ausgesetzt sind. Eine höhere Tauchaktivität bzw. erhöhte Schwimmgeschwindigkeit führt auch zu einem erhöhten Energie- bzw. Sauerstoffbedarf (Tucker 1975, Sumich 1983).

Die Anpassung der Grauwalkühe an eine effiziente Energienutzung in diesem Aufzuchtgebiet ist neben den beobachteten Tauchparametern auch aus dem Respirationsmuster ersichtlich. Ein sehr energieeffizientes Tauchverhalten wird für viele marine Säugetiere angenommen (Williams et al. 2000). Gleichzeitig zeigen die Daten, dass mit Fahrtenschreibern sehr gute Ergebnisse auch für Atemfrequenzen und Auftauchmuster erzielt werden können.

#### *Oberflächenzeit in der Gesamttauchzeit*

Harvey & Mate (1984) beobachteten in Lagune San Ignacio, dass die besenderten Tiere 4,5 % der Zeit an der Oberfläche waren. Das steht im Widerspruch zu den hier ermittelten durchschnittlich 12 %. Möglicherweise ist diese Differenz bedingt durch die von Harvey & Mate (1984) angewandte Technik der Radiotelemetrie, bei der die Information nur über die Peilsignale gewonnen wird und damit Information verloren geht, wenn der Sender noch von Wasser bedeckt ist. Würsig et al. (1986) beobachtete 22 % Oberflächenzeit bei Grauwalen in den Nahrungsgründen. Bei anderen Bartenwalarten wurden Oberflächenzeiten von 25 % bei Buckelwalen (*Megaptera novaeangliae*) (Dolphin 1987), 21 % (Dorsey et al. 1989) und 11 % (Krutzikowsky & Mate 2000) bei Grönlandwalen (*Balaena mysticetus*), 13 % bei Finnwalen (*Balaenoptera physalus*) (Kopelman & Sadove 1995) und 25 % bei Blauwalen (*Balaenoptera musculus*) (Lagerquist et al. 2000) ermittelt. Dabei handelte es sich um Beobachtungen in Nahrungsgebieten.

Der Anteil der Oberflächenzeit von 22 % ist in den Nahrungsgebieten wegen der Fressaktivität der Grauwale relativ hoch (vgl. Würsig et al. 1986) und ist vergleichbar mit dem von fressenden Buckelwalen, Grönlandwalen und Blauwalen, wie die oben stehenden Werte aufzeigen. In der Lagune war die Oberflächenzeit durch die ausgedehnten inaktiven Phasen der Grauwale auch relativ hoch, aber mit 12 % nur etwa halb so groß wie die in den Nahrungsgebieten ermittelte. Nach (Kramer 1988) optimieren Wale die Zeit an der Oberfläche zur Sauerstoffaufnahme abhängig vom Verhalten. Die Grauwale verbrauchen offensichtlich während des sehr aktiven Verhaltens bei der Nahrungsaufnahme (Würsig et al. 1986) wesentlich mehr Energie und damit Sauerstoff, und benötigen somit mehr Zeit an der Oberfläche für das Auffüllen des Sauerstoffspeichers (Schmidt-Nielsen 1990, Schmidt-Nielsen 1972). Bei Blau- und Finnwalen wird vermutet, dass deren Fressaktivität aufgrund der im Verhältnis zum Körpergewicht relativ kurzen Tauchdauern sehr energieaufwendig ist (Croll et al. 2001). Die Daten von Lagerquist et al. (2000) mit Oberflächenzeiten von 25 % bei fressenden Blauwalen weisen darauf hin, dass die Tiere wegen des hohen Energieverbrauchs lange Oberflächenphasen zum Wiederauffüllen des Sauerstoffvorrates benötigen. Die Grauwale entsprechen diesem Schema, wie der Vergleich von Nahrungs- und Aufzuchtgebiet zeigt.

Harvey und Mate (1984) ermittelten eine Oberflächenzeit von 4,5 %, das liegt deutlich unter dem Wert dieser Studie. Möglicherweise gibt es in Aufzuchtgebieten eine relativ große Spanne der Zeit an der Oberfläche, abhängig davon ob die Wale ruhen oder langsam wandern. In beiden Fällen ist anzunehmen, dass der Sauerstoffspeicher aufgrund der relativ geringen Aktivität nie bis auf das Minimum reduziert wird, im Gegensatz zu den Nahrungsgebieten.

#### *Vergleich von Tauchdauer und Respirationsparametern*

Zwischen Tauchdauer und der Anzahl der Atemzüge sowie der Oberflächenzeit wurde eine enge Korrelation beobachtet. Die Grauwalkühe zeigten in ihrer Verhaltensweise die Tendenz, bevorzugt Serien von etwa gleichlangen Tauchgängen hintereinander durchzuführen anstatt häufig zwischen kurzen und langen Tauchgängen zu wechseln. Dieses Verhalten wurde auch bei Grönlandwalen beobachtet (Würsig et al. 1984, Dorsey et al. 1989, Krutzikowsky & Mate 2000).

Die Grauwalkühe scheinen in der Lagune ein relativ konstantes Atem- und Tauchverhalten zu bevorzugen. Es ist anzunehmen, dass die Ursache für dieses Verhalten das relativ langsame Schwimmen der Muttertiere mit den Kälbern in der Lagune ist. In den Aufzuchtgebieten gibt es für die Tiere nicht die Notwendigkeit, größere Distanzen so

energiesparend wie möglich zurückzulegen wie das bei migrierenden Grauwalen der Fall ist (Sumich 1983). Bei der Nahrungsaufnahme in den Sommergründen zeigen die Wale ein sehr aktives Verhalten mit häufigen Wechseln von kurzen und längeren Tauchgängen (Würsig et al. 1986). Dabei ist die Atemrate auch höher als bei der Migration, nach Würsig et al. (1986) wegen der Tauchgänge bis zum Meeresboden, um ein größeres Gebiet unter Wasser abdecken zu können und wegen des Fressvorgangs selbst. Die Ergebnisse des Tauchverhaltens in der Lagune haben gezeigt, dass offensichtlich ein relativ inaktiver, ruhender Zustand oder ein ungerichtetes, langsames Schwimmen der Muttertiere einen großen Anteil der Aufenthaltszeit ausmacht. Damit unterscheidet sich das Verhalten deutlich zum oben beschriebenen Tauchverhalten während der Migration und in den Nahrungsgründen (Sumich 1983, Würsig et al. 1986). Das regelmäßige Tauchmuster ist ein Produkt dieser langen inaktiven Phasen.

Die Oberflächenzeit und die Anzahl der Atemzüge korrelierten deutlicher mit der Dauer des vorhergehenden Tauchgangs als mit der nachfolgenden Tauchphase. Das lässt vermuten, dass das Atem- und Auftauchverhalten der Grauwale in der Lagune mehr von der Dauer des Tauchgangs bestimmt wird, der gerade beendet wurde, und weniger vom nachfolgenden Tauchgang. Die Korrelation der Tauchdauer des vorhergehenden Tauchgangs mit der nachfolgenden Anzahl der Atemzüge und Oberflächenzeit wurde auch bei Grönlandwalen festgestellt (Dorsey et al. 1989). Das ist wie oben schon erläutert damit zu erklären, dass der Sauerstoffspeicher abhängig vom Verbrauch wieder aufgefüllt wird (Schmidt-Nielsen 1990, Schmidt-Nielsen 1972). Längere Tauchgänge erfordern ein größeres Wiederauffüllen, da mehr verbraucht wurde.

Auf der Wanderroute tauchen die Grauwale zur Überbrückung größerer Distanzen an der unteren Grenze des aeroben Bereichs (ADL = Aerobic Dive Limit), um so Sauerstoffmangel und dadurch bedingte längere Oberflächenzeiten zum Wiederauffüllen des Sauerstoffspeichers zu vermeiden (Sumich 1983, Sumich 1986b, Sumich 1994). Für langsam wandernde Grauwale wurden Maxima von etwa 6 min und bei schnell wandernden von 5 min Dauer beobachtet (Sumich 1986b). Dazwischen erfolgten 2-4 Atemzüge, mit einer Oberflächenzeit von 20-30 s zwischen den Atemzügen (Sumich 1983). Dieses Intervall von 20-30 s Dauer ist nach Sumich (1986b) offensichtlich das Optimum für die effiziente Sauerstoffaufnahme aus der eingeatmeten Luft in die Blutgefäße der Alveolen (Sumich 1986b, 2001). Auch in der Lagune wurden Oberflächenzeiten von durchschnittlich 24 s zwischen zwei Atemzügen ermittelt. Das Intervall zwischen zwei Atemzügen ist relativ konstant, unabhängig von den Verhaltensweisen schnelles, gerichtetes Schwimmen oder langsames, ungerichtetes Schwimmen bzw. Ruhen.

### 5.2.5 Tauchlage

Bei der Nahrungsaufnahme von Grauwalen wurde beobachtet, dass sie sich dazu mit dem Kopf parallel zum Boden auf die Seite rollen (Oliver & Slattery 1985, Oliver et al. 1984, Jones & Swartz 2002).

Zum ersten Mal konnte hier die Tauchlage von Grauwalen in einem Reproduktionsgebiet aufgezeichnet werden. Auch aus den Nahrungsgebieten sind bis jetzt keine Daten zur Tauchlage mit Datenloggern aufgezeichnet worden. Daher gibt es keine vergleichenden Studien für die Betrachtung der hier gewonnenen Daten. Auffällig war, dass 84 % der Seitenlagen während der Bodenphase stattfanden, die aber überwiegend nur von sehr kurzer Dauer waren. Vermutlich dienten die meisten dieser Seitenlagen der Navigation des Wals, um in Bodennähe die Richtung zu ändern, wie in den Tauchprofilen teilweise zu sehen war (siehe Abb. 40 und Abb. 41 in Abschnitt 4.1.9). Nur zwei Tiere zeigten eine längere Seitenlage während der Bodenphase des Tauchgangs, bei einer der beiden Grauwalkühe dauerte dieser Zeitraum 7,5 min. Ein Verrutschen des Fahrtenschreibers als Ursache kann ausgeschlossen werden, da alle weiteren aufgezeichneten Tauchwinkel des Datensatzes im entsprechend korrekten Bereich lagen. Mögliche Erklärungen sind im Folgenden aufgeführt.

#### *Das Tier hat versucht den Fahrtenschreiber abzustreifen*

Möglicherweise hat der Wal versucht den Fahrtenschreiber am Boden abzustreifen, weil er es als störend empfand. Die Tiere reagierten auf die Befestigung des Gerätes mit Saugnapf nur geringfügig (siehe Abschnitt 4.1.1). Auch Studien anderer Wal- und Delphinarten zeigten, dass diese Befestigungsart meist Reaktionen von relativ kurzer Dauer hervorrufen (Hooker et al. 2001). Es wurde während der Untersuchung kein Anzeichen für dieses Verhalten beobachtet. Oft kamen mit Fahrtenschreibern ausgerüstete Muttertiere mit Kälbern wenige Minuten danach wieder in die Nähe des Bootes oder entfernten sich gar nicht. Die Fahrtenschreiber hatten offensichtlich überhaupt keine nachhaltige Beeinflussung des natürlichen Verhaltens zur Folge, abgesehen von dem direkten Moment des Anbringens (vgl. Abschnitt 4.1.1). Vor dem Hintergrund der eigenen Beobachtungen und der vorhandenen Kenntnisse ist diese Hypothese eher unwahrscheinlich.

#### *Das Tier hat versucht Parasiten abzustreifen*

Wahrscheinlicher ist, dass die Grauwalkuh versucht hat sich von Ectoparasiten wie Seepocken (*Cryptolepas rhachianecti*) und Walläusen (*Cyamis spec.*) zu befreien. Es wurde schon öfter beobachtet, dass Grauwale sich in den flachen Gewässern der Reproduktionsgebiete auf dem Boden scheuern und dann mit weniger Parasiten behaftet wie-

der auftauchen (Jones & Swartz 2002). In anderen Gebieten wie beispielsweise vor Vancouver Island gibt es regelrechte „Scheuerstrände“, wo sich die Wale regelmäßig am Boden reiben (Darling et al. 1998). Diese Erklärung für die beobachtete Seitenlage erscheint plausibel.

#### *Das Tier hat versucht Nahrung aufzunehmen*

Untersuchungen der Fauna des Lagunenbodens von Swartz und Jones (1981) ergaben, dass die Lagune aufgrund des geringen Vorkommens des Nahrungsspektrums von Grauwalen (zu 90 % Amphipoden) keine alternative Nahrungsquelle darstellt im Gegensatz zum Gebiet Bahía Ballenas vor der Lagune, wo Aggregationen von Garnelen (*Callinassa spec.*) zu finden sind. Im Jahr 1999 wurden auch wenige Male Grauwale ohne Kälber bei dem Versuch beobachtet, innerhalb der Lagune Nahrung aufzunehmen (Urbán R. et al. 2003a). Das war, wie bereits erläutert, erkennbar durch die typische Schlammfahne. Bei den eigenen Beobachtungen 1999 fiel auf, dass nur abgemagerte Einzeltiere gesichtet wurden. Nach Berta & Sumich (1999) beginnen insbesondere die jüngeren Tiere schon auf der Wanderung nach Norden in die Nahrungsgründe zu fressen, bedingt durch die lange Fastenzeit in den Reproduktionsgebieten. Diese Gruppe war möglicherweise 1999 in ihrer Fitness schon so geschwächt, dass sie im Lagunengebiet Nahrung suchen mussten. Weitere Ausführungen zum Lagunenareal bzw. dem Gebiet vor der Lagune als mögliche Nahrungsresource sind im Abschnitt 5.3.2 näher dargestellt. Im Jahr 2001, in dem diese Daten aufgezeichnet wurden, gab es keine eigenen Beobachtungen eines möglichen Fressverhaltens in der Lagune. In der Saison 2001 fielen auch keine abgemagerten Tiere während der Studie auf, im Gegensatz zu 1999 und 2000, wo diese häufiger gesichtet wurden (Le Boeuf et al. 2000, Urbán R. et al. 2003a, Urbán R. et al. 2003). Es ist also unwahrscheinlich, dass diese Seitenlagen bei den zwei Muttertieren auf den Versuch der Nahrungsaufnahme hinweisen, die dafür typische Schlammfahne und z.B. vom Lagunenboden abgerissene Seegrashalme wurden nicht beobachtet.

Möglicherweise gibt es einen Zusammenhang der länger andauernden Seitenlagen mit dem Säugen des Kalbes. Wenn sich das Mutter-Kalb Paar in einem sehr flachen Lagunenabschnitt befindet, kann das Kalb vermutlich durch eine seitliche Position der Mutter besser an die Milchdrüsen gelangen. Dies ist aber rein hypothetisch und müsste durch Videoaufnahmen unter Wasser untersucht werden.

#### *Rollrichtung während der Bodenphase*

Die beobachtete Richtung beim Rollen in die Rückenlage könnte ein Hinweis darauf sein, dass es bei den Walen eine Präferenz für eine bestimmte Körperseite gibt. Es gibt

die Vermutung, dass die Tiere bei der Nahrungsaufnahme eine bevorzugte Seite haben, auf die sie sich drehen, erkennbar an der fehlenden Anzahl der Seepocken und Walläuse auf dieser Kopfseite (Sumich, pers. Mitteilg.). Die hier untersuchte Stichprobe ist zu klein, um generell eine Aussage dazu zu treffen, aber bei vier von sechs Walen wurde das Rollen über dieselbe Seite während der Bodenphase des Tauchgangs signifikant häufiger beobachtet. Das seitliche Rollen wurde sowohl mit Präferenz nach links als auch nach rechts beobachtet. Bislang gibt es keine anderen Arbeiten über diesen Aspekt für eine vergleichende Betrachtung. Es wäre interessant in zukünftigen Studien weiter zu untersuchen, ob es bei den Grauwalen tatsächlich „Linkstaucher“ und „Rechtstaucher“ gibt.

### 5.2.6 Tauchparameter und Verhalten

In der Lagune unterschieden sich die Tauchdauer, maximale Tauchtiefe und Bodenzeit von ruhenden und wandernden Muttertieren nicht voneinander. Die Schwimmgeschwindigkeiten der Tiere in der Lagune sind relativ langsam, wie die grobe Bestimmung mit Hilfe der Radiotelemetrie zeigte (siehe Abschnitt 4.2.14.2.1). Da die Fahrtenschreiber keinen Geschwindigkeitssensor hatten, fehlte diese Information. Anhand der Bootsgeschwindigkeit bei den visuellen Beobachtungen zeigte sich jedoch, dass die mit Hilfe der Radiotelemetrie ermittelten zwei Geschwindigkeitsklassen von 1-2 km/h und 5-6 km/h realistisch für das Verhalten in der Lagune sind. Die mit Fahrtenschreibern ausgerüsteten Mutter-Kalb Paare wanderten überwiegend langsam, womit auch die ähnlichen Tauchdauern bei den Verhaltensweisen Ruhen und Wandern zu erklären sind. Im Gegensatz zum Aufenthalt im Aufzuchtgebiet wandern Grauwale während der Migration mit durchschnittlich 7,2 km/h und haben mittlere Tauchzeiten von etwa 200 s Dauer (Sumich 1983). Diese Geschwindigkeit und Tauchzeit ist dem minimalsten Energieaufwand angepasst, so dass die Tiere große Strecken möglichst effizient zurücklegen können (Sumich 1983). In der Lagune gibt es diese Notwendigkeit nicht, die Mutter-Kalb Paare müssen keine großen Distanzen zurücklegen und verweilen häufiger in derselben Region, in der sie dann relativ ungerichtet hin- und herschwimmen (siehe Abschnitt 4.2.1). Dabei nutzen sie das gesamte Tiefenprofil bei beiden Verhaltensweisen.

## 5.3 Wanderungen

### 5.3.1 Nutzung des Areal innerhalb der Lagune

Frühere Studien, die auf Zählungen der Grauwale in der Lagune basierten, zeigten eine Verlagerung der Verbreitung von Mutter-Kalb Paaren in die beiden unteren Zonen etwa ab der zweiten Februarhälfte, wenn die Mehrzahl der Einzeltiere beginnt das Gebiet zu verlassen und in die nördlich gelegenen Sommergründe zurückwandert (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Diese Verlagerung von Mutter-Kalb Paaren in den unteren Lagunenbereich hat sich im Laufe der Jahre seit der ersten Langzeitstudie 1978-1982 (Jones & Swartz 1984) bis zum letzten Langzeitmonitoring 1996-2000 nicht verändert (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997, Urbán R. et al. 2003). Lediglich der Zeitraum des saisonalen Maximums von adulten Tieren variierte um etwa zwei Wochen, und damit vermutlich auch der Wechsel des Hauptanteils von Mutter-Kalb Paaren in die untere Lagune (Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997, Urbán R. et al. 1998). Auch in anderen Lagunen der Baja California wurden solche Verlagerungen des Aufenthaltsortes von Muttertieren mit Kälbern von den flacheren, mündungsferneren Bereichen in das Mündungsgebiet bei Abnahme der Dichte der Einzeltiere beobachtet, so z.B. in Lagune Ojo de Liebre (Gilmore 1960, Gard 1974, Samaras 1974, Rice et al. 1981, Sanchez-Pacheco 1991, Urbán R. et al. 2002) und Bahía Magdalena (Rice et al. 1981, Norris et al. 1983, Pérez-Cortez et al. 2000).

Die beobachteten Wanderungen in der Lagune haben gezeigt, dass auch die Muttertiere mit Kälbern sehr aktiv im Gebiet hin- und herwandern. Dabei ist zu beachten, dass die ermittelten Distanzen die minimal zurückgelegte Strecke der Tiere darstellen, da sie mit großer Wahrscheinlichkeit nicht linear von einer Position zur nächsten geschwommen sind. Daher sind die Gesamtdistanzen vermutlich leicht unterbestimmt, genauso wie die mittleren horizontalen Schwimmgeschwindigkeiten. Daten der VHF-Radiotelemetrie sind dabei aber nach eigener Einschätzung in diesem räumlich begrenzten Gebiet als realistischer einzustufen als die der Satellitentelemetrie, die zum Teil hohe Fehlerradien aufweist und deren Datenpunkte zeitlich noch weiter auseinander liegen (Mate et al. 2003). Die VHF-Radiotelemetrie hat demzufolge mehr genaue Positionsbestimmungen und gibt ein besseres Abbild der Wanderungen.

