

**Jagdstrategien und Bruterfolg des
neuseeländischen Zwergpinguins *Eudyptula minor***



Diplomarbeit

aus dem Institut für Meereskunde
an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

THOMAS MATTERN

März 2001

„The answer, my friend, is blowing in the wind“
– Robert Zimmermann

Danksagung

Diese Arbeit wäre ohne die Hilfe und den Einsatz vieler Personen nicht zustande gekommen.

Ohne **Stef Klingel** hätte ich möglicherweise schon in der schwierigen Planungsphase lange vor der Feldarbeit das Handtuch geschmissen. Im Feld konnte ich mich auf Stef ebenso verlassen, wie bei der anschließenden, umfangreichen Datenauswertung. Von der moralischen und geistigen Stütze ganz zu Schweigen. Stef, du weißt, all das ist dein Verdienst!

Dave Houston vom Department of Conservation (DoC) in Oamaru, zeigte eine unglaubliche Begeisterung für dieses Projekt und stieß mir die Türen zu allen notwendigen Genehmigungen auf. Ohne Daves Organisationstalent wäre mit Sicherheit eine Menge in die Hose gegangen. Dave war derjenige, der mir und meinen Feldhelfern das *penguin handling* beibrachte, er half bei Eiseskälte vor und nach seinem Dienst an der Antenne und „opferte“ seinen Urlaub für einen Trip in die Marlborough Sounds um Pinguine zu ärgern. Cheers, mate!

Außerdem war ich in der glücklichen Lage von zwei der angesehensten Pinguinforscher unserer Zeit betreut zu werden:

Ich bedanke mich herzlich bei **Boris Culik**, der als mein Betreuer von Anfang an hinter diesem Projekt gestanden hat und mir selbst in schwierigen Situationen Rückendeckung gab. Außerdem gehört Mut dazu einem „popeligen Diplomanden“ Ausrüstung im Werte von was-weiß-ich-wievielen tausend Mark zu überlassen.

Lloyd S. Davis, von der University of Otago in Dunedin, war mein neuseeländischer Chef. Ich weiß nicht wie er es gemacht hat, aber aus dem Nichts zauberte er Mittel für dieses Projekt, die diese Arbeit zu dem machten was sie ist.

Danke, danke, danke, an meine Eltern! **Horst „Schon-wieder-Dauerregen!“ Mattern**, hat nicht nur die Griffe für die Antennen gebastelt. Nein, der Wahnsinnige ist tatsächlich nach Neuseeland zu kommen um Pinguine zu ärgern und seinem Sohn zu helfen! Zwar mußte er sich mit den zum Teil unangenehmen Wetterverhältnissen abfinden, doch er war maßgeblich an der Datenaufnahme im Feld beteiligt. Auch wenn's schon mal 3x am Tag ins South Gully ging, weil beim ersten Mal Lesebrille fehlte und beim zweiten Mal zwei Nester vergessen wurden. Danke an meine Mutter **Agi Mattern**, daß sie meinen Pa hat gehen lassen; obwohl ich denke, daß das nicht ganz uneigennützig war...:-) Danke für eure Unterstützung in all den Jahren!!!

Ein riesiger Dank geht an meine anderen Feldhelfer **Jana Kotzerka**, **Peter „Breakdance“ Deines** und **Kirsten „Lumberjack“ Martin**. Ohne diese drei Verrückten wäre das Projekt nichts geworden: ob sie im Sturm stundenlang an der Antenne ausharrten oder bei Regen die Schlammplatten zu den Nestchecks hinunter schlitterten um Nestchecks durchzuführen – auf den Haufen war Verlaß!

Vielen Dank an **Tony „There-you-go-you-see?“ Tristram** auf Arapawa Island. Tony hat unser Arapawa-Antennen-Team auf seiner Farm beherbergt und mit Wildschwein und Lammbreien versorgt. Er und sein Boot, die *Tonee Maree*, waren für die Logistik unseres Unternehmens im Queen Charlotte Sound unerlässlich. Mal ganz davon abgesehen, daß er für uns ein Lehrmeister in Sachen Inselleben sowie Schafzucht und -hüten war.

Ich bedanke mich bei **Ken Gullery**, dem Skipper der Postboots von „Beachcomber Cruises“ im Queen Charlotte Sound. Ken hat heimlich und verstohlen immer wieder umsonst Lebensmittel für uns transportiert, ohne seinem raffgierigen Boß eine Chance zu lassen, übermäßig bei uns abzusahnen.

Und ein dickes Dankeschön an unsere Freunde von der Oamaru Blue Penguin Colony: **Denis Dove** (Manager) und **Jenny Mills** die uns bei der Arbeit unterstützten.