Das Verbreitungsmuster der Grauwalkühe mit Kälbern zeigte, dass sich die im Februar besenderten Tiere länger nördlich von Punta Piedra im oberen Teil der Lagune aufhielten (67 %), im März waren die Tiere 87 % der beobachteten Zeit südlich von Punta Piedra im unteren Lagunenbereich. Aber trotzdem zeigte die Wanderbewegung des am 19. Februar besenderten Muttertieres, dass es die gesamte Ausdehnung der Lagune nutzte und auch das Mündungsgebiet zwischenzeitlich verließ. Als Ursache für die oben

beschriebene räumliche Abgrenzung von Grauwalkühen mit Kälbern und Einzeltieren in der Hauptpaarungszeit wird angenommen, dass aufgrund des zum Teil aggressiven Verhaltens der sich formierenden Paarungsgruppen die Muttertiere diesen Gruppen aktiv ausweichen (Jones & Swartz 1984). Fluken- und Flipperschläge innerhalb der Paarungsgruppen können die Kälber potentiell gefährden (Samaras 1974, Jones & Swartz 1984). Daher sind die hier beobachteten Ergebnisse nicht unerwartet, auch wenn die Stichprobengröße nur eine exemplarische Betrachtungsweise erlaubt. Mate et al. (2003) berichteten über ähnliche Wanderungen, aber die Daten waren grobskaliger, da sie mit Satellitensendern erhoben wurden. So konnten Wanderbewegungen innerhalb der Lagune nicht genau aufgelöst werden, da der Fehlerradius der verwerteten Positionen bis zu 11,5 km betrug (Mate et al. 2003). Was die hier vorliegende Studie aber im Gegensatz zu den vorherigen auf Zählungen basierenden Erkenntnissen (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997) zeigt ist, dass auch schon im Februar die Muttertiere mit den Kälbern durchaus die gesamte Ausdehnung der Lagune auch nach Süden nutzen. Solche Daten können nur anhand der kontinuierlichen Beobachtung von Individuen gewonnen werden und sind durch die Methode der Zählungen nicht ersichtlich. Es ist also zu vermuten, dass auch während der Hauptanwesenheit der Einzeltiere insgesamt doch mehr Mutter-Kalb Paare als bisher angenommen in die unteren Lagunenzonen schwimmen und dann wieder zurückkehren. Die Rückkehr in die obere Zone kann mit dem oben beschriebenen Verhalten der Fortpflanzungsgruppen erklärt werden, denen die Mutter-Kalb Paare ausweichen. Das Abbild der Wanderungen der Mutter-Kalb Paare im März zeigte dann deutlich die Präferenz für den südlichen Lagunenteil, was die Ergebnisse der Zählungen zur räumlich-zeitlichen Verbreitung unterstreicht (siehe Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Die Tiere hielten sich häufig im Bereich des tieferen Kanalsystems vor Punta Piedra auf. Durch die telemetrischen Daten wurde eine hohe Mobilität der Grauwalkühe mit Kälbern sichtbar. Die Mutter-Kalb Paare verließen das Lagunengebiet auch häufig entgegen der bisherigen Annahme früherer Arbeiten (vgl. Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Dabei hielten sie sich vermutlich oft in der Bahía Ballenas auf, einem der Lagune vorgelagerten Gebiet im Pazifik. Viele Peilsignale, die aufgrund der limitierten Reichweite nur von Punta Piedra aus gewonnen werden konnten, kamen aus dieser Richtung. Das bedeutet, dass diese Region außerhalb der Lagune auch wichtig als Teil des Aufzuchtgebietes ist, und nicht nur primär als Paarungsgebiet.

Die Lagune gilt als besonders geeignet für die Aufzucht der Kälber wegen der flacheren Wassertiefe und geringeren Strömung (Jones & Swartz 1984). Gleichzeitig ist der Energieverlust für die Kälber dort am geringsten (Sumich 1986a). Das hat nach Berechnungen von Sumich (1986c) insbesondere Bedeutung für neugeborene Kälber, sechs Monate alte Kälber sind durch die Fettschicht schon so gut gegen Wärmeverluste isoliert, dass sie auch im 2 °C kalten Wasser der Beringsee vernachlässigbar geringe Energieverluste über die Haut haben. Aber wie hier herausgefunden wurde, verlassen die

Tiere durchaus regelmäßig und für mehrere Tage dieses Gebiet. Welche Gründe gibt es also für die Mutter-Kalb Paare, sich auch außerhalb der Lagune aufzuhalten?

### 5.3.2 Nutzung des Areals außerhalb der Lagune

#### *Vorbereitung für die Migration nach Norden*

Möglicherweise „trainieren“ die Muttertiere mit ihren Kälbern die bevorstehende Wanderung in die Sommergründe im offenen Pazifik, wo andere Wassertiefen und Strömungsverhältnisse vorherrschen. Norris et al. (1977) beobachtete in Bahía Magdalena ebenfalls diese Verlagerung von Mutter-Kalb Paaren in die Mündungsgebiete und bezeichnete dies als ersten Schritt der Wanderung nach Norden. Ab Ende Februar wurden regelrechte Ansammlungen von Mutter-Kalb Paaren im Mündungsbereich gesichtet (Swartz & Jones 1981). Auch bei den eigenen Untersuchungen wurden solche Aggregationen von mehreren Grauwalkühen mit Kälbern gesehen. Nach Jones & Swartz (1984) wechseln die Muttertiere mit den Kälbern in das untere Lagunengebiet, wenn diese 2-3 Monate alt sind. Es konnte bei den telemetrierten Individuen nicht genau festgestellt werden, wie alt die Kälber genau waren. Die geschätzte Länge war bei allen Kälbern  $> 5$  m und  $\leq 6$  m, eine exakte Messung war nicht möglich. So wurde z.B. ein digitaler Entfernungsmesser für die spätere Berechnung der Körperlänge getestet, aber aufgrund der hohen Beweglichkeit der Kälber führte das nicht zum Erfolg. Das 95 % Konfidenzintervall der Körperlänge für drei Monate alte Kälber wird mit 5,3-6 m angegeben (Sumich 1986a). Die mittlere Körperlänge von Neugeborenen hingegen beträgt nach Sumich (1986a) 4,6 m, was auch mit den Längen von gestrandeten Grauwalkälbern übereinstimmt (Sumich & Harvey 1986). Gleichzeitig ist das Alter auch an das Verhältnis von Körperlänge zu Körperumfang gekoppelt, was auf den Zuwachs an Gewicht seit der Geburt schließen lässt (Sumich 1986a). Daraus ergeben sich ebenfalls individuelle Unterschiede der Altersschätzung, bei einer durchschnittlichen Verdoppelung des Geburtsgewichtes bei Grauwalen innerhalb von sechs Monaten (Sumich 1986a). Alle hier besenderten Kälber waren also vermutlich 1-3 Monate alt. Daraus lässt sich schließen, dass die Muttertiere möglicherweise mit den Kälbern spätestens einen Monat nach deren Geburt das Lagunengebiet zeitweilig verlassen, um möglicherweise die Jungtiere an die Verhältnisse der langen und energieaufwendigen Wanderung nach Norden vorzubereiten. Für die genaue Bestimmung dieses Zeitpunktes müssten Grauwalkühe mit ganz jungen Kälbern besendert werden. Diese Muttertiere zeigten aber nach eigener Beobachtung während der Studie ein deutliches Ausweichverhalten mit größerer Fluchtdistanz. Es ist dabei auch zu berücksichtigen, dass die wissenschaftlichen Aktivitäten die erfolgreiche Aufzucht der Kälber durch den zusätzlich erzeugten Stressfaktor nicht nachhaltig gefährden dürfen.

*Die Gefahr durch Räuber ist vor der Lagune gering*

Grauwalkühe mit neugeborenen Kälbern halten sich hauptsächlich in den mündungsfernen Bereichen der Lagunen auf (Swartz 1986). Dies scheint, gekoppelt mit der Migration nach Süden, eine allgemein effektive Methode zu sein um die Neugeborenen in den ersten Wochen der Gefahr des Gefressenwerdens durch Schwertwale (*Orcinus orca*) zu entziehen (Corkeron & Connor 1999). Corkeron & Connor (1999) stellen die Hypothese auf, dass aufgrund der wesentlich höheren Dichte von Schwertwalen im nördlichen Pazifik die Grauwale nach Süden wandern. Dabei gibt es zumindest Ansätze dafür, dass Schwertwale scheinbar zum Teil den Grauwalen an der Westküste Nordamerikas bei der Migration nach Süden folgen (Corkeron & Connor 1999). Es gibt verschiedene Berichte von Angriffen von Schwertwalen, auch auf Grauwalkühe mit Kälbern (Rice & Wolman 1971, Baldrige 1972, Poole 1984, Goley & Straley 1994). Beobachtungen von toten, gestrandeten Grauwalen in der Chuckchi- und Beaufortsee lassen vermuten, dass Schwertwale die jüngeren Tiere in den arktischen Gewässern bevorzugen (George & Suydam 1998). Nach Corkeron & Connor (1999) ist es demzufolge unwahrscheinlich, dass hunderte von Schwertwalen in die südlichen Reproduktionsgebiete folgen, um sich dort von den neonaten Grauwalen zu ernähren. Sie geben dafür zwei Gründe an, zum einen wäre der Energieaufwand für sie höher als für die migrierenden Grauwale, da der Energieverbrauch beim Schwimmen mit zunehmender Körpergröße pro kg Körpergewicht abnimmt (Schmidt-Nielsen 1972, Schmidt-Nielsen 1990). Der wichtigere Aspekt ist aber nach Corkeron & Connor (1999), dass die Meeressäuger fressenden Schwertwale sich primär von Robbenarten ernähren. Daher wird das Vorkommen und die Verbreitung von Robben (insbesondere der Jungtiere) die Verbreitung und die Wanderungen dieser Schwertwale steuern (z.B. Baird et al. 1992). Robben gibt es in sehr großer Anzahl in den polaren und gemäßigten Gewässern, aber in tropischen Gewässern und südlichen Breiten sind sie relativ selten (Ridgway & Harrison 1981a, Ridgway & Harrison 1981b). Daher wäre laut Corkeron & Connor (1999) bei einer Migration der Schwertwale die Hauptnahrung für sie nicht mehr verfügbar und die Tier bevorzugen es in den nördlichen Breiten zu bleiben. Hinzu kommt, dass vermutlich junge Grauwale noch nicht so nahrhaft sind wie Robben und weniger Energie liefern. Schwertwale fressen oft nur die Zunge der Wale wie bei Angriffen von Schwertwalen auf Grauwale beobachtet wurde (Baldrige 1972, Goley & Straley 1994).

Es gibt auch Berichte von Schwertwalangriffen auf Grauwale in den Lagunen der Baja California (Scammon 1874, zitiert in Rice & Wolman 1971, Jones & Swartz 1984). Sichtungen von Schwertwalen beispielsweise vor der Lagune San Ignacio sind aber als sehr selten einzuschätzen und sporadisch, was auch die Befragung der lokalen Fischer ergab. Es ist daher anzunehmen, dass für die Kälber die Gefahr durch Schwertwale vor der Lagune vergleichsweise gering ist. Die hier gezeigten Daten der regelmäßigen Aufenthalte der besenderten Mutter-Kalb Paare außerhalb des Lagunenareals unterstützen

die Hypothese von Corkeron & Connor (1999), dass eine vergleichsweise geringe Gefahr durch Räuber besteht. Gleichzeitig bedeutet es, dass die Gebiete vor den Lagunen damit auch ein wichtiger Bestandteil des Aufzuchtgebietes sind und in Pläne zum Schutz und Management der Art miteinbezogen werden müssen.

#### *Das Gebiet außerhalb der Lagune dient als alternative Nahrungsquelle*

Swartz & Jones (1981) vermuteten, dass möglicherweise Aggregationen von Garnelen (*Callinassa spec.*) vor der Lagunenmündung der Grund dafür sind, dass die Wale insbesondere nachts hinausschwimmen und dies als alternative Nahrungsquelle nutzen. Normalerweise nehmen die Grauwale in den Reproduktionsgebieten kaum Nahrung auf, da sie in diesen wärmeren Gewässern weniger Energie für ihren Erhaltungstoffwechsel benötigen (Rice & Wolman 1971, Sumich 1986a). Die Analyse des Mageninhaltes von frisch gestrandeten Walen in der Lagune konnte auch nicht bestätigen, dass die Tiere Garnelen gefressen hatten (unpublizierte Daten von Harvey, zitiert in Harvey & Mate 1984). Möglicherweise waren diese Tiere schon geschwächt und konnten keine ausreichende Nahrung finden, um zu überleben.

In den Jahren 1999 und 2000 wurden extrem viele tote Wale im Vergleich zu den Vorjahren entlang der Pazifikküste der Baja California gefunden (Le Boeuf et al. 2000, Urbán R. et al. 2003a), die möglichen Ursachen werden noch im Abschnitt 5.4 ausführlich erörtert. Insbesondere in der Wintersaison 2000 wurden in der Lagune San Ignacio viele tote adulte Wale gefunden (siehe Abschnitt 4.3.2). Es wurden während der Studie auch Tiere beobachtet, die besonders abgemagert erschienen, vor allem in der Saison 1999 (Urbán R. et al. 2003a). Im Jahr 1999 wurde wenige Male ein ungewöhnliches Fressverhalten in der Lagune beobachtet (Urbán R. et al. 2003a). Auch in Bahía Magdalena wurde davon berichtet (Le Boeuf et al. 2000). Bei den hier besenderten Grauwalkühen waren keine Anzeichen eines schlechten Ernährungszustandes zu erkennen, wie z.B. die durch die Abmagerung hervortretenden Schulterblätter (Moore et al. 2001).

Es bleibt festzustellen, dass bei vorhandener Nahrung vor der Lagune dies durchaus eine alternative Ressource für die Tiere sein kann, um die möglicherweise niedrigen Energiereserven wieder aufzufüllen. Das gilt insbesondere für die ihre Kälber säugenden Muttertiere, die dafür möglicherweise zusätzliche Ressourcen benötigen (Rice & Wolman 1971, Lockyer 1984). Bei den besenderten Grauwalkühen ist nicht klar, ob sie zusätzliche Ressourcen benötigten und möglicherweise vor der Lagune Nahrung aufnahmen. Nur zusätzliche Nahrungsanalysen könnten darüber Aufschluss geben. Dabei wird in Kotproben (Burns et al. 1998, Lesage et al. 2001) oder Hautproben von Walen (Ruiz-Cooley et al. 2004) die Zusammensetzung der stabilen Kohlenstoffisotope im Verhältnis zu den Stickstoffisotopen bestimmt, um so die Zusammensetzung der Nahrung zu ermitteln.

### 5.3.3 Diurnaler Rhythmus und Gezeiten

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass das Wanderverhalten der Mutter-Kalb Paare sowohl von der Tag- und Nachtzeit als auch vom Gezeitenstand beeinflusst wird. Bei Nacht wurden mehr Wanderungen nach Süden beobachtet, und bei Flut schwammen die Tiere signifikant häufiger gegen den Gezeitenstrom. Bei den Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Positionen der einzelnen besenderten Grauwalkühe während der Beobachtungszeit aufgezeichnet werden konnten, bedingt durch die limitierte Reichweite der Antennenstationen und temporäre schlechte Wetterbedingungen und daraus resultierenden schlechten Empfang der Peilsignale (siehe Abschnitt 3.2).

Swartz & Jones (1980, 1981) vermuteten, dass die von Ihnen beobachteten nächtlichen Wanderungen der Grauwale aus der Lagune heraus damit zusammenhängen, dass die Tiere möglicherweise vor dem Mündungsgebiet an den vorkommenden Aggregationen von Garnelen fressen (siehe vorigen Abschnitt 5.3.2). Harvey & Mate (1984) registrierten ebenfalls, dass mit Radiotransmittern ausgestattete Wale die Lagune zur Nachtzeit verließen, und in den Morgenstunden zurückkehrten, belegten dies aber nicht statistisch. Nach Swartz & Jones (1981) gibt es eine Kombination der Faktoren Tageszeit und Gezeitenströmung auf die Walwanderungen im Lagunenareal.

Frühere Studien von (Norris et al. 1977) in Bahía Magdalena, Swartz & Jones (1981), Harvey & Mate (1984), Ludwig (1996) und Reussmann (1999) in Lagune San Ignacio stellten ebenfalls eine Gezeitenabhängigkeit der Wanderaktivitäten von Grauwalen fest. Allerdings wurde überwiegend ein häufigeres Schwimmen mit dem Gezeitenstrom, registriert (Norris et al. 1977, Harvey & Mate 1984, Ludwig 1996). Ludwig (1996) fand mit visuellen Beobachtungen heraus, dass Mutter-Kalb Paare häufiger mit dem Gezeitenstrom und Einzeltiere häufiger gegen den Strom schwammen. Nach Ludwig (1996) könnte das Schwimmen der Mutter-Kalb Paare mit dem Tidenstrom der Minimierung des Energieverbrauchs dienen, da die Energiereserven der jungen Kälber wichtig sind für die bevorstehende Migration nach Norden in die Nahrungsgründe (Sumich 1986b).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen im Widerspruch zu den Resultaten einiger oben genannter Arbeiten. Die Vergleichbarkeit ist jedoch nur bedingt möglich, weil die meisten früheren Beobachtungen visuell an einem Punkt durchgeführt wurden, im Gegensatz zu den hier mit Hilfe der Telemetrie ermittelten Daten. Gleichzeitig wurde nicht die Anwesenheit von Touristenbooten berücksichtigt, die aber beispielsweise in Lagune San Ignacio bei der sehr limitierten Anzahl von zugelassenen Booten in einem vergleichsweise großen Lagunenareal keine signifikante Veränderung der Schwimmrichtung der Mutter-Kalb Paare bewirkte (Reussmann 1999). Hinzu kommt, dass der überwiegende Teil der Daten aus oben genannten, früheren Studien und dieser Arbeit

ohne die Anwesenheit von anderen Booten erhoben wurde (z.B. in den für Whalewatching gesperrten Zonen).

Eine mögliche Ursache für das Schwimmen der Grauwalkühe mit Kälbern gegen den Gezeitenstrom könnte das Erlernen des energetisch günstigsten Schwimmverhaltens der Kälber sein. Nach Sumich (1983) benötigen Grauwale bei einer Schwimmgeschwindigkeit von 2 bis  $2,2 \text{ m s}^{-1}$  den geringsten Energieaufwand, während ein langsames oder schnelleres Schwimmen zu einer Steigerung des energetischen Aufwands führt. In der Häufigkeitsverteilung der Schwimmgeschwindigkeiten in dieser Studie lag der zweite Peak bei  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ , und ist durch das nichtlineare Schwimmen der Tiere sicher unterbestimmt (Mate et al. 2003). Trotzdem wurden überwiegend langsamere Geschwindigkeiten registriert, die das häufige Ruheverhalten oder ungerichtetes Schwimmen in der Lagune widerspiegeln.

Das Erlernen des „richtigen“ Schwimmens ist nach Swartz (1986) ein Teil der Vorbereitungen der neugeborenen Kälber auf das Leben im offenen Ozean. Das Schwimmen gegen den Tidenstrom könnte ein Teil dieses Lernprozesses darstellen. Im Gegensatz zu den hier gemachten Beobachtungen eines Schwimmens gegen den Strom bei Flut registrierten Swartz (1986) und Reussmann (1999) diesen Vorgang bei Ebbe. Möglicherweise wollen die Tiere verhindern vom Gezeitenstrom abgetrieben zu werden (Ludwig 1996). Das könnte vermutlich auch unabhängig von der Tidenphase der Fall sein, und noch durch weitere Faktoren wie beispielsweise die Variation der Strömungsgeschwindigkeit oder aber die Wetterverhältnisse beeinflusst werden. Ludwig (1996) beobachtete insbesondere bei Wind- und Wellenverhältnissen von 0-1 Beaufort passiv mit der Strömung treibende Wale, bei stärkerem Wellengang schien die Aktivität der Tiere zuzunehmen. Auch in der hier durchgeführten Studie ergab sich dieser subjektive Eindruck, ohne dies statistisch belegen zu können.

Es ist aus dieser und früheren Studien ersichtlich, dass Tageszeit und Tidenstrom eine Rolle bei der Wanderrichtung der Wale spielen, aber inwieweit noch weitere Faktoren eine Rolle spielen, ist unklar. Es gibt weitere mögliche Muster, nach denen die Wale in der Lagune wandern.

Vorstellbar wäre, dass die Wale das ablaufende Wasser bei Nacht ausnutzen, um zur Nahrungssuche aus der Lagune herauszuschwimmen. Wie schon erwähnt, wurden Aggregationen von Garnelen in der vorgelagerten Bahía Ballenas beobachtet (Swartz & Jones 1981), die durchaus eine alternative Nahrungsquelle für die Grauwale sind.

Ein Schwimmen gegen den Tidenstrom ist sinnvoll, wenn die Tiere an ihrem Standort verweilen wollen. Da sich in der tieferen, unteren Lagunenzone die zum Teil aggressiven Fortpflanzungsgruppen konzentrieren (Samaras 1974, Jones & Swartz 1984), weichen die Mutter-Kalb Paare diesem Bereich möglicherweise durch Schwimmen gegen den Gezeitenstrom aus. Es gibt noch keine Erkenntnisse darüber, ob die Fortpflanzungsgruppen am Tag aktiver sind als in der Nacht. Die beobachteten Wanderungen der Mutter-Kalb Paare nach Süden in den Abend- und Nachtstunden deuten möglicherweise darauf hin, dass zu dieser Zeit die Einzeltiere weniger aktiv sind und eine geringere Gefahr für das Kalb darstellen.