Bill Cash vom DoC in Picton kümmerte sich um unser Wohlergehen und unsere Sicherheit auf Motuara Island. **Pete Grady** (DoC Picton) besorgte uns für die erste Zeit auf der Insel Funkgeräte für beide Stationen (von denen leider eines defekt war). **Peter Gaze** (DoC Nelson) genehmigte die Feldarbeit im Naturschutzgebiet Marlborough Sounds. **Janine Grant** (University of Otago) packte auf Anfrage immer wieder Geld auf unsere Mobiltelefone, die unverzichtbar für die Kommunikation zwischen den Stationen waren, nachdem Pete's Funkgerät den Geist aufgegeben hatte.

Ein weiteres Dankeschön geht an **Rolf Klingel**, der mir auf den letzten Drücker das Tesa-Band Nr. 4651, schwarz (und nur schwarz!) besorgte und mir seine Tochter zur Verfügung stellte. **Hertha Klingel** besorgte unserem Projekt eine finanzielle Spritze, als das Geld knapp zu werden schien.

Es gibt viele Menschen mehr, die eigentlich erwähnt werden müßten. Doch mir geht der Platz aus.

Ein letztes und ganz großes Danke, geht an die **Zwergpinguine** in Oamaru und auf Motuara Island. Danke für die Narben an den Händen, mit denen ich angeben kann („Guck mal, da hat mich ein Pinguin gebissen!“). Danke für eure Kooperation! Danke für die unvergeßlichen Momente in Dunkelheit und Sturm! Danke für dieses Erlebnis mit euch! Ich kann euch nicht versprechen, daß ich euch jetzt in Ruhe lassen werde...

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Inhaltsverzeichnis	iii
Auflistung aufgeführter Abbildungen	v
Auflistung aufgeführter Tabellen	viii
Kapitel 1: Einleitung	
1.1 Der Zwergpinguin	1
1.2 Taxonomie des Zwergpinguins	3
1.3 Jagdstrategien und Bruterfolg	4
1.4 Zielsetzung dieser Arbeit	7
Kapitel 2: Material und Methoden	
2.1 Studiengebiete	8
2.1.1 Motuara Island	10
2.1.2 Oamaru	13
2.2 Jagdstrategien	16
2.2.1 Konstruktion des Senders	17
2.2.2 Befestigung des Senders am Pinguin	20
2.2.3 Empfang des Radiosignals	22
2.2.4 Kalibration der Empfangsstationen und Fehlerabschätzung	28
2.2.5 Datenaufnahme und -analyse	32
2.2.6 Auswirkungen der Senderpacks auf den Bruterfolg	38
2.3 Bruterfolg	
2.3.1 Datenaufnahme	40
2.3.2 Definitionen und Datenanalyse	44
Kapitel 3: Bruterfolg	
3.1 Ergebnisse	
3.1.1 Beginn und Länge der Brutphase	51
3.1.2 Dauer des Bewachungsstadiums	51

3.1.3	Ei-Schicksal	53
3.1.4	Küken-Schicksal	56
3.1.5	Kükenwachstum und Überlebensrate	59
3.1.6	Bruterfolgparameter	62
3.1.7	Auswirkung der Senderpacks auf den Bruterfolg	66
3.2	Diskussion	
3.2.1	Beginn und Länge der Brutphase	70
3.2.2	Dauer des Bewachungsstadiums	71
3.2.3	Bruterfolgparameter	72
3.2.4	Kükenwachstum und Überlebensrate	74
3.2.6	Auswirkung der Sender	81
3.2.7	Schlußfolgerungen	82
Kapitel 4: Jagdstrategien und Reichweiten		
4.1	Ergebnisse	
4.1.1	Jagdtrip-Typen	83
4.1.2	Jagdmuster in den Studiengebieten	84
4.1.3	Reichweiten und Reisedistanzen bei Ein-Tages-Trips	96
4.1.4	Reisegeschwindigkeiten	101
4.2	Diskussion	106
Kapitel 5: Zwergpinguine: küstennahe oder küstenferne Jäger?		115
Literaturverzeichnis		119
Anhang 1: Telemetrie-Datenblatt		124
Anhang 2: Matlab Skripte		125
Anhang 3: Pinguin Tracks - Oamaru		136
Anhang 4: Pinguin Tracks - Motuara Island		153