## **5.4 Habitatnutzung**

### **5.4.1 Aufenthaltsdauer von Individuen**

Die Daten der Fotoidentifikation zeigten in allen fünf Jahren, dass sich die Mutter-Kalb Paare deutlich länger in der Lagune aufhielten als die Einzeltiere. Durch die Ergebnisse der Radiotelemetrie wurde aber deutlich, dass die Muttertiere dabei regelmäßig den Lagunenbereich in den angrenzenden Ozeanbereich der Bahía Ballenas verlassen und nach wenigen Stunden bis mehreren Tagen wieder zurückkehren (siehe Abschnitt 4.2.1). Das bedeutet, dass die Daten der Fotoidentifikation durchaus die Aufenthaltszeit in einem Areal repräsentieren, aber es kann damit keine Aussage getroffen werden, ob die Tiere zwischen den erneuten Sichtungen anwesend waren oder das Gebiet zwischenzeitlich verließen (Seipt et al. 1990, Clapham et al. 1993). Trotzdem ist es eine wertvolle Methode, um die ungefähre zeitliche Nutzung von Reproduktions- oder Nahrungsgebieten durch Wale festzustellen (Clapham et al. 1993). Die im Folgenden diskutierten Aufenthaltszeiten sind nicht kontinuierliche Aufenthalte in der Lagune, sondern schließen das zeitweilige Verlassen in vorgelagerte Bereiche mit ein. Das erklärt auch, dass es bei einer so großen Anzahl von Fotografien im Verhältnis nur eine relativ geringe Wiedersehungsrate von Individuen gab, weil sie sich möglicherweise zeitweilig außerhalb des Erfassungsbereichs befanden. Die Besenderungzeit von Muttertieren mit der Radiotelemetrie (Maximum 8,4 Tage) reichte nicht aus, um deren komplette Aufenthaltsdauer zu bestimmen, weil von den Sendern früher als erwartet keine Peilsignale mehr empfangen wurden bzw. sie sich vom Wal gelöst hatten. Mit längeren Befestigungszeiten wären genaue Aussagen zum Aufenthalt von Individuen möglich, von denen man im Gegensatz zur Fotoidentifikation kontinuierlich Positionen erhält. Wie bei anderen Bartenwalarten wird aber die Fotoidentifikation zur Einschätzung der Habitatnutzung mit Hilfe einer relativ großen Stichprobe (Fotografien) standardmäßig auch bei Grauwalen mit Erfolg angewendet (Darling 1984, Darling et al. 1998).

Die durch Fotoidentifikation ermittelte Aufenthaltszeit von Mutter-Kalb Paaren war etwa dreimal länger als die von einzelnen Walen, die überwiegend nur wenige Tage in der Lagune beobachtet wurden. Der längste Zeitraum zwischen erster und letzter Sichtung eines Muttertieres in einer Saison anhand der Fotografie betrug 61 Tage. Insgesamt war die Wiedersichtungsrate für einzelne Grauwale im Gegensatz zu der von Mutter-Kalb Paaren innerhalb einer Saison relativ niedrig, was auf eine hohe Fluktuationsrate der Einzeltiere in der Lagune hinweist. Das wird auch durch die Ergebnisse von Jones & Swartz (1984) und Swartz (1986) bestätigt, die mit Hilfe von wöchentlichen Transektzählungen zwischen 1977 und 1982 ermittelten, dass die Länge der Wintersaison für Mutter-Kalb Paare 16-18 Wochen dauert, hingegen die der Einzeltiere nur 11,5 Wochen. Die längste Periode zwischen erster und letzter Sichtung eines Mutter-Kalb Paares, die anhand der Fotoidentifikation in diesen Jahren ermittelt wurde, betrug 91 Tage (Swartz 1986).

Der Unterschied in der Aufenthaltsdauer kann darin begründet werden, dass die Muttertiere nach der Geburt der Kälber länger im Lagunengebiet bleiben müssen, während sich die einzelnen adulten Wale in der Zeit der höchsten Dichte von Grauwalen in der Lagune aufhalten, um die Möglichkeit der Fortpflanzung zu haben. Es scheint insgesamt eine hohe Fluktuation im Lagunengebiet zu geben, bei der kontinuierlich neue einzelne adulte Wale andere, die Lagune verlassende Einzeltiere ersetzen (Ludwig 1996, Urban R. et al. 1997, Jones & Swartz 2002). Auch die in der vorliegenden Studie rechnerisch aus der Fotoidentifikation ermittelte Anzahl von Einzeltieren und Mutter-Kalb Paaren, die in einer Saison die Lagune aufgesucht haben, zeigt dies deutlich. Die Anzahl von Einzeltieren war demnach in etwa zehnmal höher als die von Muttertieren mit Kälbern (siehe Ergebnisse 4.3.6). Daraus lässt sich auch erklären, dass die Wahrscheinlichkeit ein individuell markiertes Einzeltier ein weiteres Mal mit der Fotoidentifikation festzuhalten, aufgrund der höheren Mobilität im Lagunenareal und aufgrund der kurzen Aufenthaltszeit wesentlich geringer ist.

#### **5.4.2 Wiedersichtungen und Geburtenintervall von Grauwalkühen**

Die Wiedersichtungsrate von Grauwalkühen war in diesem Fünfjahresintervall sehr gering, mit 33 Tieren wurden entsprechend nur 6 % der 519 fotografierten Individuen in einem anderen Jahr erneut anhand des Fotos identifiziert. Dies ist vergleichbar mit der Wiedersichtungsrate von Jones (1990), die von insgesamt 562 fotografierten Walen, 55 Grauwalkühe zwischen 1977 und 1982 in einem weiteren Jahr gesichtet hat. In der hier vorliegenden Studie konnte keine Grauwalkuh in vier oder fünf aufeinander folgenden Jahren erneut fotografiert werden, nur ein Tier wurde drei Jahre hintereinander in der Lagune San Ignacio anhand des Fotos beobachtet. Im Gegensatz dazu konnte Jones (1990) zehn Tiere in allen sechs Jahren anhand der Fotos identifizieren, obwohl der

Aufwand der Fotoidentifikationsstudie von Jones (1990) mit 6000 Fotos für den gesamten Zeitraum vergleichbar mit den Daten der hier präsentierten Ergebnisse ist. Dies könnte möglicherweise dadurch begründet sein, dass die Gebietstreue der einzelnen Grauwalkühe, in dieselbe Lagune zur Kälberaufzucht zurückzukommen, geringer geworden ist (siehe Abschnitt 5.4.3).

Das ermittelte Geburtenintervall zwischen 1996 und 2000 betrug überwiegend zwei Jahre, auch die Daten von Jones (1990) zwischen 1997 und 1982 zeigten hauptsächlich einen zweijährigen Zyklus. Vergangene Studien (Rice & Wolman 1971, Reilly et al. 1983, Herzing & Mate 1984, Poole 1984, Jones & Swartz 1984, Perryman et al. 1999, Sumich 1986b) haben in diesem Zusammenhang klar aufgezeigt, dass die jährliche Migration der Grauwale aus zwei sich überlagernden Mustern besteht, die im Verhältnis zum Reproduktionsstatus der adulten Grauwalkühe stehen. Jedes Jahr sind etwa ein Drittel bis die Hälfte der adulten Grauwalkühe trächtig, die dann die Migration nach Süden aus der Beringsee etwa zwei Wochen vor den anderen Grauwalen beginnen (Rice & Wolman 1971). Nichtträchtige, adulte Weibchen beginnen die Wanderung später und werden von adulten Männchen begleitet. Diese später ankommenden Adulten sind auch die ersten, welche die Wintergründe wieder verlassen. Die zuerst angekommenen Grauwalkühe mit Kälbern verlassen die Lagunen zuletzt, etwa Mitte März bis Anfang April (Rice & Wolman 1971, Berta & Sumich 1999, Jones & Swartz 2002). Die hier präsentierten Daten (siehe 4.3.1) und die von Jones & Swartz (1984) zeigen dies für die Lagune San Ignacio. Aus diesem zeitlichen Ablauf ergibt sich ein zweijähriger Zyklus bei einer Tragzeit der Grauwalkühe von 11-13 Monaten (Sumich 1986a, Sumich 1986b).

Warum aber das durchschnittliche Geburtenintervall der hier präsentierten Daten signifikant länger war als das zwischen 1977 und 1982 von Jones (1990) ermittelte, ist schwer zu beurteilen. Eine mögliche Erklärung wäre, dass der erkennbare Trend des größer werdenden Geburtenintervalls ein dichteabhängiger Prozess ist, der damit zusammenhängt, dass die ostpazifische Population ihre maximal mögliche Tragkapazität  $K$  nahezu erreicht hat, wie Moore et al. (2001) annimmt. Diese Annäherung der Population an  $K$  wird noch ausführlich in Abschnitt 5.4.7 in Bezug auf den Populationsparameter Mortalität erläutert, der in enger Wechselwirkung mit Geburtenintervall und Reproduktionsrate steht (Begon et al. 1990). Weil die Population bei Annäherung an  $K$  langsam jedes Jahr Tiere verlieren würde (Moore et al. 2001, Wade 2002), wäre dadurch bedingt auch eine Reduzierung der Geburtenrate möglich. Denkbar wäre auch, dass die Fitness der Weibchen für eine häufigere Reproduktion nicht ausreichte, da die Kälberaufzucht deutlich mehr Energie kostet (Lockyer 1984). Eine Grauwalkuh verliert bis zur 10. Woche nach der Geburt durch das Säugen des Kalbes ungefähr 4 Tonnen an Gewicht, das Kalb hingegen verdoppelt das Gewicht in dieser Zeit auf etwa 2,1 Tonnen (Berta & Sumich 1999).

Eine weitere plausible Erklärung für längere Geburtenintervalle ist der Einfluss der Änderung der Meeresoberflächentemperatur (SST) 1998-1999, verursacht durch den starken ENSO-Zyklus 1997-1999 (siehe im Detail Abschnitt 5.4.6). Der ENSO hat Veränderungen der Verbreitung, Abundanz und Mortalität in Lagune San Ignacio bewirkt, ebenso wie in anderen Lagunen der Wintergründe (Gardner & Chavez-Rosales 2000, Le Boeuf et al. 2000). Es wurden 1999 weniger trüchtige Grauwalkühe während der Migration nach Süden entlang der kalifornischen Küste gesehen als in den Jahren 1997 und 1998 (Perryman et al. 2002). Auch dies ist ein Indiz für die längeren Geburtenintervalle, die in Lagune San Ignacio beobachtet wurden.

Perryman et al. (2002) fanden, dass die Kälberproduktionsrate bei Grauwalen im Zeitraum 1994-2000 mit der Zeit korreliert, in denen die Sommernahrungsgründe der Grauwale eisfrei sind. Er ermittelte maximal 1.431 Kälber für das Jahr 1997 und minimal 279 Kälber für das Jahr 2000. Von 1998 bis 2000 nahm die Kälberproduktionsrate nach Perryman's et al. (2002) Berechnungen drastisch ab. Dies deckt sich mit den Betrachtungen von LeBoeuf et al. (2000) zu den Ursachen der hohen Mortalität und der niedrigen Reproduktionsrate 1999, in der sie als plausibelste Hypothese die niedrigen Fettreserven und die daraus resultierende Entkräftung der Grauwale aufgrund der zurückgegangenen Nahrungsressourcen im Ökosystem der Beringsee angeben. Sowohl die Langzeiteffekte der STT-Anomalien in den Sommergründen auf die Amphipodenbiomasse als auch der Fraßdruck auf diese Nahrungsressource der Grauwale hat Einfluss auf deren Zustand und Reproduktionsrate (Le Boeuf et al. 2000). Demzufolge ist anzunehmen, dass Grauwalkühe, die über genügend Fettreserven für Migration und Kälberaufzucht verfügen, auch kürzere Geburtenintervalle haben können. Dabei scheint das Geburtenintervall nicht altersabhängig zu sein, das heißt die Zeitabstände der aufeinander folgenden Geburten werden mit zunehmendem Alter nicht größer (Blokhin 1984, Jones 1990a).

Brownell und Weller (2001) vermuten, dass der erkennbare Trend von längeren Geburtenintervallen bei Grauwalen eine Kombination von bekannten beeinflussenden Faktoren wie stetig anwachsender Population, Abnahme der Nahrungsressourcen, EL Niño und La Niña ist sowie auch von weiteren, bisher unbekanntem Parametern. Die Autoren nehmen an, dass es eher großskalige Veränderungen des Ökosystems und der zur Verfügung stehenden Nahrungsressourcen im Ozeanbecken des Nordpazifik sind, welche die Nahrungsressourcen der ost- und westpazifischen Grauwalpopulation beeinflussen und damit deren Populationsdynamik. Sie halten die Hypothese der Annäherung der Population an die Tragkapazität  $K$  von Moore et al. (2001) (siehe Abschnitt 5.4.7) für unwahrscheinlich.

### 5.4.3 Gebietstreue von Mutter-Kalb Paaren

Die Werte des Gebietstreueindex nahmen im Verlauf der fünfjährigen Studie ab und wiesen im Jahr 2000 die niedrigste Rückkehrate innerhalb von zwei Jahren auf. Die geringere Rückkehrate zu demselben Reproduktionsgebiet 1999 und 2000 ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf den El Niño 1998 und die darauf folgende La Niña 1999 zurückzuführen (siehe Abschnitt 5.4.6). Demzufolge bevorzugten die Wale während der warmen El Niño Phase die nördlicheren Aufzuchtgebiete (z.B. Lagune Ojo de Liebre) und während der kühlen La Niña Periode die südlicheren Areale (Bahía Magdalena Komplex) (Gardner & Chavez-Rosales 2000). Geringere Kälberproduktionsraten in den Wintergründen und auf der Migrationsroute wurden ebenfalls verzeichnet (Le Boeuf et al. 2000, Perryman & Lynn 2002). Grauwalkühe, die schon in Lagune San Ignacio zwischen 1996 und 1997 identifiziert waren, schwammen möglicherweise aufgrund der Temperaturanomale in ein weiter nördliches bzw. südliches Gebiet und kehrten nicht in ihr ursprünglich bevorzugtes Gebiet zurück.

### 5.4.4 Abundanz

#### *Vergleich mit historischen Daten*

Die ersten Flugzählungen in der Lagune ließen vermuten, dass die dort vorkommende Anzahl von Grauwalen als Teilpopulation den Status des Gesamtbestandes in den Wintergründen widerspiegelt (Gilmore 1960, Hubbs & Hubbs 1967, Gard 1974). Die erste mehrjährige, systematische Studie zum Vorkommen der Wale in Lagune San Ignacio wurde von Jones & Swartz (1984) in den Jahren 1978-1982 durchgeführt. Jones & Swartz (1984) bestimmten das saisonale Vorkommen und die Anzahl und Verbreitung von einzelnen Walen und Mutter-Kalb Paaren innerhalb der Lagune mit Zählungen vom Boot aus. Dieselbe Methode wurde 1996-2000 für die Vergleichbarkeit gewählt.

Die Abundanz der Grauwale in Lagune San Ignacio veränderte sich im Verlauf der fünfjährigen Studie zwischen 1996 und 2000. Die Gegenüberstellung mit der Zeitserie von 1978 bis 1982 zeigt eine Abnahme der Anzahl von adulten Grauwalen in der Lagune, wobei sowohl geringere Anzahlen von Einzeltieren als auch von Mutter-Kalb Paaren zwischen 1996 und 2000 beobachtet wurden (Abb. 69). Jones & Swartz (1984) beobachteten, dass die Wale im Dezember in der Lagune eintrafen und das maximale Vorkommen adulter Tiere Mitte Februar erreicht wurde. Dabei war die saisonale Verteilung bimodal, das Maximum adulter Grauwale bestand überwiegend aus adulten Einzeltieren und einem geringeren Anteil von Mutter-Kalb Paaren. Nach diesem Maximum Mitte Februar nahm die Dichte der Grauwale ab, da die Einzeltiere die Lagune verließen und die Migration Richtung Norden in die Sommergründe begannen (Jones & Swartz 1984). In einer Pilotstudie zur hier präsentierten Zeitserie 1996-2000 konnte gezeigt werden,

dass sich dieser Verlauf der saisonalen Nutzung der Lagune prinzipiell nicht geändert hat, nur der Zeitpunkt des Maximums wurde Anfang März beobachtet (Ludwig 1996, Urban R. et al. 1997) (Abb. 68).

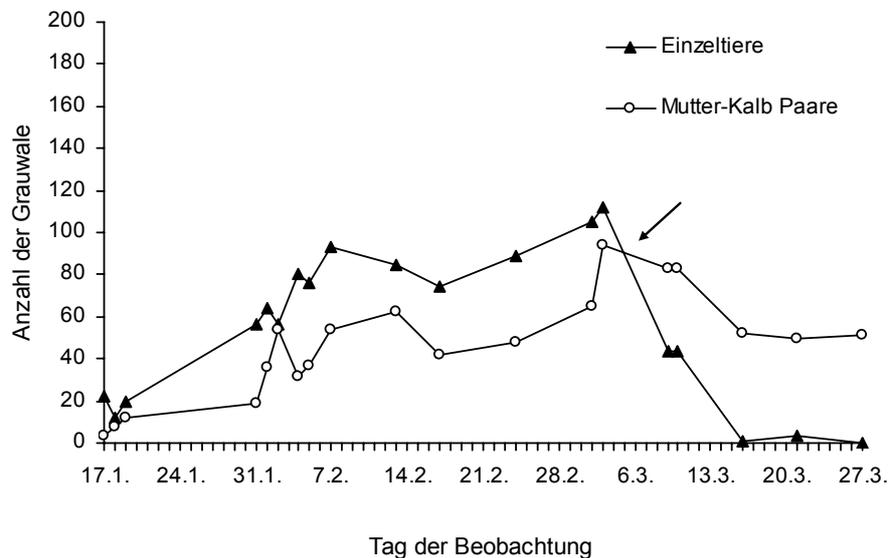


Abb. 68. Saisonaler Verlauf der Abundanz von Einzeltieren und Mutter-Kalb Paaren in der Wintersaison 1996 (nach Ludwig 1996). Der Pfeil markiert die deutliche Abnahme von Einzeltieren nach dem Abundanzmaximum aller Adulten am 3. März.

Von 1978 bis 1982 gab es stets einen Anstieg der Anzahl von Mutter-Kalb Paaren Mitte März (Jones & Swartz 1984, Swartz 1986). Die Hauptursache dafür war vermutlich, dass Mutter-Kalb Paare aus anderen Lagunen relativ spät in der Wintersaison San Ignacio aufsuchten, die Geburt neuer Kälber als Ursache ist eher unwahrscheinlich (Jones & Swartz 1984). Dieser deutliche Anstieg der Anzahl von Mutter-Kalb Paaren zu diesem späten Zeitpunkt der Saison konnte 1996-2000 nicht beobachtet werden.

Um zu erörtern, inwieweit sich die maximal erfasste Anzahl der Grauwale im Vergleich zum Zeitraum 1978-1982 verändert hat, wird im Folgenden die Anzahl der Grauwale zum Zeitpunkt des maximalen Vorkommens adulter Tiere näher betrachtet. Die Daten sind aufgeteilt in Adulte insgesamt, Einzeltiere und Mutter-Kalb Paare. In Abb. 69 sind die Abundanzen zum Zeitpunkt des maximalen Vorkommens aller Adulten in der jeweiligen Saison dargestellt, das sich aus dem Maximum der Einzeltiere und einem Anteil von Mutter-Kalb Paaren zusammensetzt (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997). Das bedeutet, dass die hier abgebildeten Anzahlen der Mutter-Kalb Paare

nicht gleichzeitig deren saisonales Maximum sind, das 1996-2000 zwei bis vier Wochen später als das aller Adulten registriert wurde (siehe Ergebnisse Abschnitt 4.3.1).

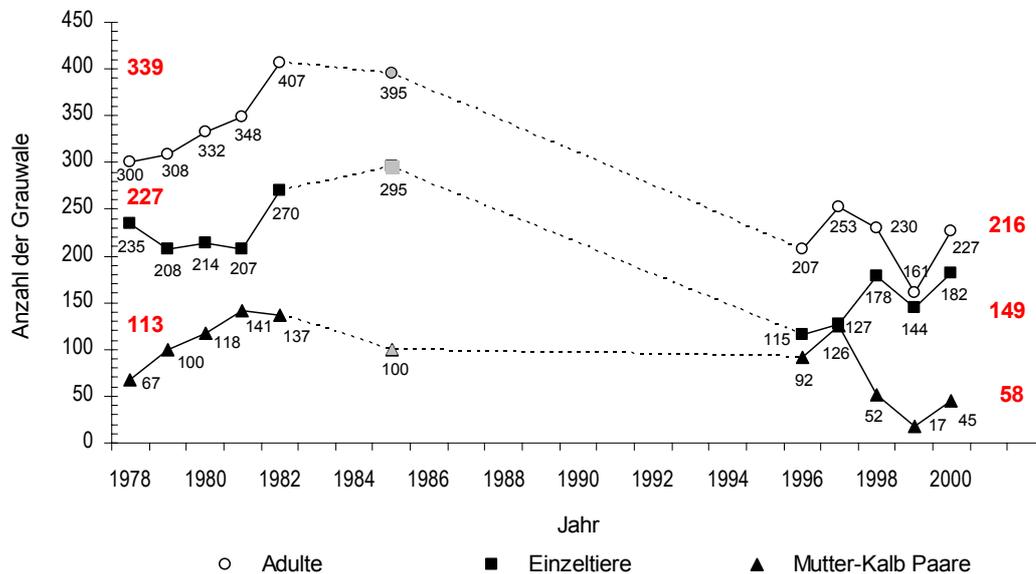


Abb. 69. Abundanz von adulten Grauwalen 1978-1982 (Jones und Swartz 1984), 1985 (Jones et al. 1994) und 1996-2000 in Lagune San Ignacio zum Zeitpunkt des saisonal maximalen Vorkommens (maximale Anzahl der Einzeltiere und Anteil von Mutter-Kalb Paaren). Für die Fünfjahreszeiträume 1978-1982 und 1996-2000 sind zusätzlich die Mittelwerte (rot) dargestellt. Die grauen Punkte kennzeichnen Werte, die nicht Teil der ersten Zeiterie waren.