Auflistung aufgeführter Abbildungen

Abb. 1.1	Fünf Wochen alte Zwergpinguinküken in einer Nestbox	2
Abb. 2.1	Übersichtskarte Neuseeland und Studiengebiete: (A) Marlborough Sounds, (B) äußerer Queen Charlotte Sound (SS – Ship Cove, CC – Cannibal Cove) und (C) Nord Otago	9
Abb. 2.2	Untersuchungsareale und Nestpositionen auf Motuara Island	12
Abb. 2.3	Oamaru Blue Penguin Colony während der „Penguin Parade“	13
Abb. 2.4	Der Oamaru Harbour und die Untersuchungsareale in Oamaru	15
Abb. 2.5	MiPs-1B Minipeilsender	18
Abb. 2.6	Der Senderpack nach Zusammenbau, Eingießen und Abschleifen (Antenne nicht komplett im Bild)	19
Abb. 2.7	Zwergpinguin ausgerüstet mit Senderpack	21
Abb. 2.8	Verteilung der unterschiedlichen Empfangsbereiche für beide Studiengebiete (A – Motuara Island, B – Oamaru), Δ = Empfangsstationen	25
Abb. 2.9	Auswirkung der Signalposition auf die Größe des Fehlerpolygons	30
Abb. 3.1	Nest SG06 auf Motuara Island: bei Regen wurde das Nest vollständig geflutet, so daß die Eier von Wasser bedeckt waren	53
Abb. 3.2	Häufigkeitsverteilung der Ei-Schicksale bei Zwergpinguinen auf Motuara Island und in Oamaru	55

- Abb. 3.3** Häufigkeitsverteilung der Küken-Schicksale bei Zwergpinguinen auf Motuara Island und in Oamaru 58
- Abb. 3.4** Beziehung zwischen Datum und Mortalitätsrate bei Zwergpinguinküken auf Motuara Island; eine Periode starken Niederschlags trat zwischen dem 2.10 und dem 4.10. auf, die „Hungerphase“ liegt zwischen dem 26.10. und 10.11. 60
- Abb. 3.5** Wachstumskurven für A- und B-Küken auf a) Motuara Island und b) in Oamaru. Regressionskurven (polynomisches Modell): A-Küken (blau), B-Küken (rot) 61
- Abb. 3.6** Prozentualer Anteil überlebender Küken im Verhältnis zum Kükenalter bei Zwergpinguinküken auf Motuara Island und in Oamaru 80
- Abb. 4.1** Häufigkeitsverteilung der Entfernungen aller in Oamaru aufgenommenen Pinguinpositionen ($n = 499$) zur Kolonie. Zur Verdeutlichung der Bimodalität wurde eine polynomische Regression (6. Ordnung) angewendet. 85
- Abb. 4.2** LR-Trip des Pinguins 31767, (männlich, 1 Küken) am 09.12.2000 – „kreisförmiger“ Trip 86
- Abb. 4.3** LR-Trip des Pinguins 26237, (männlich, 1 Küken) am 13.12.2000 – „linearer“ Trip 87
- Abb. 4.4** SR-Trip des Pinguins 26601, (männlich, 1 Küken) am 11.12.2000 88
- Abb. 4.5** Langzeit-Trip des Pinguins 22873, (weiblich, 2 Eier) am 11.12.2000, Pfeil deutet weitere Bewegungsrichtung an 90
- Abb. 4.6** SR-Trip des Pinguins HG06-445 (männlich, 2 Küken) am 27.09.2000. Wetter: ruhig, sonnig; Wind: mäßig bis frisch aus Südwesten. 93
- Abb. 4.7** SR-Trip des Pinguins HG02-484 (männlich, 1 Ei) am 08.09.2000. Wetter: regnerisch, Wind: Nordwest, zum Teil heftige Böen 93

- Abb. 4.8** Erster Tag eines Langzeit-Trips (6 Tage) des Pinguins HG03-445 (weiblich, 2 Eier) am 17.09.2000. Ab 12:30 konnten die Signale des Pinguins nur noch auf Arapawa Island empfangen werden; der Pfeil deutet die weitere Bewegungsrichtung des Vogels an; Wetter: sonnig, Wind: Süd 95
- Abb. 4.9** Häufigkeitsverteilung der Entfernungen von allen ermittelten Pinguinpositionen zur Kolonie: Vergleich zwischen SR-Trips (links – $n = 189$) und LR-Trips (rechts – $n = 287$); die Pfeile markieren den jeweiligen Medianwert (SR-Trips: 5212m, LR-Trips: 11625m) 96
- Abb. 4.10** Häufigkeitsverteilung der Entfernungen von allen ermittelten Pinguinpositionen ($n = 429$) zur Kolonie bei 9 SR-Trips: der Pfeil markiert den Median (2546m) der Verteilung 98
- Abb. 4.11** Häufigkeitsverteilung der Entfernung von allen ermittelten Pinguinpositionen zur Kolonie: Vergleich zwischen SR-Trips von Zwergpinguinen von Motuara Island (links – $n = 429$) und Oamaru (rechts – $n = 198$); die Pfeile markieren die jeweiligen Medianwerte (Motuara Island: 2546m, Oamaru: 5212m) 99
- Abb. 4.12** Häufigkeitsverteilung der horizontalen Geschwindigkeiten zwischen zwei Pinguinpositionen aufgenommen in Oamaru 102
- Abb. 4.13** Häufigkeitsverteilung der horizontalen Geschwindigkeiten zwischen zwei Pinguinpositionen aufgenommen auf Motuara Island 104
- Abb. 4.13** Chlorophyll-A Verteilung um Neuseeland: gemittelte Konzentrationen für August 2000, Pfeil markiert Chlorophyll-A Band vor der Küste von Nord-Otago und Canterbury (NASA 2001) 113

Auflistung aufgeführter Tabellen

Tabelle 2.1	Theoretischer Empfangsradius der Empfangsstationen in beiden Studiengebieten	26
Tabelle 2.2a	Maximaler Positionsfehler (\pm km) - Oamaru	30
Tabelle 2.2b	Maximaler Positionsfehler (\pm km) – Motuara Island	31
Tabelle 2.3	Genauigkeit der zur Wägung verwendeten Pesola-Federwaagen	41
Tabelle 3.1	Bruterfolgsparameter von Zwergpinguinen auf Motuara Island, Marlborough Sounds: Vergleich der unterschiedlichen Nestareale. Die Werte für jedes Gebiet sind als Mittelwert \pm Standardfehler angegeben, die Anzahl der Beobachtungen (n) in Klammern	63
Tabelle 3.2	Bruterfolg von Zwergpinguinen auf Motuara Island: Vergleich zwischen den 6 Nestarealen auf Motuara Island mittels einer einseitigen Varianzanalyse (ANOVA) * kennzeichnet Signifikanzen bei $p \leq 0,05$	64
Tabelle 3.3	Bruterfolgsparameter von Zwergpinguinen in Oamaru: Vergleich der Nestareale <i>Creek</i> und <i>Quarry</i> . Werte für jedes Gebiet als Mittelwert \pm Standardfehler angegeben, Anzahl der Beobachtungen in Klammern	65
Tabelle 3.4	Bruterfolg von Zwergpinguinen um Oamaru: Vergleich der beiden Nestareale Quarry und Creek mittels Student'schem t-Test; * kennzeichnet Signifikanzen bei $p \leq 0,05$	66

- Tabelle 3.5** Bruterfolgparameter von Zwergpinguinen auf Motuara Island, Marlborough Sounds und in Oamaru: Gesamtvergleich der beiden Brutpopulationen. Werte sind für als Mittelwert \pm Standardfehler angegeben, Anzahl der Beobachtungen in Klammern 74
- Tabelle 3.6** Bruterfolg von Zwergpinguinen: Vergleich der beiden Studiengebiete auf Motuara Island und in Oamaru mittels Student'schem t-Test 75
- Tabelle 3.7** Wachstumsparameter von Zwergpinguinen: Vergleich zwischen zwei Populationen auf Motuara Island/Marlborough Sounds und in Oamaru MW: Mittelwert, SA: Standardabweichung. * kennzeichnet Werte bei denen statt Mittelwert der *Median* und statt Standardabweichung der *Standardfehler* verwendet wurde. 77
- Tabelle 4.1** Horizontalgeschwindigkeiten von Zwergpinguinen: Vergleich der 3 auftretenden Jagdtrip Arten (SR, LR, Langzeit) zwischen zwei Populationen auf Motuara Island/Marlborough Sounds und in Oamaru; zur statistischen Auswertung wurde der Student'sche t-Test angewendet, nachdem die Verteilungen über den Kolmogorov-Smirnoff-Test auf Normalität überprüft worden waren; MW: Mittelwert, SA: Standardabweichung. 105

Kapitel 1

Einleitung

1.1 DER ZWERGPINGUIN

Pinguine (Familie: *Spheniscidae*) stellen eine einzigartige Familie von flugunfähigen, pelagischen Seevögeln dar, die fast ausschließlich in den kühleren Gewässern der Süd-Hemisphäre zu finden sind (Reilly 1994). Einige Pinguinarten verbringen 80% ihres Lebens auf See und kehren nur zur Fortpflanzung in ihre Brutgebiete zurück (Williams 1995). Diese Lebensweise wird durch spezielle Anpassung an den marinen Lebensraum ermöglicht: Pinguine zeichnen sich durch stromlinienförmige Körper aus, die den geringsten Reibungswiderstand im Wasser aufweisen, der in der Natur oder der Technik bekannt ist (Bannasch 1995a, Bannasch 1995b); die Flügel sind zu schmalen, steifen Flippeln umgewandelt, die kraftvollen Antrieb unter Wasser liefern; die Knochen sind solide und schwer – im Gegensatz zum leichten Knochenbau fliegender Vögel; die kurzen Beine der Pinguine sitzen weit am hinteren Bereich des Körpers, wo sie effektive Steuerwerkzeuge darstellen; das wasserdichte Gefieder besteht aus kurzen, eng aneinander stehenden Federn deren dauniger Unterschaft erwärmte Luft auch Unterwasser am Körper hält, so daß eine effektive Isolierung des Körperkerns gewährleistet ist; und letztlich sind die Augen der Pinguine sowohl optimal an ein Leben unter Wasser als auch an der Luft angepaßt (Stahel & Gales 1987).