### *Alle Adulten*

Von 1978 bis 1982 stieg das Maximum der adulten Grauwale zum Zeitpunkt des maximalen Vorkommens signifikant um jährlich 7,3 % von 300 und 407 Wale an (Jones & Swartz 1984) (Abb. 69). Durchschnittlich wurden 339 Tieren in diesem Fünfjahreszeitraum beobachtet. Im Jahr 1985 wurden 395 Adulte registriert, eine ähnlich hohe Anzahl wie 1982 (Jones et al. 1994).

In den Jahren 1996 bis 2000 wurden zwischen maximal 161 bis 253 adulte Wale registriert, mit einem durchschnittlichen Maximum von 216 Adulten (Abb. 69). Im Jahr 1999, dem La Niña Jahr nach dem starken El Niño 1997/1998 (siehe Details in Abschnitt 5.4.6), wurde die niedrigste Anzahl von 161 Adulten beobachtet. In der Saison darauf wurde wieder ein Anstieg verzeichnet, mit maximal 227 Adulten.

Die Gegenüberstellung der Mittelwerte des maximalen Vorkommens 1978-1982 und 1996-2000 zeigt auf, dass die Anzahl adulter Wale während der Zählungen Mitte Februar um 36 % zurückging.

### ***Einzeltiere***

Da die Einzeltiere den Hauptanteil der adulten Wale während des saisonalen Maximums bilden (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán R. et al. 1997), ergibt sich hier ein ähnliches Bild. Von 1978 bis 1982 variierte die Anzahl der einzelnen Grauwale zwischen 207 und 270 Tieren am Tag des maximalen Vorkommens in der Lagune (Abb. 69). Im Durchschnitt waren es 227 Einzeltiere, ohne dass dabei ein Trend erkennbar war (Jones & Swartz 1984). Im Jahr 1985 wurden noch mehr einzelne Wale gesichtet (Jones 1985).

Im Zeitraum 1996-2000 wurden durchschnittlich 149 Einzeltiere beobachtet, mit einer Spanne von 115 bis 182 einzelnen Adulten maximal (Abb. 69). Im La Niña Jahr 1999 wurden weniger einzelne Tiere gesichtet als während des El Niño Ereignisses im Vorjahr, in der Saison darauf aber wieder annähernd dieselbe Anzahl beobachtet (Abb. 69).

Im Vergleich zu den Daten von 1978-1982 betrug der Rückgang der Einzeltiere 1996-2000 zum Zeitpunkt des saisonalen Abundanzmaximums aller Adulter 34 %.

### ***Mutter-Kalb Paare***

Jones & Swartz (1984) beobachteten zwischen 1978 und 1982 maximal 67 bis 137 Mutter-Kalb Paare (Abb. 69), im Fünfjahresmittel 113 Muttertiere mit Kälbern. Die Autoren stellten eine signifikante Zunahme in den aufeinander folgenden Jahren fest. Die höchste Anzahl von Mutter-Kalb Paaren wurde aber im März beobachtet (maximal 186-282 Mutter-Kalb Paare), nach dem saisonal maximalen Vorkommen aller Adulten (Jones & Swartz 1984). Jones et al. (1994) zählte 100 Muttertiere im Jahr 1985.

Bei Mutter-Kalb Paaren war ebenfalls eine Abnahme zum Zeitpunkt des saisonal größten Vorkommens im Vergleich zur Zeitserie der Zählungen von 1978-1982 erkennen. Von 1996 bis 2000 wurden 17 bis 126 Mutter-Kalb Paare zum Zeitpunkt des Abundanzmaximums erfasst, durchschnittlich also 58 Paare (Abb. 69). Auch hier wurden wie bei Jones & Swartz (1984) die maximalen Vorkommen von Mutter-Kalb Paaren erst zwischen Ende Februar und Anfang März (8. –10. KW) beobachtet.

Im Vergleich mit den historischen Daten bedeutete dies einen Rückgang der Mutter-Kalb Paare von 41 %. In der Zeitserie 1996-2000 ist auffällig, dass die Abnahme zum Zeitpunkt des maximalen Vorkommens zwischen 1997 und 1999 stattfindet, also während des stark ausgeprägten ENSO-Zyklus (Details siehe Abschnitt 5.4.6).

Die hier betrachteten Daten geben Aufschluss über die maximal anwesende Anzahl von Grauwalen an einem Tag, wie viele Individuen insgesamt in der Saison das Gebiet aufgesucht haben, kann daraus nicht entnommen werden. Das wurde durch den rechnerischen Ansatz der Bestimmung der Anzahl von Individuen pro Saison bestimmt (siehe Abschnitt 4.3.6) und wird im Folgenden diskutiert.

#### **5.4.5 Anzahl der Grauwale, die Lagune San Ignacio aufsuchten**

Die mit Hilfe der Schätzfunktion von Darling & Morowitz (1986) rechnerisch ermittelte Anzahl der Grauwale, die die Lagune San Ignacio in einer Wintersaison aufsuchten, zeigen insbesondere bei den Einzeltieren, wie hoch die Fluktuationsrate der Tiere ist. Wie schon im Vorangegangenen dargelegt, war die Wiedersichtungsrate von Grauwalkühen im Verhältnis zu der Anzahl der aufgenommenen Fotografien und der individuell verschiedenen Tiere in einer Saison relativ gering, wie auch bei Jones (1990). Noch eindrucksvoller wird dies bei den Einzeltieren deutlich, bei denen die ermittelten Aufenthaltszeiten in der Lagune nur wenige Tage betragen. Wie die rechnerisch bestimmten Werte von über 2.700 einzelnen Walen in der Saison zeigen, muss die Fluktuation in der Lagune sehr hoch sein. In wenigen Tagen wurden vermutlich viele einzelne Adulte, die zur Fortpflanzung in das Gebiet kommen, von anderen Neuankömmlingen ersetzt. Basierend auf den Erkenntnissen der Bestandserfassung der Grauwale mit Hilfe der Schiffszählungen 1996-2000 und dem Vergleich mit der Zeitserie 1978-1982 (Jones & Swartz 1984) kann die Wintersaison 1997 als ein so genanntes „normales“ Jahr des Vorkommens eingeordnet werden.

Im Gegensatz zu den Einzeltieren nimmt die Anzahl der Individuen von Muttertieren mit Kälbern nach 1999 laut Rechenmodell nicht deutlich zu. Dies ist sicher eine Folge des Effektes des ENSO auf die Population (siehe nachfolgender Abschnitt 5.4.6) und spiegelt die Auswirkungen auf die Grauwalkühe und deren dadurch bedingte geringere Kälberproduktionsrate wieder (vgl. Abschnitt 5.4.2). Möglicherweise nimmt die Bedeutung der Lagune San Ignacio als primäres Fortpflanzungsgebiet zu, und die Anzahl der Tiere, die dort ihre Kälber aufziehen, nimmt ab und verlagert sich mehr in die größeren und weitläufigeren Lagunen Ojo de Liebre und Bahía Magdalena. In Ojo de Liebre wurden beispielsweise im Jahre 2001 etwa 40 % mehr Mutter-Kalb Paare gesichtet als 1999 und 2000 (Urbán R. et al. 2002). Um so einen Trend aber tatsächlich zu verifizie-

ren, müsste ein paralleles Langzeitmonitoring in den wichtigsten Lagunen für Reproduktion und Kälberaufzucht (Ojo de Liebre, San Ignacio, Bahía Magdalena) stattfinden.

Es wird von verschiedenen Autoren angenommen (u.a. Mizroch et al. 1984, Swartz 1986, Urbán R. et al. 2003), dass sich der Hauptanteil der Grauwale während der Wintersaison vor den Lagunen entlang der Pazifikküste der Baja California aufhält, wobei viele der einzelnen Tiere vermutlich für die Fortpflanzung zwischen den Lagunen hin- und herschwimmen. Die genaue Anzahl von Walen, die sich außerhalb der Lagunen aufhält, ist aber nicht bekannt. Die Gesamtpopulation der ostpazifischen Grauwale wurde auf 26.635 Tiere (Konfidenzintervall 95 % = 21.878 – 32.427) bestimmt, basierend auf Zählungen vor der kalifornischen Küste während der Migration nach Süden (Rugh et al. 1999). Zählungen in den wichtigsten Lagunen für die Grauwale an der Pazifikküste der Baja California und entlang der Küstenlinie ergaben beispielsweise für die Wintersaison 1997, ein Jahr ohne Temperaturanomalie, eine gerundete Anzahl von 1.500 adulten Grauwalen, wenn die hier erhobenen Daten der Abundanz in Lagune San Ignacio zum Zeitpunkt des maximalen Vorkommens mit denen der anderer Autoren in Lagune Ojo de Liebre und Bahía Magdalena (Gardner & Chavez-Rosales 2000, Le Boeuf et al. 2000, Pérez-Cortez et al. 2000) summiert werden. Das bedeutet, dass ca. 6 % der Population, die in die Wintergründe migrieren, sich in den Lagunen aufhalten. Die hier rechnerisch ermittelten Werte der Grauwale, welche die Lagune in einer Saison aufsuchen, bestätigen diese enorm hohe Fluktuationsrate, die insbesondere bei den Einzeltieren existiert. Das wird auch durch die Ergebnisse der Wanderungen der Grauwalkühe mit Kälbern in dieser Studie (siehe Abschnitt 4.2.1) und durch telemetrische Untersuchungen an Einzeltieren mit Satellitensendern (Mate et al. 2003) deutlich. Nur parallele Untersuchungen in und vor den Lagunen, eine größere Entfernung von der Küste mit einbeziehend, können einen detaillierten Einblick in die Winterverbreitung der Grauwale geben.

#### 5.4.6 Der El Niño 1997/98 und La Niña 1998/99

El Niño Ereignisse können die Abundanz und Verbreitung von verschiedenen Tierarten stark beeinflussen (Arntz & Fahrbach 1991). Normalerweise sind marine Säuger vom El Niño Phänomen betroffen, da damit eine Veränderung der zur Verfügung stehenden Nahrungsressourcen verbunden ist (Arntz & Tarazona 1990, Arntz & Fahrbach 1991). Der bisher stärkste El Niño im 20. Jahrhundert 1982/83 hatte große Auswirkungen auf die Meeressäugerarten an der peruanischen Küste, dabei veränderte sich die Verbreitung und erhöhte sich die Mortalität der dort vorkommenden Robbenarten (Arntz & Fahrbach 1991). In Mexiko erhöhte sich die Abundanz von Finnwalen (*Balaenoptera physalus*) und Brydeswalen (*Balaenoptera edeni*) im Canal de Ballenas, Golf von Kalifornien, während des El Niño 1983 (Tershy et al. 1991). In der Lagune San Ignacio wurde

zwischen 1982 und 1985 eine Abnahme der Mutter-Kalb Paare von 28 % beobachtet (Jones et al. 1994), in den dazwischen liegenden Jahren wurden keine Daten erhoben. Fleischer & Contreras Urruchua (1986) beobachteten während des EL Niño Ereignisses 1983 im südlichsten Reproduktionsgebiet der Baja California, der Bahía Magdalena, eine drastische Abnahme der Anzahl der Grauwale zu Vorjahren.

Der ENSO (El Niño Southern Oscillation) 1997/98 war einer der stärksten des 20. Jahrhunderts, die Anomalien erreichten ähnliche Werte wie bei dem bisher intensivsten ENSO 1982/83 (Wolter & Timlin 1998, McPhaden 1999). Die Veränderung der Meeresoberflächentemperatur (SST) war auch in der Baja California deutlich sichtbar (Abb. 70). Die Winterzeiträume 1996 und 1997 waren Jahre mit normalen SST-Werten (NOAA-CIRES) (Abb. 70). Im Jahr 1998 waren die SST-Werte im Februar etwa 3-4° C höher als im Vorjahr (NOAA-CIRES) (Abb. 70). Gleichzeitig wurde in dieser Wintersaison eine deutlich geringere Anzahl von Mutter-Kalb Paaren in der Lagune beobachtet. Im Folgejahr, während der La Niña 1999 (McPhaden 1999), lagen die SST-Werte im Februar etwa 2°C unter den Normalwerten von 1996 und 1997 (Abb. 70). Die Anzahl der Grauwale in Lagune San Ignacio war wieder deutlich niedriger als in einem „normalen“ Jahr wie beispielsweise 1997, in dem keine SST-Anomalie beobachtet wurde und welches den ermittelten Abundanzen zwischen 1978 und 1982 (Jones & Swartz 1984) am nächsten kam. Insbesondere die Mutter-Kalb Paare waren 1999 die offensichtlich am stärksten beeinflusste Gruppe. Vermutlich sind die neugeborenen Kälber besonders sensibel gegenüber den Temperaturschwankungen, und die Mütter bevorzugen nördlichere Aufzuchtgebiete mit niedrigeren Wassertemperaturen während des El Niños und dementsprechend südlichere Gebiete mit höheren Wassertemperaturen während der La Niña Phase (Le Boeuf et al. 2000).

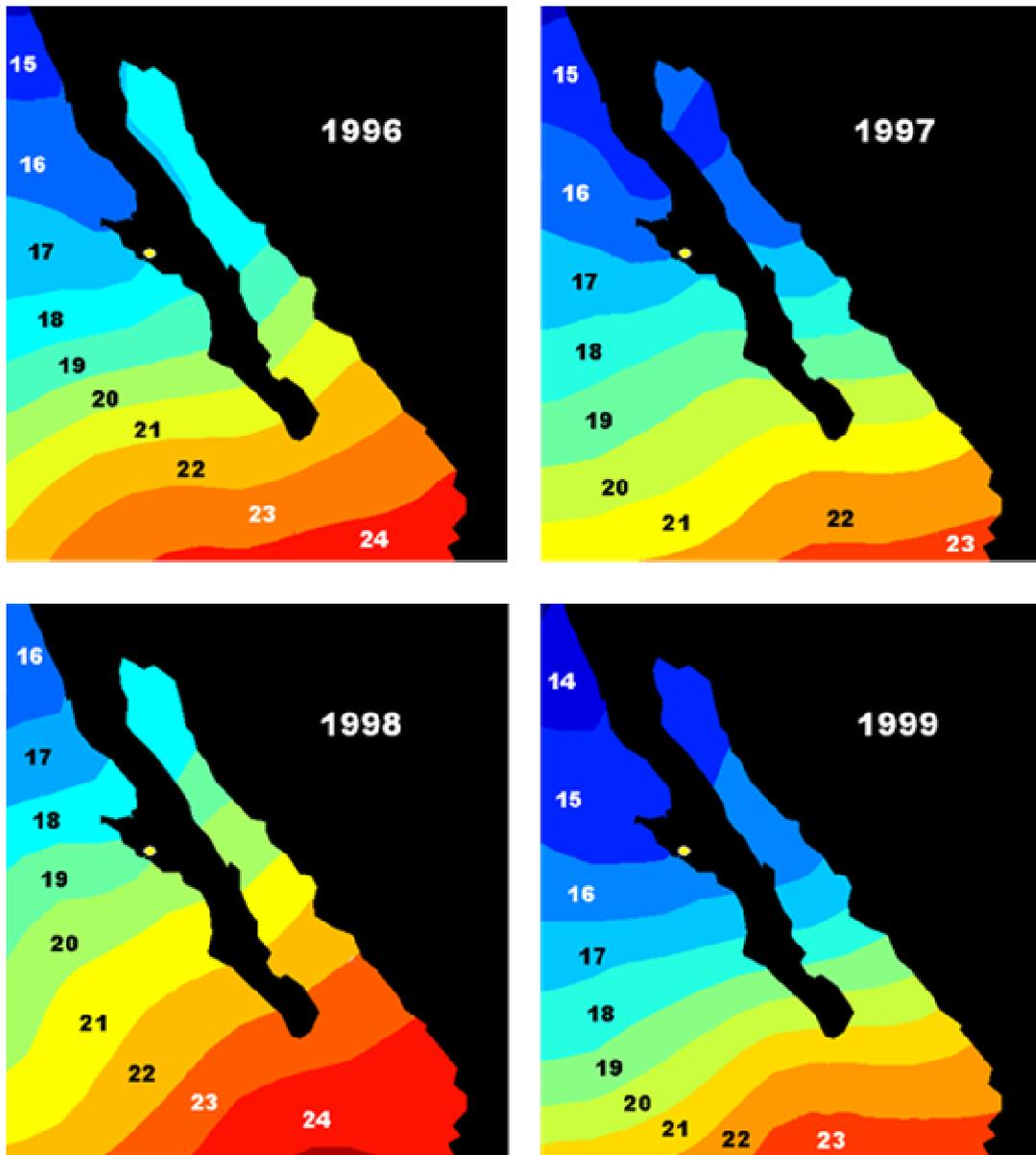


Abb. 70. Meeresoberflächentemperatur in der Baja California im Februar, während eines normalen Verlaufs 1996 und 1997 (16-17 °C) und während des EL Niño 1998 (19 °C) und der darauf folgenden La Niña 1999 (15-16 °C; Reynolds SST, aus NOAA-CIRES Climate Diagnostic Center <http://www.cdc.noaa.gov>).

Während des wärmeren El Niño Jahrs 1998 wurden im Vergleich zum La Niña Jahr 1999 weniger Grauwale im südlichen Reproduktionsgebiet der Bahía Magdalena beobachtet (Gardner & Chavez-Rosales 2000, Le Boeuf et al. 2000) (Abb. 71). Diese Veränderung des Vorkommens war antizyklisch zu den Beobachtungen in den Lagunen San Ignacio und Ojo de Liebre. Dort wurden im El Niño Jahr mehr Wale registriert als während des darauf folgenden La Niña Ereignisses 1999 (Le Boeuf et al. 2000, Urbán R. et al. 2003) (Abb. 71). Insbesondere in Ojo de Liebre war die Abnahme in dem kühleren

La Niña Jahr deutlich, die Anzahl der Wale halbierte sich nahezu von 931 Adulten 1998 auf 537 adulte Tiere 1999.

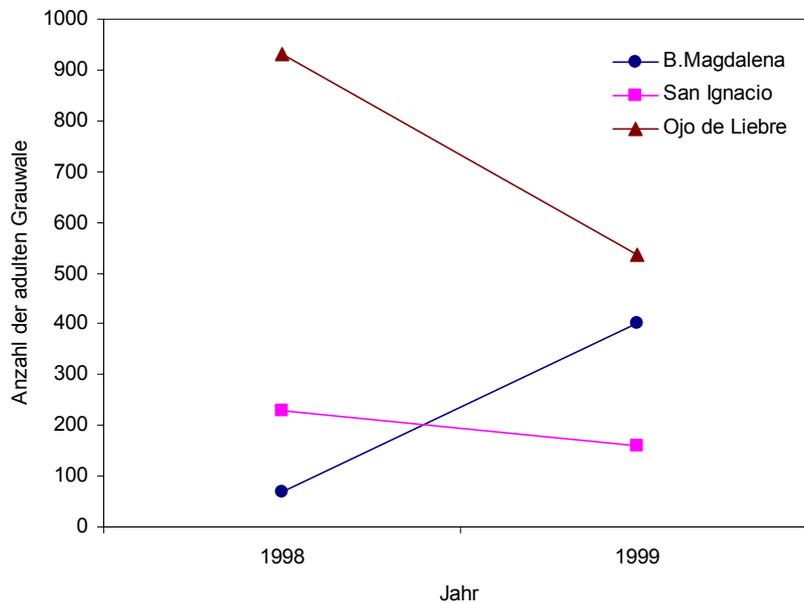


Abb. 71. Maximale saisonale Abundanz von Grauwalen im El Niño Jahr 1998 und im La Niña Jahr 1999 in Bahía Magdalena im Süden, und den Lagunen San Ignacio und Ojo de Liebre im Norden der Baja California Sur.