Von den 17 Pinguinarten, die weltweit anerkannt sind (Serventy *et al.* 1971; Williams 1995), brüten drei Arten auf dem neuseeländischen Festland: der Fjordland Pinguin (*Eudyptes pachyrhynchus*), der Gelbaugenpinguin (*Megadyptes antipodes*) und der Zwergpinguin (*Eu-*

dyptula minor) (Turbott 1990). Während die beiden erstgenannten Arten endemisch und ausschließlich auf den Süden der neuseeländischen Südinsel beschränkt sind, findet man Zwergpinguine – die kleinste aller Pinguinarten – weit verbreitet entlang der Küsten der neuseeländischen Nord- und Südinsel, auf Stewart Island und den Chatham Islands sowie um Tasmanien und Südaustralien (Williams 1995).

Die Brutperiode der Zwergpinguine beginnt in der Regel im späten neuseeländischen Winter (Juli bis August), doch große Variabilitäten sind nicht ungewöhnlich. So schwankte der Einsatz der Brutphase bei einigen Kolonien in den 90er Jahren zwischen Mai und Oktober (D. Houston, pers. Komm.). Diese zum Teil extremen Schwankungen können größtenteils auf klimatologische Prozesse wie El Niño und La Niña Ereignisse zurückgeführt werden (Perriman *et al.* 2000). Zwergpinguine legen in der Regel zwei Eier, aus denen nach einer mittleren Inkubationszeit von 35 Tagen zwei Küken schlüpfen. Die Küken werden nach ca. 7-8 Wochen flügge (Reilly 1981, Williams 1995). In einigen Regionen ist es nicht ungewöhnlich, daß Paare nach erfolgreicher Brut ein zweites Mal nisten (Perriman & Steen 2000, D. Houston, pers. Komm.).



Abbildung 1.1 Fünf Wochen alte Zwergpinguinküken in einer Nestbox

1.2 TAXONOMIE DES ZWERGPINGUINS

6 Unterarten des neuseeländischen Zwergpinguins wurden von Kinsky (1970) bzw. Kinsky & Falla (1976) beschrieben: *E. m. iredalei* (neuseeländische Nordinsel), *E. m. variabilis* (Cook Strait), *E. m. albosignata* (Banks Peninsula), *E. m. minor* (Otago, Southland, West Coast und Stewart Island), *E. m. chathamensis* (Chatham Islands) und *E. m. novaehollandiae* (Australien und Tasmanien). Gegenwärtig werden die Zwergpinguine Neuseelands und Australiens jedoch monospezifisch als *Eudyptula minor* zusammengefasst (Turbott 1990). Sowohl die Einteilung in Unterarten, als auch die monospezifische Erfassung sind unbefriedigend. Die Variabilitäten in Körpergröße und Gefiederfärbung in den verschiedenen Verbreitungsgebieten sind auffällig, so daß eine Einteilung in Unterarten wünschenswert wäre. Jedoch sollte Abstand von Kinsky & Fallas (1976) Beschreibungen genommen werden, da diese zum Teil auf undatierten Museumsstücken beruhen. Eine genetische Überprüfung der verschiedenen Unterarten steht noch aus.

Die Maori, Neuseelands Ureinwohner, nennen den Zwergpinguin „Korora“. Die englische Namensterminologie der Zwergpinguine ist umfangreich: „Fairy penguin“ (Australien), „Little Blue penguin“ oder „Blue penguin“ (Neuseeland) und letztlich „Little penguin“ in der internationalen Literatur (z.B. Williams 1995).

1.3 JAGDSTRATEGIEN UND BRUTERFOLG

Pinguine pendeln zwischen zwei Welten: sie brüten an Land, doch sie suchen ausschließlich auf See nach Nahrung. Außerhalb der Brutperioden und der Mauser sind die Tiere relativ unabhängig von ihrer Brutkolonie und können auf längere Jagdzüge gehen. Reichweiten solcher Jagdzüge variieren zwischen den Pinguinarten und können sich über Zeiträume von mehreren Monaten und Distanzen von über 1000 Km erstrecken (Wilson 1995, Wilson & Culik, 1998). Für Zwergpinguine sind Reichweiten von über 700 Km ausgehend von ihrer Brutkolonie bestimmt worden (Weavers 1992).