Nach den Ergebnissen dieser Studie in Laguna Ignacio und in den anderen Lagunen und Reproduktionsgebieten der Grauwale in der Baja California (Gardner & Chavez-Rosales 2000, Le Boeuf et al. 2000, Pérez-Cortez et al. 2000, Sanchez-Pacheco et al. 2001, Urbán R. et al. 2003a, Urbán R. et al. 2003) verschiebt sich deren Verbreitung bei höheren SST-Werten mehr nach Norden, und bei niedrigen SST-Werten mehr nach Süden. Im Jahr 1999 (vgl. Abb. 71) befanden sich beispielsweise noch viele Wale entlang der Migrationsroute in die nördlichen Sommergründe, wo in anderen Jahren die Migration schon beendet war (Le Boeuf et al. 2000).

### 5.4.7 Die hohe Mortalität 1999 und 2000 - Sind Grauwale K-Strategen?

#### *Mortalität der Kälber*

Jones & Swartz (1984) ermittelten zwischen 1978 und 1982 eine mittlere Kälbermortalitätsrate von 3,5 %, mit einer Spanne von 2,8 % in der Saison 1980 und 5,8 % im Winterzeitraum 1978. Dabei betragen die absoluten Zahlen der Kälber-Totfunde zwischen vier und sechs Individuen. Zwischen 1996 und 1998 wurde eine vergleichbare Totfunderate von Kälbern bestimmt, nur 1999 war sie höher. Das lag aber an der geringen Anzahl von anwesenden Mutter-Kalb Paaren in dem La Niña Jahr. Die absoluten Zahlen der Kälber-Totfunde änderten sich jedoch nur geringfügig. Die Variation von zwei (1999) bis sechs (1997) toten Kälbern pro Saison in der Lagune entspricht der von Jones und Swartz (1984) beobachteten Anzahl toter Kälber. Im Jahr 2000 wurde überhaupt kein totes Kalb gefunden, im Gegensatz zu den Adulten (siehe unten). Die Mortalität von Kälbern hat sich demzufolge im Vergleich zum vorigen Jahrzehnt nicht verändert.

#### *Mortalität der Adulten*

Ab 1999 stieg die Anzahl toter adulter Grauwale in Lagune San Ignacio an. Insgesamt wurden in den Reproduktionsgebieten der Baja California deutlich mehr Totfunde in der Wintersaison 1999 verzeichnet, insgesamt 120 Wale und davon nur 9 Kälber (Le Boeuf et al. 2000) (Tab. 19). Von den Adulten, bei denen eine Geschlechtsbestimmung möglich war, waren im Gegensatz zu San Ignacio 78 % weibliche Tiere (Le Boeuf et al. 2000). Die meisten Totfunde wurden in den Lagunen gefunden, die von der größten Anzahl von Grauwalen aufgesucht werden, insbesondere in Lagune Ojo de Liebre (Le Boeuf et al. 2000).

Tab. 19. Totfunde von Grauwalen entlang der Küste und in den Lagunen der Baja California, Mexiko, in den Jahren 1999 und 2000 (aus Le Boeuf et al. 2000, Urbán et al. 2003b). Die Daten sind dargestellt nach 1) Alterszusammensetzung und 2) Geschlecht.

Jahr	Alterszusammensetzung				Geschlecht			Summe	
	Adulte	Juvenile	Kälber	Unbekannt	Männchen	Weibchen	Unbekannt		
<b>1999</b>	Anzahl	27	17	9	67	12	43	65	<b>120</b>
	%	22,5	14,3	7,5	55,8	10	35,8	54,2	-
<b>2000</b>	Anzahl	128	8	26	45	78	39	90	<b>207</b>
	%	61,8	3,9	12,6	21,7	37,7	18,8	43,5	-

In der Wintersaison 2000 stieg dann die Mortalität von Adulten sprunghaft auf ein Maximum von 34 adulten Walen im Lagunengebiet, von denen 27 adulte männliche Tiere waren. Auch in anderen Reproduktionsgebieten der mexikanischen Gewässer sowie entlang der Migrationsroute der Grauwale wurde eine hohe Anzahl von Totfunden registriert, allein entlang der mexikanischen Küste waren es 207 Wale, davon waren bei den nach Altersklasse bestimmbareren Tieren 62 % Adulte (Le Boeuf et al. 2000) (Tab. 19). In demselben Gebiet der Küste der Baja California, in dem das Totfundmonitoring 1999 stattfand, wurden demnach nach dem bisherigen Rekordjahr 1999 in der Saison 2000 noch einmal 83 % mehr tote Wale gesichtet (Le Boeuf et al. 2000). Im Gegensatz zu 1999 waren 67 % der adulten Totfunde männliche Tiere (Le Boeuf et al. 2000).

Sowohl in der Saison 1999 als auch 2000 wurden einige abgemagerte adulte Grauwale ohne Kälber beobachtet, die versuchten in der Lagune San Ignacio Nahrung aufzunehmen, ein Verhalten, welches in den Vorjahren nicht registriert wurde. Die Tauchdaten der 1999 mit Fahrtenschreibern ausgerüsteten Muttertiere zeigten aber keine längeren Seitenlagen, die möglicherweise auf Nahrungsaufnahme schließen lassen, auch bei der direkten visuellen Beobachtung während der gesamten Besunderungszeit wurde kein Fressverhalten bei diesen Tieren protokolliert. Bei diesen Muttertieren wurden auch keine äußerlichen Anzeichen einer Abmagerung wie z.B. die sichtbare Bewegung der Schulterblätter unter der Haut beobachtet (Moore et al. 2001).

Fressende Grauwale wurden 1999 in der Bahía de los Angeles des Golfs von Kalifornien gesichtet, auf der Seite der Region Baja California (Sanchez-Pacheco et al. 2001). An der Westküste der USA wurden im Jahr 1999 auffällig abgemagerte Grauwale gesichtet (Moore et al. 2001). Perryman (2002) fand anhand von Luftaufnahmen von Grauwalen während der Migration nach Süden heraus, dass die Tiere 1999 dünner waren als 1997 und 1998.

Nahrungsaufnahme ist eine für die Wintergründe relativ seltene Beobachtung, da die Tiere in der Regel dort kaum Nahrung aufnehmen (Jones & Swartz 2002). Die Grauwale sind dazu in der Lage, weil sie normalerweise mit einem ausreichenden Fettvorrat für die Fastenzeit in den Fortpflanzungs- und Aufzuchtgebieten eintreffen (Berta & Sumich 1999). Wie oben beschrieben wurden abgemagerte Adulte, die keine Kälber hatten, beobachtet. Das weist darauf hin, dass sie nicht in einem optimalen Ernährungszustand waren. Kühling (2000) stellte in der Saison 2000 mit Ultraschallmessungen an adulten lebenden und toten Tieren fest, dass sich deren Speckdicken im Vergleich zu Angaben früherer Jahre (1959-1969 und 1981) verringert hatten. Der Autor konnte keine signifikanten Unterschiede zwischen den lebenden Adulten (4 Einzeltiere und 3 Muttertiere) und toten Walen (6 Männchen und 3 Weibchen) feststellen. Aber die männlichen Tiere

hatten eine verhältnismäßig dünne Speckschicht ( $8,7 \pm 0,8$  cm) im Vergleich zu den von Rice & Wolman (1971) ermittelten Fettschichtdicken von  $13,2 \pm 0,02$  cm (Kühling 2000). Die möglichen Ursachen für die relativ hohe Anzahl von Walen mit Anzeichen von Unterernährung 1999 und 2000 entlang der Migrationsroute von Alaska bis Mexiko (vgl. Moore et al. 2001) werden im Folgenden erörtert.

#### *Änderung des Ökosystems der Beringsee und der Nahrungsressourcen in den letzten Jahrzehnten*

Während der letzten drei Jahrzehnte wurden drastische Abnahmen der Populationen von marinen Säugetieren, Seevögeln und Fischen im Nordpazifik beobachtet (Le Boeuf et al. 2000). Tynan & DeMaster (1997) fanden bei ihrer Untersuchung der potentiellen Effekte der Klimaveränderung in der Arktis auf Meeressäuger heraus, dass auch Grauwale davon betroffen sind. Die Zusammensetzung der Tiere im Ökosystem der Beringsee ändert sich, zum Beispiel wird die Zusammensetzung der Fischarten von den Dorschartigen dominiert (Francis et al. 1996). Schell (2000) zeigte Beweise auf, dass es in der Bering- und Chuckchisee seit 1966 einen Rückgang der Primärproduktion von etwa 30 % gab. Die Primärproduktion bestimmt das obere Limit für alle höheren trophischen Ebenen, insbesondere auch für die benthischen Amphipoden (Grebmeier et al. 1988). Die benthische Amphipodenbiomasse ist beispielsweise im Chirikov-Becken der Beringsee von 1986 bis 1988 um etwa 30 % gesunken (Highsmith & Coyle 1992). Diese ist aber zu ungefähr 90 % die Nahrungsressource der Grauwale (Jones & Swartz 2002). Es wird angenommen, dass die Tragkapazität K („Carrying Capacity“, Definition siehe Abschnitt 3.8) des Ökosystems der Bering- und Chuckchisee in den letzten 30 Jahren um etwa 30 % abgenommen hat (Springer 2000). Le Boeuf (2000) und Moore et al. (2003) vermuten daher eine Beeinträchtigung des Ernährungszustandes der Grauwale durch die Reduzierung der Nahrungsressourcen in den Sommergründen in den letzten Jahren. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich diese schon länger anhaltende Veränderung in den Sommernahrungsgründen auch in der erhöhten Mortalität der Grauwale 1999 und 2000 in Lagune San Ignacio und insgesamt in der Baja California widerspiegelt, das wird vor allem durch die hohe Totfundrate adulter Tiere deutlich. Viele der toten Adulten in den Lagunen als auch entlang der Migrationsroute waren im „besten“ Alter für Reproduktion und Kälberaufzucht (Moore et al. 2001). Krahn et al. (2001) fanden heraus, dass sich die Zusammensetzung der Lipide gesunder Grauwale von der 1999 vor der Westküste der USA gestrandeter Tiere signifikant unterschied, was auf einen schlechteren Ernährungszustand hinwies.

Letzte Zählungen in der Baja California in den Jahren 2001 und 2002 in den Lagunen Ojo de Liebre, San Ignacio und Bahía Magdalena wiesen wieder Anstiege der dort saisonal vorkommenden Grauwale auf (Urbán R. et al. 2003). Die Bestände erholten sich im Vergleich zu den Vorkommen von 1999 (vgl. Abb. 69 und Abb. 71) und 2000. In

Ojo de Liebre wurden 2002 wieder 475 Mutter-Kalb Paare und 248 Einzeltiere gezählt, in San Ignacio waren es 43 Mutter-Kalb Paare und 170 Einzeltiere, und in Bahía Magdalena wurden 101 Mutter-Kalb Paare und 201 einzelne Tiere registriert (Urbán R. et al. 2003). Die Zahlen sprechen dafür, dass es sich zumindest im Überwinterungsgebiet um natürliche Schwankungen handelt, die durch den ENSO verstärkt wurden und sich danach wieder auf eine normale Variation eingependelt haben.

#### *Erhöhte SST-Werte in den Nahrungsgründen in Verbindung mit dem ENSO 1997-1999*

Wie in Abschnitt 5.4.6 ausführlich dargelegt, bewirkte der ENSO Zyklus in den mexikanischen Wintergründen eine deutliche Veränderung der Winterverbreitung. Im Chirikov-Becken der Beringsee, einem der Hauptnahrungsgründe der Grauwale, wurde im Sommer 1997 und 1998 ebenfalls eine erhöhte Meeresoberflächentemperatur beobachtet, aber dieser Trend der Erwärmung begann schon Anfang der neunziger Jahre (Le Boeuf et al. 2000). Der ENSO 1997-98 war möglicherweise ein Auslöser für die erhöhte Mortalität 1999 und 2000 (Le Boeuf et al. 2000). Die erhöhten SST-Werte beeinträchtigen die Ernährung der Grauwale indirekt, weil dadurch die Amphipodenbiomasse abnimmt (Highsmith & Coyle 1992, Coyle & Highsmith 1994). Dadurch wurde die Nahrungsgrundlage der Wale weiter reduziert, worauf die Grauwale offensichtlich mit einer Ausdehnung ihrer Nahrungsgebiete reagierten (Moore et al. 2003). Aber wie auch in Lagune San Ignacio beobachtet wurde, zeigten auch in anderen Gebieten entlang der Migrationsroute und in anderen Lagunen der mexikanischen Gewässer (Le Boeuf et al. 2000, Moore et al. 2001) adulte Tiere gehäuft klare Anzeichen von Unterernährung. Daher ist sicher neben dem Langzeiteffekt der Verringerung der Nahrungsressourcen in den Sommergründen der ENSO Zyklus ein Auslöser für die hohe Mortalität gewesen. Die Nahrungsgrundlage war noch drastischer reduziert (Grebmeier & Dunton 2000), und viele Wale konnten aufgrund der geringen Fettreserven die normale Fastenzeit während der Reproduktionsphase und die energieaufwendige Migration nicht überleben.

#### *Die Population nähert sich ihrer Tragkapazität $K$ an*

Eine weitere mögliche Erklärung für die erhöhte Mortalitätsrate 1999 und 2000 ist, dass die ostpazifische Population der Grauwale ihre maximal mögliche Tragkapazität  $K$  („Carrying Capacity“) nahezu erreicht hat, wie Moore et al. (2001) vermuteten. Modellrechnungen von Wade (2002), basierend auf Abundanz- und Walfangdaten seit 1966/67 ergaben, dass die Tragkapazität  $K$  theoretisch einen Wert zwischen 24.640 und 31.840 Grauwalen erreicht. Während der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wuchs die Population etwa 3 % pro Jahr und die errechnete Populationsgröße betrug 26.635 (95 % Konfidenzintervall = 21.878 - 32.427), basierend auf Daten der Migration nach Süden im Zeitraum 1997-1999 (Rugh et al. 1999). Demnach müsste nach den Modellrechnungen von Wade (2002) die Population bei Erreichen der Tragkapazität um etwa 1.000 Indivi-

den jährlich abnehmen, sichtbar durch erhöhte Mortalität und geringere Geburtenrate. Es ist noch unklar, warum 1999 und 2000 so viele Adulte verendeten (Moore et al. 2001, Urbán R. et al. 2003), weil normalerweise zuerst die ältesten und jüngsten Tiere in der Population betroffen sein müssten (Eberhardt & Siniff 1977). Grauwale sind außerdem durch ihre einzigartige Nahrungsaufnahme, dem Durchsieben des Meeresbodens nach Amphipodenarten und anderen Tierarten des Benthos ideal angepasst und auch sehr opportunistisch in ihrer Ernährungsweise (Nerini 1984, Oliver & Slattery 1985). Damit ist sicher auch die erfolgreiche Erholung des Bestandes nach Ende des kommerziellen Walfangs auf die jetzige Populationsgröße zu erklären, die einzigartig bei den Bartenwalen ist. Der Trend der Population in den Nahrungs- und Überwintungsgebieten im nächsten Jahrzehnt wird Aufschluss darüber geben, ob sich die Art tatsächlich dem Limit der tragbaren Bestandsgröße annähert.



## 6 Abschließende Bemerkungen und Ausblick

Die vorliegende Studie konnte mit dazu beitragen, die Habitatnutzung durch Grauwale in der Lagune San Ignacio detailliert darzustellen. Durch die gewonnenen Erkenntnisse konnten Empfehlungen im Hinblick auf die geplante industrielle Entwicklung im Gebiet ausgesprochen werden, wo die Errichtung der zweitgrößten Salzgewinnungsanlage weltweit mit einer jährlichen Produktion von 7 Millionen Tonnen Salz geplant war (Dedina 2000). Die Arbeit konnte insbesondere zeigen, dass (1) bei Grauwalkühen mit Kälbern das inaktive, ruhende Verhalten während der Aufenthaltszeit im Aufzuchtgebiet ein wichtiger Bestandteil während der Kälberaufzucht ist, dass (2) die Muttertiere mit Kälbern auch sehr häufig den Mündungsbereich und die vorgelagerte Bahía Ballenas aufsuchen, dass (3) die Fluktuation von Individuen im Lagunengebiet sehr hoch ist, insbesondere die der Einzeltiere und (4) dass das saisonale Vorkommen der Teilpopulation in Lagune San Ignacio abhängig von den vorherrschenden Klimaveränderungen (ENSO) variiert und sich nach extremeren Verhältnissen wieder einpendelt.

Die gewonnenen Daten der Wanderbewegungen der Grauwalmütter mit Kälbern, die als am sensibelsten gegenüber möglichen Veränderungen ihres Aufzuchtgebiets einzuschätzen sind (Jones & Swartz 1984, Ludwig 1996, Urbán 1997), konnten eindeutig zeigen, wie wichtig auch das der Lagune vorgelagerte Gebiet der Bahía Ballenas für die Wale ist. Die erstmalig erhobenen Daten des Unterwasserverhaltens mit modernen Freilandmethoden konnten belegen, wie wichtig das Areal als Ruhezone für Grauwalkühe mit Kälbern ist. Die Daten flossen in verschiedene wissenschaftliche Studien für das mexikanische Umweltministerium SEMARNAP ein (u.a. Urbán et al. 1999, 2000a) und halfen bei der Entscheidungsfindung zur geplanten industriellen Entwicklung in der Lagune, die Teil des geschützten Biosphärenreservates El Vizcaíno ist (INE 2000).

Die Pläne zur Errichtung der Salzgewinnungsanlage der ESSA wurden noch während der Forschungsarbeiten im Jahr 2000 von der mexikanischen Regierung verworfen, u.a. aufgrund der dort durchgeführten Studien an Grauwalen. Es gab Einvernehmen darüber, dass die Lagune ein besonders wichtiges Habitat für diese Art ist und auch für viele andere marine und terrestrische zum Teil geschützte Tier- und Pflanzenarten ist (INE 2000). Das Risiko einer potentiell negativen Beeinträchtigung des Ökosystems wurde in Abwägung zu dem Fortschritt für die regionale Bevölkerung durch die damit verbundene Entwicklung als zu groß eingestuft (Dedina 2000). Für die Grauwale wurden insbesondere der geplante Bau eines 2 km langen Piers für die Salzverschiffung vor dem

Mündungsbereich der Lagune in Bahía Ballenas und der damit verbundene Schiffsverkehr als potentiell negative Beeinträchtigung für die Grauwale angesehen. Da die Wale nahe der Küste wandern, wäre dies möglicherweise eine Barriere für die Tiere gewesen, die durch den nördlichen Kanal in die Lagune hineinschwimmen. Außerdem wurde vermutet, dass es während der Bauphase der Salzgewinnungsanlage eine ähnliche Abnahme des Vorkommens der Wale in der Lagune gibt wie in den 1960er Jahren in Guerrero Negro bei Errichtung der ersten Anlage (Gard 1974).

Seitdem das Projekt der Salzgewinnungsanlage verworfen wurde, gib es bereits neue Pläne bzw. bereits begonnene Projekte zur Entwicklung der Infrastruktur und industrieller Anlagen in der Baja California.

#### *Escalera Náutica (Nautische Treppe)*

Das mexikanische Regierungsbüro für Tourismus hat die Entwicklung eines groß angelegten Projektes begonnen, welches ca. 4.500 km mexikanischer Küstenlinie entlang der Baja California und des Festlands betrifft (Urbán et al 2003). Es beinhaltet u.a. den Bau von zahlreichen Häfen und Hotels entlang der Baja California für die geschätzten 1,6 Millionen Touristenboote aus den USA, die das neue Netzwerk der Häfen an den verschiedenen Orten nutzen sollen. Der Plan beinhaltet auch den Bau eines Hafens in Punta Abreojos, nahe der Bahía Ballenas. Laut Urbán et al. (2003) stellt dieses Großprojekt eine potentielle Gefahr für die Grauwale und andere Meeressäugerarten in der Region dar durch (1) zunehmende Whalewatching-Aktivitäten in der Region, (2) zunehmenden Lärmpegel durch Boote und damit zunehmende Maskierung der Laute von Grauwalen (vgl. Jones & Swartz 2002) und (3) Verschmutzung durch Boote, Treibstoffdepots, Hafenanlagen und Hotels.

#### *LNG (Liquid Natural Gas)*

Ein Konsortium aus fünf verschiedenen Konzernen plant den Bau einer Gasleitung entlang der nördlichen Baja California (Urbán et al 2003). Die Firma Sempra Energy plant im Rahmen dieses Gesamtvorhabens den Bau eines Schiffspiers zur Verschiffung des verflüssigten Gases. Das Projekt soll in Punta Salsipuedes realisiert werden, wo insbesondere Grauwalmütter mit Kälbern sehr nahe entlang der Küste entlang wandern. Dies könnte eine potentielle Beeinträchtigung für die Wale bedeuten (Urbán et al 2003).