Anders jedoch während der Brutsaison: die Pinguine müssen in regelmäßigen Abständen zu ihrem Nest zurückkehren, um den Partner von den Nestwachen abzulösen bzw. die Küken mit Nahrung zu versorgen. Dementsprechend variiert die Dauer eines Jagdzuges mit dem Brutstadium (Wilson 1995). Im Verlaufe der Ei-Inkubation können Pinguine noch relativ weitreichende Jagdrouten wählen, während der Partner in seiner Fastenperiode auf dem Nest bleibt (z.B. Davis 1984, Davis *et al.* 1988, Numata *et al.* 2000). Während der Kükenaufzucht sind die Reichweiten der Pinguine am stärksten eingeschränkt: die Küken müssen regelmäßig mit Nahrung versorgt und besonders in der ersten Zeit nach dem Schlüpfen permanent von einem Elternvogel bewacht werden („Bewachungsstadium“). Viele Seevögel begehen der Kükenaufzuchtphase mit einem diurnalem Jagdverhalten: ein Elternvogel (im frühen Kükenstadium) oder später beide Elternvögel verlassen das Nest im Morgengrauen, verbringen den Tag auf See und kehren bei Sonnenuntergang zum Nest zurück (z.B. Davis 1982, Tveraa *et al.* 1996).

Speziell während der Brutphase lassen sich zwei generelle Jagdstrategien bei Pinguinen unterscheiden. Croxall & Davis (1998) klassifizieren Arten, die sich nicht weit von ihren Brutplätzen entfernen und in der Regel kurze, Ein-Tages-Trips unternehmen, als *küstennahe Jäger*

(„inshore foragers“ - z.B. Brillenpinguine, Zwergpinguine). Arten, die sich auch während der Brutzeit weiter von den Nistplätzen entfernen, werden entsprechend als *küstenferne Jäger* („offshore foragers“ – z.B. Adélie Pinguine, Kaiserpinguine) bezeichnet. Diese Klassifizierung ist jedoch nicht immer klar einzuhalten: Magellan Pinguine (*Spheniscus magellanicus*) zum Beispiel, zeigen typisches Jagdverhalten von küstenfernen Jägern (Croxall & Davis 1998). Die Arbeit von Radl & Culik (1998) zeigt jedoch, daß diese Pinguine durchaus auch in die Gruppe der küstennahen Jäger eingeordnet werden können. Dies legt die Vermutung nahe, daß küstennahe oder küstenferne Jagdstrategien nicht notwendigerweise ein interspezifisches Merkmal darstellen, sondern vielmehr auch innerhalb einer Art in Abhängigkeit der jeweiligen Brutgebiete vorkommen (Croxall & Davis 1998). Als Schlußfolgerung daraus ergibt sich, daß die Ausbildung unterschiedlicher Jagdstrategien eher eine Folge ökologischer Einflüsse ist, als das Resultat phylogenetischer Prozesse.

Zwergpinguine werden in der Regel als küstennahe Jäger angesehen (Croxall & Davis 1998, Numata *et al.* 2000, Renner & Davis, im Druck). Während der Brutssaison jagen Zwergpinguine auf Ein-Tages-Trips in den Gewässern um ihre Kolonie in einem Radius von 15 bis 20 Km (Dann & Cullen 1989, Gales 1990, Weavers 1992). Dieses Jagdverhalten wird auch bei brütenden Zwergpinguinen in Oamaru/Neuseeland vermutet (Renner 1998). Im Gegensatz dazu zeigte eine vergleichende Studie mit Zwergpinguinen auf Motuara Island in den Marlborough Sounds (Abb. 2.1), daß die Vögel dort signifikant längere Jagdtrips unternehmen (Numata *et al.* 2000). Dieses Jagdverhalten ist typisch für küstenfern jagende Arten: es werden längere Jagdtrips unternommen und dabei größere Distanzen von ihren Kolonien zurück gelegt, um so mangelhafte Beutedichten in der Nähe der Brutplätze zu kompensieren (Olsson 1997; Croxall & Davis 1998). Dementsprechend legen die unterschiedlichen Jagdmuster der Pinguine in Oamaru und Motuara Island während der Brutssaison die Vermutung nahe, daß

Zwergpinguine entweder als *küstennahe* (Pinguine in Oamaru) oder *küstenferne* (Pinguine auf Motuara Island) Jäger agieren.

Die Unterschiede im Jagdverhalten der oben genannten Kolonien scheint sich in deren Bruterfolg widerzuspiegeln: der Bruterfolg für die Brutsaison 1998/99 – gemessen als Prozentsatz erfolgreich aufgezogener Küken pro Paar – belief sich auf 89% in Oamaru (1,78 Küken pro Brutpaar) bzw. 36% (0,72 Küken pro Brutpaar) auf Motuara Island (Numata *et al.* 2000). Der Bruterfolg in Oamaru gehört damit zu den höchsten dokumentierten Bruterfolgsraten für Zwergpinguine (Fraser 1999, D. Houston, pers. Komm.); der Bruterfolg auf Motuara Island liegt hingegen unter dem Durchschnitt anderer Veröffentlichungen (Numata *et al.* 2000). Ähnlich niedrige Bruterfolgsraten auf Motuara Island wurden für die Brutperioden 1995/96 (36.5%) bzw. 1996/97 (29.5%) erfaßt (Renner 1998). Ein geringer Bruterfolg hängt wahrscheinlich von mangelhaften Beutedichten ab und variiert daher in hohem Maße mit Lokalität und Jahr (Reilly & Cullen 1981; Cullen *et al.* 1992). Folglich scheint der geringe Bruterfolg der Zwergpinguine auf Motuara Island direkt mit küstenfernen Jagdstrategien in Verbindung zu stehen: die Vögel verbringen längere Perioden auf See, was vermehrt zu Synchronisations-schwierigkeiten unter den Adulttieren, Verhungern der Küken und letztlich Nestaufgabe führen kann (Numata *et al.* 2000).

1.4 ZIELSETZUNG DIESER ARBEIT

Die Ziele dieser Arbeit erstreckten sich über zwei Aspekte der Brutbiologie der Zwergpinguine. Zum einen sollten die Jagdstrategien der Vögel, also ihr Verhalten auf See, untersucht werden. Zum anderen war der Bruterfolg in diesem Zusammenhang von großem Interesse, da dieses direkt vom Verhalten der Vögel auf See abhängt (Wilson 1995). Die Zielsetzung dieser Arbeit fußte entsprechend auf folgende Hypothesen:

(1) Die auf Motuara Island brütenden Zwergpinguine müssen größere Distanzen pro Jagdtrip zurücklegen und entfernen sich weiter von ihrem Nest (küstenferner Jäger), während die Pinguine um Oamaru ein für küstennahe Jäger typisches Verhalten an den Tag legen.

(2) Die Unterschiede bei beiden Pinguinpopulationen sind durch den Einfluß ökologischer Faktoren (Beutereichtum, intra- und interspezifische Konkurrenz, etc.) bedingt.

Zum Beispiel wäre zu erwarten, daß sich jagende Zwergpinguine auf Motuara Island vornehmlich in Richtung des offenen Gewässers orientieren, da Konkurrenzdruck durch Artgenossen und anderen Seevögeln den Bereich des inneren Queen Charlotte Sound unattraktiv machen. Weiterhin ist es denkbar, daß für die Pinguine in Oamaru der Nährstoffeintrag über die großen Flußsysteme in die Küstengewässer Nord-Otagos die Primär- und Fischproduktion begünstigt und damit eine gute Nahrungsgrundlage bedingt.

(3) Der Bruterfolg der Zwergpinguine hängt direkt vom Jagdverhalten ab.

Hier ist zu erwarten, daß – wie von Numata *et al.* (2000) behauptet – der Bruterfolg in erster Linie von den Jagdreichweiten abhängt. Pinguine von Motuara Island entfernen sich weiter von ihrer Brutkolonie, lassen daher Eier oder Küken für längere Perioden unbeaufsichtigt und kehren mit weniger Beute zu den Nestern zurück, als dies bei Pinguinen um Oamaru der Fall ist. Dementsprechend kann der Bruterfolg als Maß für den Erfolg der jeweils eingesetzten Jagdstrategie gewertet werden

Kapitel 2

Material und Methoden

2.1 STUDIENGEBIETE

Um die Hypothese unterschiedlicher Jagdstrategien und Jagdreichweiten in Abhängigkeit des Standortes zu überprüfen, lag es nahe zwei Kolonien zu wählen, an denen zuvor schon gearbeitet wurde. Renner (1998) untersuchte in den Saisons 1996 und 1997 den Bruterfolg von Zwergpinguinen auf Motuara Island in den Marlborough Sounds ($41^{\circ}06'S$, $174^{\circ}16'E$); Numata (2000) führte eine vergleichende Studie bezüglich des Bruterfolges und der Nestaktivitäten zwischen den Pinguinen auf Motuara Island und Pinguinen um Oamaru ($45^{\circ}06'S$, $170^{\circ}58'E$) im Südosten der neuseeländischen Südinsel durch (siehe Abb. 2.1). In Anbetracht der Ergebnisse beider Arbeiten und der daraus zugänglichen Daten erwiesen sich beide Kolonien als ideal, die Zielsetzung meiner Arbeit zu verfolgen. Im folgenden werden beide Untersuchungsgebiete genauer beschrieben.