Neben den oben genannten geplanten und schon begonnenen Eingriffen können auch die Fischerei und der Whalewatching-Tourismus in der Lagune eine Beeinträchtigung der Wale in ihrem Habitat bedeuten. Die kommerzielle Fischerei ist in der Lagune zur Zeit des Walvorkommens untersagt (Dedina 2000, INE 2000). Auch die Anzahl der

---

Whalewatching-Boote ist festgelegt und die Regeln für die Beobachtung der Tiere vorgeschrieben (INE 2000). Bisläng konnten keine nachhaltigen Auswirkungen auf das Verhalten der Grauwale in Lagune San Ignacio festgestellt werden (u.a. Reussmann 1999, Urbán & Gomez-Gallardo 2000). Aber es wurde auch schon ein signifikant negativer Einfluss von Touristenbooten auf die Grauwale in einer nördlicher gelegenen Lagune der Baja California festgestellt (Heckel et al. 2001).

Für den zukünftigen Schutz der saisonal in Lagune San Ignacio vorkommenden Grauwale ist es wichtig, den an die Lagune angrenzenden Bereich der Bahía Ballenas in den Managementplan des Reproduktionsgebiets mit einzuschließen. Die vorliegende Studie hat gezeigt, wie wichtig das Areal auch für Mutter-Kalb Paare ist und konnte durch die gewonnenen Ergebnisse zu einem relevanten Schutzkonzept beitragen.

Ein langfristiges Monitoring in der Lagune ist notwendig, um den Trend dieser Teilpopulation in diesem wichtigen Reproduktionsgebiet verfolgen und beurteilen zu können. Es ist zukünftig wichtig herauszufinden, ob es Unterschiede hinsichtlich der Energiereserven zwischen den Grauwalen gibt, die hauptsächlich in den Lagunen verweilen und dem Anteil, der sich außerhalb der Lagunen aufhält. Sind die Tiere vor den Lagunen eher in der Lage, im offenen Pazifik die Überwinterungszeit zu verbringen und dort genauso erfolgreich ihre Kälber aufzuziehen? Der Hauptanteil der Kälber wird nicht in den Lagunen geboren. Etwa 26.000 Grauwale umfasst die Kalifornische Population. Davon werden aber nur ca. 1.500 Wale jährlich in den Lagunen und deren Mündungsbereichen gezählt. Wo hält sich der Rest der Tiere bevorzugt auf? Gibt es mittlerweile wieder die Nutzung von Gebieten, die vor dem Walfang von Grauwalen Teil der Fortpflanzungs- und Aufzuchtgebiete waren, und jetzt wiederbesiedelt werden? Es sind noch viele Fragen offen, wie und wo der Hauptanteil der Kalifornischen Grauwale die Wintergründe außerhalb der Lagunen nutzt.



## 7 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Tauchverhalten, Wanderungen und die Habitatnutzung von Grauwalen in der Lagune San Ignacio zu untersuchen, einem der wichtigsten Fortpflanzungs- und Aufzuchtgebiete in den mexikanischen Wintergründen. Im Vordergrund stand, die potentiellen Auswirkungen von Industrieansiedlungen im Reproduktionsgebiet jetzt und in Zukunft besser einschätzen zu können. Es sollten neue Erkenntnisse über die mögliche Beeinträchtigung des Habitats der Grauwale durch die geplante Errichtung einer Salzgewinnungsanlage gewonnen werden. Es galt anhand der Wanderbewegungen die für die Grauwale wichtigen Zonen im Lagunenareal mit telemetrischen Methoden herauszufinden und einzuschätzen, inwieweit auch angrenzende Ozeanbereiche neben der Fortpflanzung auch als Teil des Aufzuchtgebiets wichtig sind. Der Fokus lag auf den Mutter-Kalb Paaren, die als besonders sensibel gegenüber möglichen Veränderungen einzuschätzen sind. Es wurde das saisonale Vorkommen der Wale mit Zählungen in den fünf Jahren (1996-2000) ermittelt und auf mögliche Veränderungen überprüft, ebenso wie die Totfunde. Die erhobenen Daten wurden für die Einschätzung des Trends der Teilpopulation mit einer Studie der Jahre 1978-1982 verglichen. Aus aktuellem Anlass wurden die Auswirkungen des ENSO-Zyklus 1997-1999 auf das Vorkommen der Wale betrachtet. Mit Hilfe der Methode der Fotoidentifikation wurden Aufenthaltsdauer, Geburtenintervalle und Gebietstreue bestimmt. Bisher völlig unerforschte Aspekte wie das Unterwasserverhalten von Grauwalen in ihrem Winterverbreitungsgebiet wurden mit modernen Freilandmethoden untersucht, um mögliche Anpassungen an das Aufzuchtgebiet zu bestimmen und im Hinblick auf zukünftigen Schutz und Management verwenden zu können.

Mit Hilfe des Einsatzes von Fahrtenschreibern wurden 1999 und 2001 Tauchprofile von 17 Muttertieren analysiert. Es wurden V- und U-förmige Tauchgänge beobachtet. Die Tiere zeigten Abfolgen von langen U-Tauchgängen und ausgedehnte Ruhephasen an der Oberfläche in ihrem Tauchmuster. Die Grauwalkühe tendierten zu Serien mit Tauchphasen relativ konstanter Dauer bei Tauchgängen  $> 60$  s. Im Mittel betrug die Tauchdauer bei Tauchgängen  $> 60$  s 169 s. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen 1999 und 2001 registriert. Die Bodenzeiten korrelierten deutlich mit der Dauer der Tauchphasen. Die Tiere atmeten mit einer durchschnittlichen Atemfrequenz von  $0,61$  Atemzügen  $\text{min}^{-1}$ . Der Anteil der Oberflächenzeit an der Gesamtauchzeit betrug 12 %. Tauchdauern korrelierten deutlicher mit darauf folgenden Atemzügen. Erstmals konnte die Tauchlage untersucht werden, bei der Seitenlagen der Tiere beobachtet wurden. Einige Muttertiere zeigten eine Präferenz für das seitliche Rollen des Körpers über

dieselbe Seite. Die in der Lagune beobachteten Verhaltenskategorien Ruhen und Wandern unterschieden sich nicht signifikant in der Tauchdauer, Bodenzeit und maximalen Tauchtiefe. Lange Ruhephasen nahe der Wasseroberfläche wurden bei zwei Muttertieren aufgezeichnet. Ruhen ist offensichtlich ein wichtiger Bestandteil des Tauch- und Oberflächenverhaltens von Mutter-Kalb Paaren in den Aufzuchtgebieten.

Für die Untersuchung der Wanderbewegung von Mutter-Kalb Paaren mit Hilfe der Radiotelemetrie wurden selbständig neue Sender und Befestigungsmethoden entwickelt. Insgesamt konnten bei 31 Besenderungen mit implantierbaren Kurzwellensendern von 22 Grauwalkühen mit Kälbern Wanderbewegungen verfolgt werden. Bei sechs Tieren war eine genaue Verfolgung der Wanderroute von bis zu maximal 8,4 Tagen möglich. Zwei im Februar besenderte Tiere hielten sich noch überwiegend nördlich von Punta Piedra auf, im März wanderten die Individuen weiter südwärts. Bei allen Mutter-Kalb Paaren wurde eine hohe Mobilität beobachtet, mit regelmäßigem Verlassen der Lagune in den angrenzenden Bereich der Bahía Ballenas. Die Wale wanderten deutlich häufiger nachts in südliche Richtung. Bei Flut wurde häufiger eine Schwimmrichtung gegen den Tidenstrom aufgezeichnet.

Die Dauer der Übertragung von Peilsignalen war insgesamt kürzer als erwartet. Dies zeigte sich auch beim Einsatz der Satellitensender, die trotz erfolgreicher Besenderung keine auswertbaren Daten lieferten. Wieder gefundene Sender lassen vermuten, dass die Geräte durch aktives Abscheuern am Meeresboden oder durch die häufigen Interaktionen von Mutter und Kalb nicht länger hielten.

Die Abundanz zwischen den Jahren 1996 und 2000 wies starke Schwankungen der Anzahl von Mutter-Kalb Paaren und Einzeltieren auf. Das höchste saisonale Abundanzmaximum wurde 1997 mit 253 Walen an einem Tag beobachtet. In den Jahren 1998-2000 war eine Abnahme des Vorkommens zu verzeichnen. Insbesondere die Anzahl der Mutter-Kalb Paare nahm signifikant ab, das niedrigste saisonale Maximum wurde im La Niña Jahr 1999 mit 45 Muttertieren mit Kälbern registriert. Der Einfluss des El Niño und der darauf folgenden La Niña hatte eine Abnahme der Mutter-Kalb Paare zur Folge.

Die Mortalitätsrate von Grauwalkälbern variierte zwischen 0 und sechs Totfunden pro Jahr. Die Anzahl adulter Totfunde stieg im Jahr 2000 sprunghaft auf 34 Individuen an.

Mit Hilfe der Fotoidentifikation konnten zwischen 1996 und 2000 insgesamt 975 Einzeltiere und 519 Muttertiere individuell unterschieden werden. Die Aufenthaltsdauer der Mutter-Kalb Paare war mit durchschnittlich 19,1 Tage (1996) bis 25,5 Tage (1999) etwa

---

dreimal länger als die von Einzeltieren. Einzelne Wale hielten sich im Mittel 2,6 Tage (1996) bis 6,8 Tage (2000) in der Lagune auf. Zwischen den Jahren gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Wiedersichtungsrate von Grauwalkühen mit Kälbern war in darauf folgenden Jahren gering, nur ein Tier wurde nach fünf Jahren wieder gesichtet. Kein Muttertier wurde in allen vier oder fünf Jahren gesichtet, 11 Individuen konnten in aufeinander folgenden Jahren beobachtet werden. Das sich daraus ergebende Geburtenintervall betrug zwischen 2 und 4 Jahren, durchschnittlich 2,5 Jahre. Im Vergleich zu 1978-1982 ist das Geburtenintervall länger geworden. Das Rückkehrintervall der Muttertiere in die Lagune lag zwischen 2 und 3 Jahren.

Die rechnerisch ermittelte Anzahl von Grauwalen betrug maximal 2.773 Einzeltiere und 530 Mutter-Kalb Paare. Die Daten zeigen eine hohe Fluktuation von Individuen in der Lagune.

Die Ergebnisse der Studie konnten einen wichtigen Beitrag für die Beurteilung des Einflusses der potentiellen Auswirkungen der geplanten Salzgewinnungsanlage liefern und flossen in zahlreiche Gutachten und Berichte, unter anderem für die mexikanische Regierung ein. Mit Hilfe des hier geleisteten Beitrags als Teil von vielen verschiedenen Forschungsprojekten der marinen und terrestrischen Fauna und Flora wurde letztendlich der Bau der Salzgewinnungsanlage in der Lagune San Ignacio abgewendet.



## 8 Summary

The objective of the present work was to study the diving behaviour, movements and habitat use of gray whales at Laguna San Ignacio, one of the most important breeding and nursery area in the Mexican wintering grounds. The primary goal was to improve the ability for evaluation of the potential effects of present and future industrial settlements on this breeding ground. In particular, new insights on possible detrimental effects on the whale's habitat because of the planned construction of a salt production facility were to be gained.

The task was to identify, by the use of telemetric methods, those areas in the lagoon which were most important for the gray whales, and to estimate the importance of neighbouring marine areas not only as breeding but also as part of the overall nursery grounds. The focus was on mother-calf pairs which are considered to be particularly sensitive to environmental changes. A seasonal timetable of lagoon occupation by whales was obtained by whale counts carried out over five years (1996-2000). The count of dead whales found in the lagoon was investigated similarly. The data were compared with a study from the years 1978-1982 to yields inside in the trends of whale abundance in the lagoon.

During the study period the 1997-98 El Niño event occurred which provided the opportunity investigate the influence of such an event on the abundance of the whales. By the use of the method of photographic identification the lengths of lagoon occupation, calving intervals and site fidelity were obtained. Up to now entirely unexplored aspects such as the underwater behaviour of gray whales in their wintering grounds were investigated with modern field-methods in order to detect possible adaptations of the whales to their breeding grounds and to employ these findings for future protection and management actions.

In 1999 and 2000 diving patterns of 17 gray whale mothers were analysed by the use of time-depth-recorders. V- and U-shaped dives were observed. The animals exhibited sequences of long U-dives and extended resting periods at the surface in their diving patterns. For dives longer than 60 seconds the gray whale cows showed a tendency for series of diving phases with relatively constant duration. On average diving time was 169 seconds for dives larger than 60 seconds. Significant differences between 1999 and

2000 were not noticed. The bottom time correlates well with the length of the dives. The animals breathed with an average frequency of 0.61 breaths per minute. The fraction of surface time to total diving time was 12 percent. Diving lengths correlated more clearly with subsequent respirations. For the first time it was possible to investigate the diving position for which lateral positions of the animals were observed. Several mother whales showed a preference for rolling their body towards the same side. The comparison of diving parameters (duration, bottom time, maximum dive depth) with the observed behaviour during periods of resting and travelling showed no significant differences. Long resting periods at the surface were recorded on two gray whale mothers. Resting appears to be an important part of the surface-dive characteristics of mother-calf pairs in the breeding grounds.

For the investigation of the movement patterns of mother-calf pairs by the use of radio telemetry new transmitters and methods for attaching these to the whales were developed. From 31 tagged gray whale mothers with calves movements of 22 animals could be obtained. For six animals exact tracking of the migration pattern was possible for up to 8.4 days. Two of the animals that were tagged in February stayed primarily north of Punta Piedra and moved further south in March. All mother-calf pairs exhibited a high degree of mobility such that they regularly left the lagoon towards the adjacent area of the Bahía Ballenas. The whales moved southward more frequently at night than during daytime. Recordings showed that during flood the direction of movement was often directed against the tidal current.

Overall the duration of transmission of radio signals was shorter than expected. This became evident during the use of the satellite transmitters which provided no analysable data despite being successfully attached to the whales. The discovery of several lost transmitters suggests that the systems were removed by active rubbing or by the frequent body contacts between mother and calf.

Between the years 1996 and 2000 the abundance exhibited strong variations in the number of mother-calf pairs and single animals. The largest seasonal abundance maximum was observed in 1997 with 253 whales on a single day. During the years 1998 to 2000 a decrease in the abundance was observed. Particularly the number of mother-calf pairs decreased significantly; during the La Niña year 1999 the lowest seasonal maximum with 45 mother-calf pairs was recorded. The influence of El Niño and the following La Niña caused a decline in the number of mother-calf pairs.

---

The mortality rate of gray whale calves varied between none and six found dead per year. The number of dead adult whales increased sharply to 34 individuals in 2000.

With the aid of photographic identification it was possible to identify between 1996 and 2000 a total of 975 single whales and 519 mothers with calves. The duration of stay of mother-calf pairs was with averages between 19.1 days (1996) and 25.5 days (1999) approximately three times long than that of single animals. Single whales stayed on average between 2.6 days (1996) and 6.8 days (2000) in the lagoon. There were no significant differences between the years. The resighting rate of gray whale cows with calves was small in subsequent years. No mother animal was seen again during all of the four or five years, whereas 11 single whales could be observed in subsequent years. The derived calving interval ranged between 2 and 4 years, with an average of 2.5 years. Compared to the period from 1978 to 1982 the calving interval had lengthened. The return rate of the mother animals varied between 2 and 3 years.

The mathematically determined number of gray whales reached maximum numbers of 2,773 single whales and 530 mother-calf pairs. The data showed large fluctuations of individuals in the lagoon.

The data obtained by this study provided an important contribution to the evaluation of the potential effects of the planned salt production facility. They were incorporated into numerous assessments and reports and also used by the Mexican government. With the contribution of this work as part of many research projects on the marine and terrestrial fauna and flora, the plans for the construction of the salt production were at the end abandoned.



## 9 Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei meiner lieben Frau bedanken, die mit mir so manche Stunde zusammen im Wind an der Peilantenne verbracht hat und mich stets in meiner Arbeit unterstützt hat. Es war eine schöne Zeit in Mexiko.

Greta & Frederik – Meine süßen Kinder, schön dass Ihr geboren seid!

Ich bedanke mich herzlich bei Prof. Dr. Culik für die umfangreiche wissenschaftliche Betreuung und Unterstützung bei dieser Arbeit. Er nahm sich stets Zeit meine Arbeit zu diskutieren, und gab mir neue und interessante Denkanstöße. Die gemeinsame Fahrt zur Lagune war schon ein Abenteuer, die „Von Wallaus“ haben wir sicher ans Ziel gebracht.

Mein Dank gilt Dr. Jorge Urbán Ramírez von der Universidad Autónoma de B.C.S., La Paz, der mich schon vor einigen Jahren herzlich in seiner Arbeitsgruppe aufnahm und mir die Möglichkeit gab, an so einem interessanten Projekt teilzuhaben. Jorge, gracias por tu ayuda y tu amistad, hubo un tiempo muy lindo en La Paz, lo disfrutamos mucho.

Die Arbeit hätte nicht ohne die vielen mitwirkenden Studenten vollbracht werden können, die mich während der Feldarbeit in der Lagune unterstützten. Ihre wertvolle Hilfe, ihr Enthusiasmus und Engagement haben viel zu dieser umfangreichen Datensammlung beigetragen. Herzlichen Dank an Ralf Urbatzka (Conejo), Volker Kühling (Coyote Man), Mathias Langer, Markus Reussmann, Tanja, Kirsten Martin und Peter Otzen.

Ich möchte mich auch bei den mexikanischen Studenten und Kollegen für die schöne gemeinsame Zeit im Camp und der Durchführung und Zusammenarbeit beider Projekte bedanken. Alejandro, gracias por tu apoyo y por los censos con tanto buen humor, nosotros fuimos los viejitos del campo con el máximo de temporadas en la laguna. Gracias a Miguel, Jorge, Juan Carlos, Luz María, Pablo, Clara y todos del grupo del laboratorio. Muchas veces acuerdo el tiempo con ustedes, casi regresé a Alemania como paseño Mexicano.

Logistisch und mit Speis und Trank wurden wir freundlicherweise von den Touristen-campbetreibern Ecoturismo Kuyima und Baja Discovery versorgt. Vielen Dank an Josele, María, Fito, Carlos Peggy und alle Pangeros von „Hijo de Scammon“, der die Grauwale in der Lagune nicht in Ruhe gelassen hat...

Ich möchte mich bei Dr. Jim Sumich für seine Beratung und Ideen zum Thema bedanken. Jim, you are a very good friend and you gave me a lot of motivation with all your knowledge about the gray whales. Thanks!

Das Projekt wurde von der Volkswagen-Stiftung, Hannover, finanziert. Für die Ermöglichung dieses Projektes und die stets freundliche Unterstützung möchte ich mich herzlich bedanken.

Der Deutsche Akademische Austauschdienst finanzierte meinen Auslandsaufenthalt mit einem Stipendium und ermöglichte mir und meiner Frau den Aufenthalt in Mexiko. Es war stets eine sehr nette Betreuung aus Bonn, und auch vom Kooperationspartner aus Mexiko, der Secretaría de Relaciones Exteriores.

Volkswagen Mexiko stellte ein Fahrzeug für die Arbeit in der Lagune zur Verfügung und ermöglichte somit unsere Beweglichkeit in diesem weitläufigen Untersuchungsgebiet und gelegentliche Ausflüge in die Zivilisation.

Ich danke den am Bau der Sender beteiligten Personen, insbesondere dem Werkstattteam des Instituts für Meereskunde, Kiel.

Allen Personen, die mir bei der Verwirklichung dieser Arbeit geholfen haben und die ich an dieser Stelle möglicherweise vergessen habe zu erwähnen, herzlichen Dank für die Unterstützung. Uwe, danke für die Gestaltung des Titelblatts.

Liebe Verwandtschaft und Freunde, nun muss ich bei Einladungen nicht mehr zu Hause bleiben, weil ich noch viel zu tun habe, was ich leider oft in letzter Zeit sagen musste.

Meinen Eltern gilt ganz besonderer Dank – ohne ihre Unterstützung hätte ich das alles gar nicht verwirklichen können. Sie haben mein Interesse an der Biologie geweckt.

## 10 Literatur

- ARGOS (1996) ARGOS user manual. CLS, Toulouse, France
- Arntz WE, Tarazona J (1990) Effect of El Niño 1982 on benthos, fish and fisheries off the South American Pacific coast. In: Glynn PW (Hrsg) Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño - Southern Oscillation. Elsevier, Amsterdam
- Arntz WE, Fahrbach E (1991) El Niño - Klimaexperiment der Natur. Birkhauser, Basel
- Baird RW, Abrams PA, Dill LM (1992) Possible indirect interactions between transient and resident killer whales: Implications for the evolution of foraging specializations in the genus *Orcinus*. *Oecologia* 89:125-132
- Baird RW (1994) Foraging behaviour and ecology of transient killer whales (*Orcinus orca*). Dissertation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia
- Baird RW, Ligon AD, Hooker SK, Gorgone AM (2001) Subsurface and night-time behaviour of pantropical spotted dolphins in Hawai'i. *Canadian Journal of Zoology* 79:988-996
- Baird RW, Borsani FJ, Hanson MB, Tyack PL (2002) Diving and night-time behavior of long-finned pilot whales in the Ligurian Sea. *Marine Ecology Progress Series* 237:301-305
- Baldrige A (1972) Killer whales attack and eat a gray whale. *Journal of Mammalogy* 53:898-900
- Begon M (1979) Investigating animal abundance - Capture-recapture for biologists. Edward Arnold, London
- Begon M, Harper JM, Townsend CR (1990) Ecology - Individuals, populations and Communities. Blackwell Scientific Publications, Boston
- Berta A, Sumich JL (1999) Marine mammals - Evolutionary biology. Academic Press, San Diego, CA
- Bigg MA, Ellis GM, Balcomb KC (1986) The photographic identification of individual cetaceans. *Whalewatcher* 20:10-12
- Blokhin SA (1984) Some aspects of reproduction in the California-Chukchi Sea stock of gray whales. Report of the International Whaling Commission 34:457-459
- Bostic DL (1975) A natural history guide to the Pacific coast of north central Baja California and adjacent islands. Biological Educational Expeditions, Vista, CA

- Boyd IL (1993) Selecting sampling frequency for measuring diving behavior. *Marine Mammal Science* 9:424-430
- Braham HW (1984) Distribution and migration of gray whales in Alaska. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press, Orlando, Florida
- Brownell RL, Weller DW (2001) Is the 'carrying capacity hypothesis' a plausible explanation for the 'skinny' gray whale phenomenon? Dok. SC/53/BRG20, IWC Scientific Committee Meeting, London, Juni 2001
- Bryant PJ, Lafferty CM, Lafferty SK (1984) Reoccupation of Laguna Guerrero Negro, Baja California, Mexico, by gray whales. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press, Orlando, Florida
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L (2001) *Introduction to distance sampling. Estimating abundance of biological populations*. Oxford University Press, Oxford
- Buckland ST, Breiwick JM (2002) Estimated trends in abundance of eastern Pacific gray whales from shore counts (1967/68 to 1995/96). *Journal of Cetacean Research and Management* 44:41-48
- Burns JM, Trumble SJ, Castellini MA, Testa JW (1998) The diet of Weddell seals in McMurdo Sound, Antarctica as determined from scat collections and stable isotope analysis. *Polar Biology* 19:272-282
- Calambokidis J, Evenson JR, Steiger GH, Jeffries SJ (1994) *Gray whales of Washington State: Natural history and photographic catalog*. Cascadia Research Collective, Olympia, Washington
- CICESE (2000) *Predicciones de marea*. Departamento de Oceanografía Física, CICESE, Ensenada, B.C. <http://oceanografia.cicese.mx/betadof/index.html>
- Clapham PJ, Baraff LS, Carlson CA, Christian MA, Mattila DK, Mayo CA, Murphy MA, Pittman S (1993) Seasonal occurrence and annual return of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in the southern Gulf of Maine. *Canadian Journal of Zoology* 71:440-443
- Clapham PJ, Mattila DK (1993) Reactions of humpback whales to skin biopsy sampling on a West Indies breeding ground. *Marine Mammal Science* 9:382-391
- Clapham PJ, Young SB, Brownell RJ (1999) Baleen whales: conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review* 29:35-60
- Corkeron PJ, Connor RC (1999) Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science* 15: 1228-1245

- 
- Coyle KO, Highsmith RC (1994) Benthic amphipod community in the northern Bering Sea - analysis of potential structuring mechanisms. *Marine Ecology Progress Series* 107:233-244
- Croll DA, Acevedo-Gutierrez A, Tershy BR, Urbán R. J (2001) The diving behavior of blue and fin whales: is dive duration shorter than expected based on oxygen stores? *Comparative Biochemistry and Physiology* 129:797-809
- Culik B, Luna-Jorquera G, Oyarzo H, Correa H (1998) Humboldt penguins monitored via VHF telemetry. *Marine Ecology Progress Series* 162:279-286
- Dahlheim ME, Fisher HD, Schempp JD (1984) Sound production by the gray whale and ambient noise levels in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Dahlheim ME and Ljungblad DK (1990) Preliminary hearing study on gray whales (*Eschrichtius robustus*) in the field. *NATO ASI Series. Series A. Life Science* 196:1-709
- Darling J (1984) Gray whales off Vancouver Island, British Columbia. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Darling J, Morowitz H (1986) Census of "Hawaiian" humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) by individual identification. *Canadian Journal of Zoology* 64:105-111
- Darling J, Keogh KE, Steeves TE (1998) Gray whale (*Eschrichtius robustus*) habitat utilization and prey species off Vancouver Island, B.C. *Marine Mammal Science* 14:692-720
- Dedina S (2000) *Saving the gray whale. People, politics and conservation in Baja California*. University of Arizona Press, Tucson, Arizona
- Dedina S and Young E (1994) Conservation and development in the gray whale (*Eschrichtius robustus*) lagoons of Baja California Sur, Mexico. Dok. T10155592, U.S. Marine Mammal Commission, Washington D.C.
- Diario Oficial (1972) Decreto por el se declara zona de reserva y refugio de aves migratorias y de la fauna silvestre, la constituida por la laguna Ojo de Liebre y San Ignacio, y dentro del área que comprende la Bahía de San Sebastián Vizcaíno, en la costa del Territorio de Baja California. *Diario Oficial* 14. Januar:4-5
- Diario Oficial (1988) Decreto por el que de declara la Reserva de la Biosfera "El Vizcaíno" ubicada en el Municipio de Mulegé, B.C.S. *Diario Oficial* 30. November:2-26
- Dolphin WF (1987) Dive behavior and estimated energy expenditure of foraging humpback whales in Southeast Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 65:354-362

- Dolphin WF (1988) Foraging dive patterns of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, in southeast Alaska: A cost-benefit analysis. *Canadian Journal of Zoology* 66:2432-2441
- Dorsey EM, Richardson WJ, Wursig B (1989) Factors affecting surfacing, respiration, and dive behaviour of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, summering in the Beaufort Sea. *Canadian Journal of Zoology* 67:1801-1815
- Dunham JS, Duffus DA (2001) Foraging patterns of gray whales in central Clayoquot Sound, British Columbia, Canada. *Marine Ecology Progress Series* 223:299-310
- Dunham JS, Duffus DA (2002) Diet of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Clayoquot Sound, British Columbia, Canada. *Marine Mammal Science* 18:419-437
- Eberhardt L und Siniff D (1977) Population dynamics and marine mammal management polices. *Journal of the Fisheries Resource Board of Canada* 34:183-190
- ESSA (1997) The proposed San Ignacio project. Exportadora de Sal, S.A., Guerrero Negro, B.C.S. <http://www.essa.com.mx>
- Federal Register (1994) Endangered and threatened wildlife and plants. Final rule to remove the eastern North Pacific gray whale from the list of endangered wildlife. *Federal Register* 59:31094-31095
- Fleischer LA, Contreras Urruchua J (1986) Censos de ballenas grises (*Eschrichtius robustus*) en Bahía Magdalena, B.C.S., Mexico. *Ciencia Pesquera* 5:51-62
- Francis RC, Anderson LG, Bowen WD, Davis SK, Grebmeier JM, Lowry LF, Merfulieff I, Mirowitskaya N, Peterson CH, Pungowiyi C, Royer TC, Springer AM, Wooster WS (1996) *The Bering Sea Ecosystem*. National Academy Press, Washington D.C.
- Gard R (1974) Aerial census of gray whales in Baja California lagoons, 1970 and 1973, with notes on behavior, mortality and conservation. *California Fish and Game* 60:132-143
- Gardner SC, Chavéz-Rosales S (2000) Changes in the relative abundance and distribution of gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Magdalena Bay, Mexico during an El Niño event. *Marine Mammal Science* 16:728-738
- George JC, Suydam R (1998) Observations of killer whale (*Orcinus orca*) predation in the northeastern Chukchi and western Beaufort Seas. *Marine Mammal Science* 14:330-332
- Gilmore R (1960) Census and migration of the California gray whale. *Rit Fiskideildar* 49:409-431
- Goley PD, Straley JM (1994) Attack on gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Monterey Bay, California, by killer whales (*Orcinus orca*) previously identified in Glacier Bay, Alaska. *Canadian Journal of Zoology* 72:1528-1530

- 
- Gomez-Gallardo U. A, Palmeros M, Urbán J (1999) Permanencia, filopatría y número de ballenas que visitaron Laguna San Ignacio, B.C.S. durante los inviernos de 1996 y 1997. In: XXIV Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Mazatlán, Sinaloa, Mai 1999, p 29 (Abstract)
- Grebmeier JM, McRoy CP, Feder HM (1988) Pelagic-benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chuckchi Seas. *Marine Ecology Progress Series* 48: 57-67
- Grebmeier JM, Harrison NM (1992) Seabird feeding on benthic amphipods facilitated by gray whale activity in the northern Bering Sea. *Marine Ecology Progress Series* 80:125-133
- Grebmeier JM and Dunton KH (2000) Benthic processes in the Northern Bering / Chuckchi Seas: Status and global change. Huntigton HP, Final Report of the Marine Mammal Commission Workshop, Girdwood, Alaska, p 80-93
- Hammond PS (1986) Estimating the size of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) 8:253-282
- Hammond PS, Sears R, Berube M (1990) A note on problem in estimating the number of blue whales in the Gulf of St. Lawrence from photo-identification data. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) 12:141-142
- Harris RB, Fancy SG, Douglas DC, Garner GW, Amstrup SC, McCabe TR and Pank LF (1990) Tracking wildlife by satellite: current systems and performance. U.S. Fish and Wildlife Technical Report 30:1-60
- Harvey JL, Mate BR (1984) Dive characteristics and movements of radio-tagged gray whales in San Ignacio Lagoon, Baja California Sur, Mexico. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Heckel G, Reilly SB, Sumich JL, Espejel I (2001) The influence of whalewatching on the behaviour of migrating gray whales (*Eschrichtius robustus*) in Todos Santos Bay and surrounding waters, Baja California, Mexico. *Journal of Cetacean Research and Management* 3:227-237
- Heide-Joergensen MP, Kleivane L, Oeien N, Laidre KL, Jensen MV (2001) A new technique for deploying satellite transmitters on baleen whales: Tracking a blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the North Atlantic. *Marine Mammal Science* 177:949-954
- Hertel H (1966) Structure, form and movement. Reinhold Publishing Corporation, New York
- Herzing DL, Mate BR (1984) Gray whale migrations along the Oregon Coast, 1978-1981. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York

- Hiby AR, Hammond PS (1989) Survey techniques for estimating abundance of cetaceans. Report of the International Whaling Commission (Special issue) 11:47-80
- Highsmith RC, Coyle KO (1992) Productivity of Arctic amphipods relative to gray whale energy requirements. *Marine Ecology Progress Series* 83:141-150
- Hooker SK, Baird RW (1999) Deep-diving behaviour of the northern bottlenose whale, *Hyperoodon ampullatus* (Cetacea: Ziphiidae). *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences* 266:671-676
- Hooker SK, Baird RW, Al Omari S, Gowans S, Whitehead H (2001) Behavioral reactions of northern bottlenose whales (*Hyperoodon ampullatus*) to biopsy darting and tag attachment procedures. *Fishery Bulletin* 99:303-308
- Hooker SK, Baird RW (2001) Diving and ranging behaviour of Odontocetes: A methodological review and critique. *Mammal Review* 31:81-105
- Hubbs CL, Hubbs LC (1967) Gray whale censuses by airplane in Mexico. *California Fish and Game* 53:23-7
- INE (2000) El Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Jones ML, Swartz SL (1984) Demography and phenology of gray whales and evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Jones PH (1984) Cetaceans seen in the Irish Sea and approaches, late summer 1983. *Nature in Wales. New Series. Cardiff* 3:62-64
- Jones ML (1990) The reproductive cycle in gray whales based on photographic resightings of females on the breeding grounds from 1977-82. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) 12:177-182
- Jones ML, Swartz SL and Dahlheim ME (1994) Census of gray whale abundance in San Ignacio Lagoon: a follow-up study in response to low whale counts recorded during an acoustic playback study of noise-effects on gray whales. Final Report PB 94-195062, U.S. Department of Commerce N.T.I.S., Washington D.C.
- Jones ML, Swartz SL (2002) Gray whale, *Eschrichtius robustus*. In: Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM (Hrsg) *Encyclopedia of Marine Mammals* Academic Press, San Diego
- Kenward R (1988) *Wildlife radio tagging*. Academic Press Inc, London
- Kieckhefer T (1992) Feeding ecology of humpback whales in continental shelf waters near Cordell Bank, California. M.Sci. Thesis. Moss Landing Marine Laboratories, Moss Landing, California

- 
- Kooyman GL (1965) Techniques used in measuring diving capacities of Weddell seals (*Leptonychotes weddellii*). Polar Record 12:391-394
- Kopelman AH, Sadove SS (1995) Ventilatory rate differences between surface-feeding and non-surface feeding fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the waters off Eastern Long Island, New York, U.S.A., 1981-1987. Marine Mammal Science 11:200-208
- Krahn MM, Ylitalo GM, Burrows DG, Calambokidis J, Moore SE, Gosho M, Gearin P, Plesha D, Brownell RL Jr, Blokhin S A, Tilbury KL, Rowles T, Stein JE (2001) Organochlorine contaminant concentrations and lipid profiles in eastern North Pacific gray whales (*Eschrichtius robustus*). Journal of Cetacean Research and Management 3:19-29
- Kramer DL (1988) The behavioral ecology of air breathing by aquatic animals. Canadian Journal of Zoology 66:89-94
- Krutzikowsky GK, Mate BR (2000) Dive and surfacing characteristics of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) in the Beaufort and Chukchi seas. Canadian Journal of Zoology 78:1182-1198
- Kühling V (2000) Anwendung von Ultraschall zur Bestimmung des Ernährungszustandes von Grauwalen (*Eschrichtius robustus*) in der Lagune San Ignacio, Mexiko. Diplomarbeit. Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- Lagerquist BA, Stafford KM, Mate BR (2000) Dive characteristics of satellite-monitored blue whales (*Balaenoptera musculus*) off the central California coast. Marine Mammal Science 16:375-391
- Lamprecht J (1992) Biologische Forschung: Von der Planung bis zur Publikation. Paul Parey, Berlin
- Le Boeuf BJ, Perez-Cortes M, Urbán R. J, Mate BR, Ollervides U (2000) High gray whale mortality and low recruitment in 1999: potential causes and implications. Journal of Cetacean Research and Management 2:1-15
- Leatherwood JS, Goodrich K, Kinter AL, Truppo RM (1982) Respiration patterns and 'sightability' of whales. Report of the International Whaling Commission 32:601-613
- Lesage V, Hammill MO, Kovacs KM (2001) Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: Evidence from stable isotope analysis. Marine Ecology Progress Series 26:203-221
- Lockyer C (1984) Review of baleen whale reproduction and implications for management. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) 5: 27-50
- Lorenz RJ (1996) Grundbegriffe der Biometrie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart

- Lozán JL, Kausch H (1998) Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. Paul Parey, Berlin
- Ludwig S (1996) Räumlich-zeitliche Verbreitung von Grauwalen, *Eschrichtius robustus*, in den Wintergründen der Lagune San Ignacio (Südkalifornien, Mexiko). Diplomarbeit. Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- Ludwig S, Culik BM, Urbán R. J (1999) Diving behavior of gray whales (*Eschrichtius robustus*) with calves in San Ignacio Lagoon, Baja California, Mexico, by using Multi-Sensor tags. In: Thirteenth Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals. Maui, Hawaii, Dezember 1999, p 110-111 (Abstract)
- Ludwig S, Culik BM, Urbán R. J (2000) Diving behaviour and migratory behaviour of gray whales with calves in Laguna San Ignacio, Mexico, by using Multi-Sensor tags and radio telemetry. *Zoology* 103 (Suppl III): 31
- Lyamin OI, Manger PR, Mukhametov LM, Siegel JM, Shpak O, V (2000) Rest and activity states in a gray whale. *Journal of Sleep Research* 9:261-267
- Madsen PT, Payne R, Kristiansen NU, Wahlberg M, Kerr I, Moehl B (2002) Sperm whale sound production studied with ultrasound time/depth-recording tags. *Journal of Experimental Biology* 205:1899-1906
- Malcolm CD, Duffus DA (2000) Comparison of subjective and statistical methods of dive classification using data from a time-depth recorder attached to a gray whale (*Eschrichtius robustus*). *Journal of Cetacean Research and Management* 22:177-182
- Massey BW, Palacios E (1994) Avifauna of the Wetlands of Baja California, Mexico: Current status. *Avian Biology* 15:45-47
- Mate BR, Harvey JT (1984) Ocean movements of radio-tagged gray whales. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Mate BR (1995) Proposed salt production facilities at San Ignacio Lagoon, Baja California. Marine Mammal Commission, Washington D.C.
- Mate BR, Nieukirk SL, Kraus SD (1997) Satellite-monitored movements of the northern right whale. *Journal of Wildlife Management* 61:1393-1405
- Mate BR, Gisiner R, Mobley J (1998) Local and migratory movements of Hawaiian humpback whales tracked by satellite telemetry. *Canadian Journal of Zoology* 76:863-868
- Mate BR, Lagerquist BA, Calambokidis J (1999) Movements of North Pacific blue whales during the feeding season off southern California and their southern fall migration. *Marine Mammal Science* 44:1246-1257

- 
- Mate BR, Krutzikowsky GK, Winsor MH (2000) Satellite-monitored movements of radio-tagged bowhead whales in the Beaufort and Chukchi Seas during the late-summer feeding season and fall migration. *Canadian Journal of Zoology* 78:1168-1181
- Mate BR, Lagerquist BA, Urbán R. J (2003) A note on using satellite telemetry to document the use of San Ignacio Lagoon by gray whales (*Eschrichtius robustus*) during their reproductive season. *Journal of Cetacean Research and Management* 5:149-154
- Mate BR, Urbán R. J (2005) The migration of humpback whales breeding off Socorro Island, Mexico, to summer feeding habitat. In: Nineteenth Conference of the European Cetacean Society, La Rochelle, April 2005, p 27 (Abstract)
- McPhaden MJ (1999) Genesis and evolution of the 1997-98 El Niño. *Science* 283:950-954
- Mead JG, Mitchell ED (1984) Atlantic gray whales. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Mizroch SA, Rice DW, Breiwick JM (1984) The blue whale, *Balaenoptera musculus*. *Marine Fisheries Review* 46:15-19
- Moore SE, Urbán R. J, Perryman WL, Gulland F, Perez-Cortes M, Wade PR, Rojas-Bracho L, Rowles T (2001) Are gray whales hitting "K" hard? *Marine Mammal Science* 17:954-958
- Moore SE, Grebmeier JM, Davies JR (2003) Gray whale distribution relative to forage habitat in the northern Bering Sea: current conditions and retrospective summary. *Canadian Journal of Zoology* 81:734-742
- Nerini M (1984) A review of gray whale feeding ecology. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) *The gray whale, Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Norris KS, Goodman RM, Villa-Ramirez B, Hobbs L (1977) Behavior of California gray whale, *Eschrichtius robustus*, in southern Baja California, Mexico. *Fishery Bulletin* 75:159-171
- Norris KS, Villa-Ramirez B, Nichols G, Würsig B, Miller K (1983) Lagoon entrance and other aggregations of gray whales (*Eschrichtius robustus*). In: Payne R (Hrsg) *Communications and behavior of whales*. Westview Press, Boulder, Colorado
- Nowacek DP, Johnson MP, Tyack PL, Shorter KA, McLellan WA, Pabst DA (2001) Buoyant balaenids: The ups and downs of buoyancy in right whales. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences* 268:1811-1816

- Oliver JS, Slattery PN, Silberstein MA, O'Connor EF (1983) A comparison of gray whales, *Eschrichtius robustus*, feeding in the Bering Sea and Baja California. Fishery Bulletin 81:513-522
- Oliver JS, Slattery PN, Silberstein MA, O'Connor EF (1984) Gray whale feeding on dense ampeliscid amphipod communities near Bamfield, British Columbia. Canadian Journal of Zoology 62:41-49
- Oliver JS, Slattery PN (1985) Destruction and opportunity on the sea floor: Effects of gray whale feeding. Ecology 66:1965-1975
- Panigada S, Zanardelli M, Canese S, Jahoda M (1999) How deep can baleen whales dive? Marine Ecology Progress Series 187:309-311
- Pérez-Cortez H, Maravilla-Chavez O, and Loreto C. P (2000) Abundance variations of gray whales, *Eschrichtius robustus*, at the northern part of Bahía Magdalena. Dok. SC/52/AS17, IWC Scientific Committee Meeting. Adelaide, Juni 2000
- Perryman WL, Donahue MA, Laake JL, Martin TE (1999) Diel variation in migration rates of eastern Pacific gray whales measured with thermal imaging sensors. Marine Mammal Science 15:426-445
- Perryman WL, Donahue MA, Perkins PC, Reilly SB (2002) Gray whale calf production 1994-2000: Are observed fluctuations related to changes in seasonal ice cover? Marine Mammal Science 18:121-144
- Perryman WL, Lynn MS (2002) Evaluation of nutritive condition and reproductive status of migrating gray whales (*Eschrichtius robustus*) based on analysis of photo-grammetric data. Journal of Cetacean Research and Management 44:155-164
- Pike GC (1962) Migration and feeding of the gray whale (*Eschrichtius gibbosus*). Journal of the Fisheries Resource Board of Canada 19:815-838
- Poole MM (1984) Migration corridors of gray whales along the Central California coast, 1980-1982. In: Jones ML, Swartz SL, Leatherwood S (Hrsg) The gray whale, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg 1861). Academic Press Inc, New York
- Reilly SB, Rice DW, Wolman AA (1983) Population assessment of the gray whale *Eschrichtius robustus*, from California shore censuses, 1967-80. Fishery Bulletin 81:267-279
- Reussmann M (1999) Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf das Verhalten von Grauwalen (*Eschrichtius robustus*) in der Lagune San Ignacio, Baja California Sur, Mexiko. Diplomarbeit. Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- Rice DW, Wolman AA (1971) The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). American Society of Mammalogists, Stillwater, Oklahoma

- 
- Rice DW (1981) Status of the eastern Pacific (California) stock of the gray whale. *FAO fisheries Series* 5:181-187
- Rice DW, Wolman AA, Withrow DE (1981) Gray whales on the winter grounds in Baja California. *Report of the International Whaling Commission* 31:477-489
- Rice DW (1998) *Marine mammals of the world*. Allen Press, Inc., Lawrence, KS
- Ridgway SH, Harrison R (1981a) *Handbook of marine mammals*. Volume 1. The walrus, sea lions, fur seals and sea otter. Academic Press, London
- Ridgway SH, Harrison R (1981b) *Handbook of marine mammals*. Volume 2. The seals. Academic Press, London
- Rugh DJ, Muto MM, Moore SE and DeMaster DP (1999) Status review of the eastern North Pacific stock of gray whales. NMFS-AFSC-103, NOAA Technical Memorandum. U.S. Dept. of Commerce, Seattle, WA
- Ruiz-Cooley RI, Gendron D, Aguiniga S, Mesnick S, Carriquiry JD (2004) Trophic relationships between sperm whales and jumbo squid using stable isotopes of C and N. *Marine Ecology Progress Series* 277:275-283
- Samaras WF (1974) Reproductive behavior of the gray whale, *Eschrichtius robustus*, in Baja California. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences* 73: 57-64
- Sanchez-Pacheco JA (1991) Distribución espacio-temporal de la ballena gris, *Eschrichtius robustus*, en la Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Licenciatura. Universidad Autónoma de B.C.S., La Paz
- Sanchez-Pacheco JA (1998) Gray whale mortality at Ojo de Liebre and Guerrero Negro lagoons, Baja California Sur, Mexico: 1984-1995. *Marine Mammal Science* 14:149-155
- Sanchez-Pacheco JA, Vazquez-Hanckin A, De Silva-Davila R (2001) Gray whales' midspring feeding at Bahía de los Angeles, Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science* 17:186-191
- Schell DM (2000) Declining carrying capacity in the Bering Sea: Isotopic evidence from whale baleen. *Limnology and Oceanography* 45:459-462
- Schmidt-Nielsen K (1972) Locomotion: energy cost of swimming, diving and running. *Science* 177:222-228
- Schmidt-Nielsen K (1990) *Animal physiology*. Cambridge University Press, Cambridge
- Schneider K, Baird RW, Dawson S, Visser I, Childerhouse S (1998) Reactions of bottlenose dolphins to tagging attempts using a remotely deployed suction-cup tag. *Marine Mammal Science* 14:316-324

- Schreer JF, Kovacs KM (1997) Allometry of diving capacity in air-breathing vertebrates. *Canadian Journal of Zoology* 75:339-358
- Schreer JF (1998) Diving behavior of air-breathing vertebrates: Allometry, Classification, and Interspecific Comparisons. Dissertation. Waterloo, ON
- Schreer JF, Hines R-JO-H, Kovacs KM (1998) Classification of dive profiles: A comparison of statistical clustering techniques and unsupervised artificial neural networks. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics* 3: 383-404
- Seipt IE, Clapham PJ, Mayo CA, Hawvermale MP (1990) Population characteristics of individually identified fin whales *Balaenoptera physalus* in Massachusetts Bay (Massachusetts, USA). *Fishery Bulletin* 88:271-278
- Sokal RR, Rohlf FJ (1995) *Biometry*. W.H. Freeman and Company, New York
- Springer A (2000) Climate change and marine ecosystems of the western Arctic. In: Huntington P (Hrsg) *Final Report of the Marine Mammal Commission Workshop*, Girdwood, Alaska
- StatSoft I (1997) *Statistica für Windows*. StatSoft, Inc., Tulsa, OK
- Stewart BS, Harvey J, Yochem PK (2001) Post-release monitoring and tracking of a rehabilitated California gray whale. *Aquatic Mammals* 277:294-300
- Sumich JL (1983) Swimming velocities, breathing patterns, and estimated costs of locomotion in migrating gray whales, *Eschrichtius robustus*. *Canadian Journal of Zoology* 61:647-652
- Sumich JL, Harvey JT (1986) Juvenile mortality in gray whales (*Eschrichtius robustus*). *Journal of Mammalogy* 67:179-182
- Sumich JL (1986a) Growth in young gray whales (*Eschrichtius robustus*). *Marine Mammal Science* 2:145-152
- Sumich JL (1986b) Latitudinal distribution, calf growth and metabolism, and reproductive energetics of gray whales, *Eschrichtius robustus*. Dissertation. Oregon State University, Corvallis
- Sumich JL (1994) Oxygen extraction in free-swimming gray whale calves. *Marine Mammal Science* 10:226-230
- Sumich JL (2001) Direct and indirect measures of oxygen extraction, tidal lung volumes and respiratory rates in a rehabilitating gray whale calf. *Aquatic Mammals* 277:279-283
- Sumich JL, Goff T, Perryman WL (2001) Growth of two captive gray whale calves. *Aquatic Mammals* 277:231-233

- 
- Swartz SL, Jones ML (1980) Gray whales, *Eschrichtius robustus*, during the 1977-1978 and 1978-1979 winter seasons in Laguna San Ignacio Baja California Sur, Mexico. Marine Mammal Commission Report PB80-202989. Washington D.C.
- Swartz SL and Jones ML (1981) Demographic studies and habitat assessment of gray whales, *Eschrichtius robustus*, in Laguna San Ignacio, Baja California, Mexico. Marine Mammal Commission Report PB82-123373. San Diego, CA
- Swartz SL (1986) Gray whale migratory, social and breeding behavior. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) 8:207-229
- Swartz SL, Jones ML, Goodyear J, Withrow DE, Miller RV (1987) Radio-telemetric studies of gray whale migration along the California coast: A preliminary comparison of day and night migration rates. Report of the International Whaling Commission 37:295-299
- Tershy BR, Breese D, Alvarez Borrego S (1991) Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. Marine Ecology Progress Series. 69:299-302
- Tucker VA (1975) The energetic costs of moving about. American Scientist 63:413-419
- Tynan CT, DeMaster DP (1997) Observations and predictions of Arctic climatic change: Potential effects on marine mammals. Arctic 50:308-322
- Urbán R. J, Gómez-Gallardo L, Palmeros R. M (1997) Gray whale studies at Laguna San Ignacio, B.C.S., Mexico, Winter 1996. Report of the International Whaling Commission 47:625-633
- Urbán R. J, Gómez-Gallardo U. A, Palmeros R. M (1998) A note on the 1997 gray whale studies at Laguna San Ignacio, B.C.S., Mexico. Report of the International Whaling Commission 48:513-518
- Urbán R. J, Sumich JL, Culik B, Ludwig S, Gómez-Gallardo U. A, Palmeros R. M (1999) Demografía y ecología de la ballena gris en la Laguna San Ignacio, B.C.S., México. SEMARNAP, INE No.DOO 750.-0667/99. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz
- Urbán R. J, Gómez-Gallardo U. A, Sumich JL, Culik B, Ludwig S (2000a) Demografía y ecología de la ballena gris en la Laguna San Ignacio, B.C.S., México. SEMARNAP, INE No.DOO 02.-0503. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz
- Urbán R. J, Gómez-Gallardo U. A (2000) Whale watching and gray whales at Laguna San Ignacio, B.C.S., Mexico. Dok. SC/52/WW12, IWC Scientific Committee Meeting. Adelaide, Juni 2000
- Urbán R. J, Gómez-Gallardo U. A, and Solís L. I (2002) Report of the 2001 gray whale winter season in Laguna Ojo de Liebre, Mexico. Dok. SC/53/BRG18, IWC Scientific Committee Meeting. Shimonoseki, Juni 2002

- Urbán R. J, Gómez-Gallardo U. A, Ludwig S (2003a) Abundance and mortality of gray whales at Laguna San Ignacio, Mexico, during the 1997-98 El Niño and the 1998-99 La Niña. *Geofisica Internacional* 42:439-446
- Urbán R. J, Rojas-Bracho L, Perez-Cortes H, Gómez-Gallardo U. A, Swartz SL, Ludwig S, Brownell RL (2003) A review of gray whales (*Eschrichtius robustus*) on their wintering grounds in Mexican waters. *Journal of Cetacean Research and Management* 5:281-295
- Wade PR (2002) A Bayesian stock assessment of the eastern Pacific gray whale using abundance and harvest data from 1967-1996. *Journal of Cetacean Research and Management* 4:85-98
- Weinrich MT, Lambertsen RH, Baker CS, Schilling MR, Belt CR (1991) Behavioural responses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the southern Gulf of Maine to biopsy sampling. Report of the International Whaling Commission (Special Issue) 13:91-97
- Weller DW, Wuersig B, Bradford AL, Burdin AM, Blokhin SA, Minakuchi H, Brownell RJ (1999) Gray whales (*Eschrichtius robustus*) off Sakhalin Island, Russia: Seasonal and annual patterns of occurrence. *Marine Mammal Science* 15:1208-1227
- Weller DW, Burdin AM, Wuersig B, Taylor BL, Brownell RJ (2002) The western gray whale: a review of past exploitation, current status and potential threats. *Journal of Cetacean Research and Management* 44:7-12
- Williams TM, Davis RW, Fuiman LA, Francis J, Le Boeuf BJ, Horning M, Calambokidis J, Croll DA (2000) Sink or swim: Strategies for cost-efficient diving by marine mammals. *Science* 288:133-136
- Wilson RP, Pütz K, Benoit J, Lage CJ (1995) Artifacts from sampling interval in dive depth studies of marine endotherms. *Polar Biology* 15:575-581
- Wolter K, Timlin MS (1998) Measuring the strength of ENSO - how does 1997/98 rank? *Weather* 53:315-324
- Würsig B, Dorsey EM, Fraker MA, Payne R, Richardson WJ, Wells RS (1984) Behavior of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, summering in the Beaufort Sea: Surfacing, respiration, and dive characteristics. *Canadian Journal of Zoology* 62:1910-1921
- Würsig B, Wells RS, Croll DA (1986) Behavior of gray whales summering near St. Lawrence Island, Bering Sea. *Canadian Journal of Zoology* 64:611-621
- Zimmermann JW, Powell RA (1995) Radiotelemetry error: location error method compared with error polygons and confidence ellipses. *Canadian Journal of Zoology* 73:1123-1133

## Anhang I : Besenderungsprotokoll

### Grauwalprojekt Volkswagen, IfM Kiel – UABCS La Paz Proyecto Ballena Gris 2001

#### *Besenderungsprotokoll*

Datum:		Anzahl der Wale:	
Sichtung Nr.:		Alter Kalb (geschätzt):	
Protokollführer:		Art des Senders:	
Beginn Verfolgung:		Sender- Nr.:	
Zeit Besenderung:		Fettmessung Nr.:	
Ende Verfolgung:		Biopsiefeil Nr.:	
Position Beginn:		<i>Beaufort:</i>	
Position Besenderung:		<i>Sicht:</i>	
Position Ende:		<i>Bewölkung (%):</i>	
Distanz bei Besenderung:		<i>Windrichtung:</i>	
Geschw. Boot:		<i>Wassertemperatur:</i>	

#### **Position des Senders und besondere Merkmale des Wals:**

Fotos links:  
Film:  
Kamera:  
Video:  
Fotograf / Filmer:

#### **Ansicht links:**



Fotos rechts:  
Film:  
Kamera:  
Video:  
Fotograf / Filmer:

#### **Ansicht rechts:**



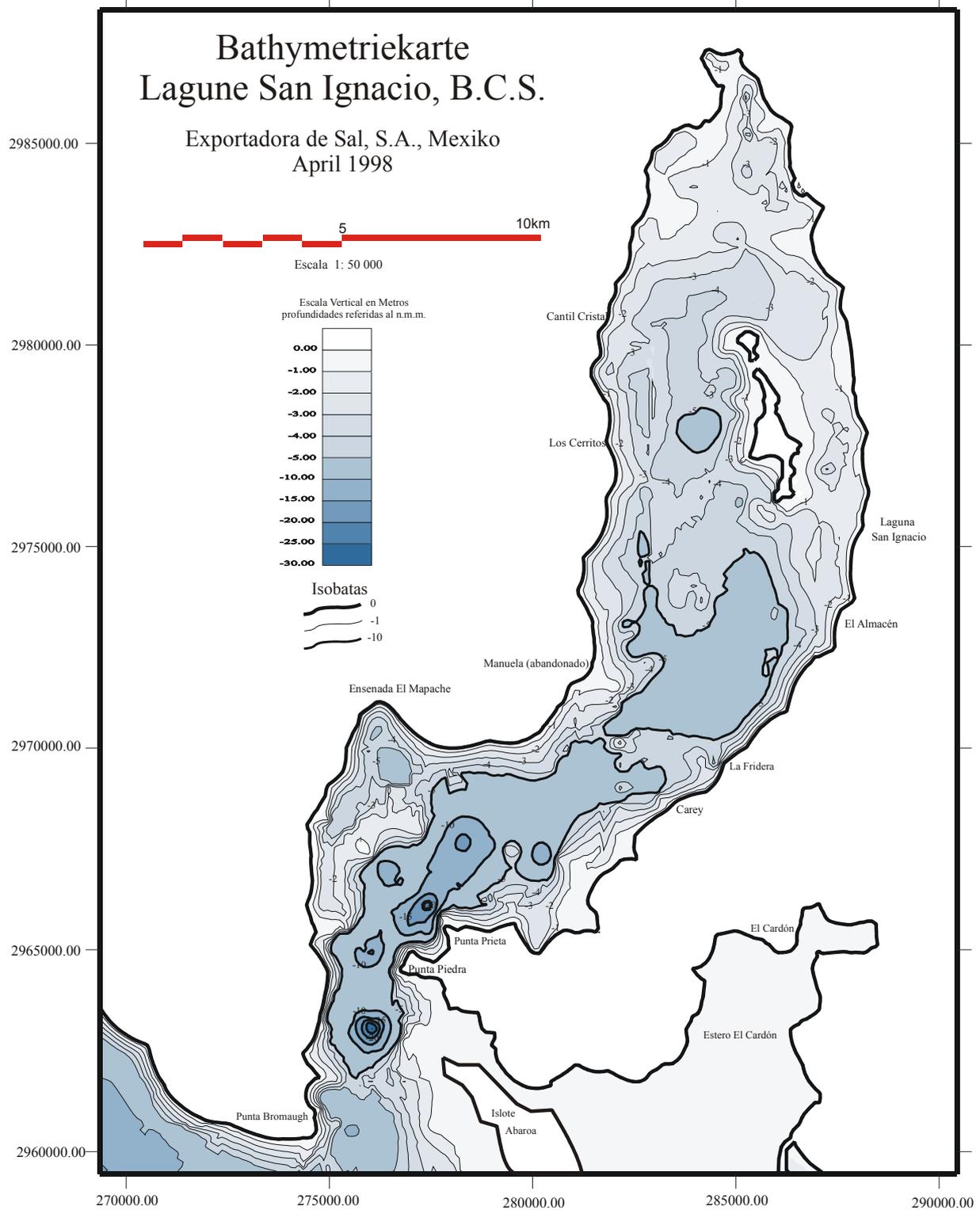
#### **Beobachtungen / Reaktion auf Besenderung:**

## Anhang II: Besenderung von Grauwalmüttern mit Fahrtenschreiber

Datum	Versuche Besenderungen	Erfolge Besenderungen	Aufzeichnungs- dauer (h)
06.03.1999	2	1	1,9
08.03.1999	1	0	
13.03.1999	4	0	
15.03.1999	1	1	3,8
16.03.1999	4	1	0,9
17.03.1999	1	1	0,9
20.03.1999	2	0	
21.03.1999	3	0	
22.03.1999	2	2	2,2
23.03.1999	1	0	
24.03.1999	3	0	
25.03.1999	1	1	2,8
27.03.1999	3	1	0,6
29.03.1999	1	0	
22.02.2001	1	0	
25.02.2001	1	1	2,6
26.02.2001	2	1	2,2
28.02.2001	2	1	1,4
03.03.2001	2	1	1,5
06.03.2001	1	1	3,4
07.03.2001	4	0	
08.03.2001	3	1	3,8
10.03.2001	1	1	3,0
12.03.2001	3	1	0,9
13.03.2001	3	1	2,3
14.03.2001	2	0	
<b>Gesamt</b>	<b>54</b>	<b>17</b>	<b>34,0</b>

### Anhang III: Bathymetrickarte der Lagune San Ignacio, Baja California Sur, Mexiko

Die in der Bathymetrickarte (© ESSA, Mexiko) eingetragenen Isolinien sind in m angegeben.



## Anhang IV: Beaufort und Sichtverhältnisse

### A) Klassifizierung der Wind- und Wetterverhältnisse, Beaufort

Beaufort-Nr.	Meteorologische Bezeichnung	Beschreibung	Windgeschwindigkeit (km/h)	Wellenhöhe (m)
0	stille	spiegelglatte See	0-2	-
1	leiser Zug	Kräuselwellen	2-6	0,3
2	leichte Brise	kleine Wellen, nicht brechend	7-11	0,6
3	schwache Brise	vereinzelt Wellen mit weißer Schaumkrone	12-19	1,2
4	mäßige Brise	häufiger Wellen mit weißer Schaumkrone	20-30	1,8
5	frische Brise	viele Wellen mit weißer Schaumkrone	31-39	2,0
6	starker Wind	alle Wellen mit weißer Schaumkrone	40-50	3,0
7	steifer Wind	brechende Wellen, Gischt	51-61	4,3
8	stürmischer Wind	mittelhohe, schäumende Wellen	62-74	5,5

### B) Sichtverhältnisse

Status-Nr.	Bedingungen	Beschreibung	Effektive Sichtungs-distanz (km)
1	exzellent	Horizont gut sichtbar, keine Interferenz	> 4,8
2	sehr gut	etwas diesig, kaum Interferenz	3,2-4,8
3	gut	leichter Dunst mit Interferenz	1,6-3,2
4	mäßig	Dunst oder Nebel, Horizont kaum sichtbar	0,8-1,6
5	schlecht	starker Nebel, Horizont nicht sichtbar	0,4-0,8

# Lebenslauf

## Persönliche Daten

Name: Stefan Ludwig  
geboren am: 22.10.1970  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: verheiratet mit Martje Ludwig,  
zwei Kinder (geb. 2001 und 2003)

## Schulausbildung

1977 - 1987 Oberschule Zeuthen  
1987 - 1989 Erweiterte Oberschule Königswusterhausen  
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

## Hochschulausbildung

Okt. 1990 - Jan. 1997 Studium der Biologie an der  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Jan. 1997 Diplom; Hauptfach Zoologie, Nebenfächer  
Biologische Meereskunde und Ozeanographie  
Diplomarbeit: Räumlich-zeitliche Verbreitung von  
Grauwalen (*Eschrichtius robustus*) in den  
Wintergründen der Lagune San Ignacio,  
Südkalifornien (Mexiko)  
seit Febr. 1998 Promotionsstudium bei Prof. Dr. B. Culik,  
am Leibniz-Institut für Meereswissenschaften  
1998 - 2000 Stipendiat des DAAD (Mexiko)

## Wissenschaftliche Anstellungen

Apr. 1997 - Sept. 1997 Freier wissenschaftlicher Mitarbeiter  
des Instituts für Zoo- und Wildtierforschung, Berlin  
Apr. 2002 - März 2004 Wissenschaftlicher Angestellter am Forschungs-  
und Technologiezentrum Westküste, Büsum  
Projekt: Marine Warmblüter in Nord- und Ostsee  
seit Apr. 2004 Wissenschaftlicher Angestellter im Projekt:  
Umweltverträglicher Einsatz aktiver tieffrequenter  
Sonaranlagen an der Forschungsanstalt der  
Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik, Kiel

## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Dissertation nach Inhalt und Form - abgesehen von der Beratung durch meine wissenschaftlichen Lehrer - meine eigene Arbeit ist. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet.

Die Arbeit hat weder ganz noch zum Teil zuvor einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegen.

Kiel, den 25.05.2005