Abbildung 2.1 Übersichtskarte Neuseeland und Studiengebiete: (A) Marlborough Sounds, (B) äußerer Queen Charlotte Sound (SS – Ship Cove, CC – Cannibal Cove) und (C) Nord Otago

2.1.1 Motuara Island

Motuara Island ist eine 59 Hektar große Insel im äußeren Queen Charlotte Sound (Abb. 2.1). Der höchste Punkt der Insel liegt etwa 128 m über dem Meeresspiegel. Die Insel – ursprünglich Mitte des 19. Jahrhunderts für Farmnutzung gerodet – wurde in den späten 20er Jahren des 20. Jahrhunderts als „scenic reserve“ (Naturschutzgebiet) ausgeschrieben, so daß sich Sekundärwald ausbilden konnte, der die Insel nunmehr komplett bedeckt. Die Vegetation besteht hauptsächlich aus Mahoe (*Melcytus ramiflorus*), Five-finger (*Pseudomanax arboreus*) und Pepper Trees (*Kunzea ericoides*); die oberen Lagen der Insel werden von Manuka (*Leptospermum scorparium*) dominiert. Motuara Island ist Lebensraum für mehrere bedrohte neuseeländische Vogelarten wie dem Grauschnäpper (*Petroica australis*) und dem Sattelrücken (*Philesturnus carunculatus*) sowie dem Okarito-Streifenkiwi (*Apteryx australis*), der im Rahmen des *Kiwi Recovery Programmes* (<http://www.kiwirecovery.org.nz>) auf der Insel angesiedelt ist.

Motuara Island steht unter der Verwaltung des „Department of Conservation“ (DoC) - dem neuseeländischen Umweltministerium - und wurde zu Beginn der 90er Jahre in einem extensiven Programm von Kiore-Ratten (*Rattus exulans*) bereinigt. Die Insel gilt seitdem als „Predator frei“. Aviatische Räuber wie der Kahu (neuseeländische Weihe - *Circus approximans*) frequentieren die Insel jedoch regelmäßig, haben im Vergleich zu Ratten allerdings nur einen geringen Einfluß auf die Brutpopulationen der Insel. Im Verlaufe dieser Arbeit wurden an zwei unterschiedlichen Orten der Insel Wekarallen (*Gallirallus australis*) gesichtet, die ebenfalls predatorisch aktiv sind.

Motuara Island ist kein geschlossenes Reservat: die Öffentlichkeit hat Zugang zu der Insel über eine Steganlage, von der ein Wanderweg zu einer Aussichtsplattform am höchsten Punkt im Süden der Insel führt. Von dem Weg zur Plattform abgesehen ist die Insel für die Öffent-

lichkeit nicht erschlossen und dichte Vegetation verhindert Fußgängerverkehr, der das Brutverhalten der Avifauna der Insel negativ beeinflussen könnte.

Renner (1998) schätzt die Brutpopulation von Zwergpinguinen auf der Insel auf etwa 300 Paare. Es hat allerdings den Anschein, daß die Anzahl brütender Paare mittlerweile geringer ist, da viele der von Renner markierten Bauten während meiner Feldarbeit keine Brutpaare beherbergten. Andere auf der Insel zu findende baubrütende Seevögel sind Dunkelsturmtaucher (*Puffinus griseus*) und *Puffinus weis*, die Pinguine vereinzelt in Territorialkämpfe verwickeln (Renner 1998, eigene Beobachtungen).

Pinguinnester auf Motuara Island bestehen aus Erdbauten, Felsspalten oder Felshöhlen, abgestorbenen Baumstämmen oder untergrabenen Wurzelbereichen, sowie Nestboxen, die vom DoC auf der Insel installiert wurden.

Die Datenaufnahme auf Motuara Island erfolgte in dem Zeitraum vom 6.9. bis 29.11.2000. Vor Beginn der Datenaufnahme wurden die aus Renner (1998) und Numata's (1999) Arbeiten bekannten Untersuchungsgebiete im Südwesten der Insel auf aktive Nester überprüft. Da viele Bauten nicht besetzt waren, wurden weitere Untersuchungsareale im Westen und entlang der Ostseite der Insel hinzugezogen. Insgesamt können 6 Untersuchungsareale unterschieden werden, die wie folgt benannt sind: Hut Gully, West Gully, East Gully, Frog Trail, South Gully und T-Gully. Die Positionen der Nester wurden für nachfolgende Projekte mit einem GPS Empfänger (Garmin GPSII Plus) mit einem maximalen Positionsfehler von 10 m aufgenommen und kartographiert. Die Verteilung der Untersuchungsareale sowie die Nestpositionen sind in Abbildung 2.2 wiedergegeben.

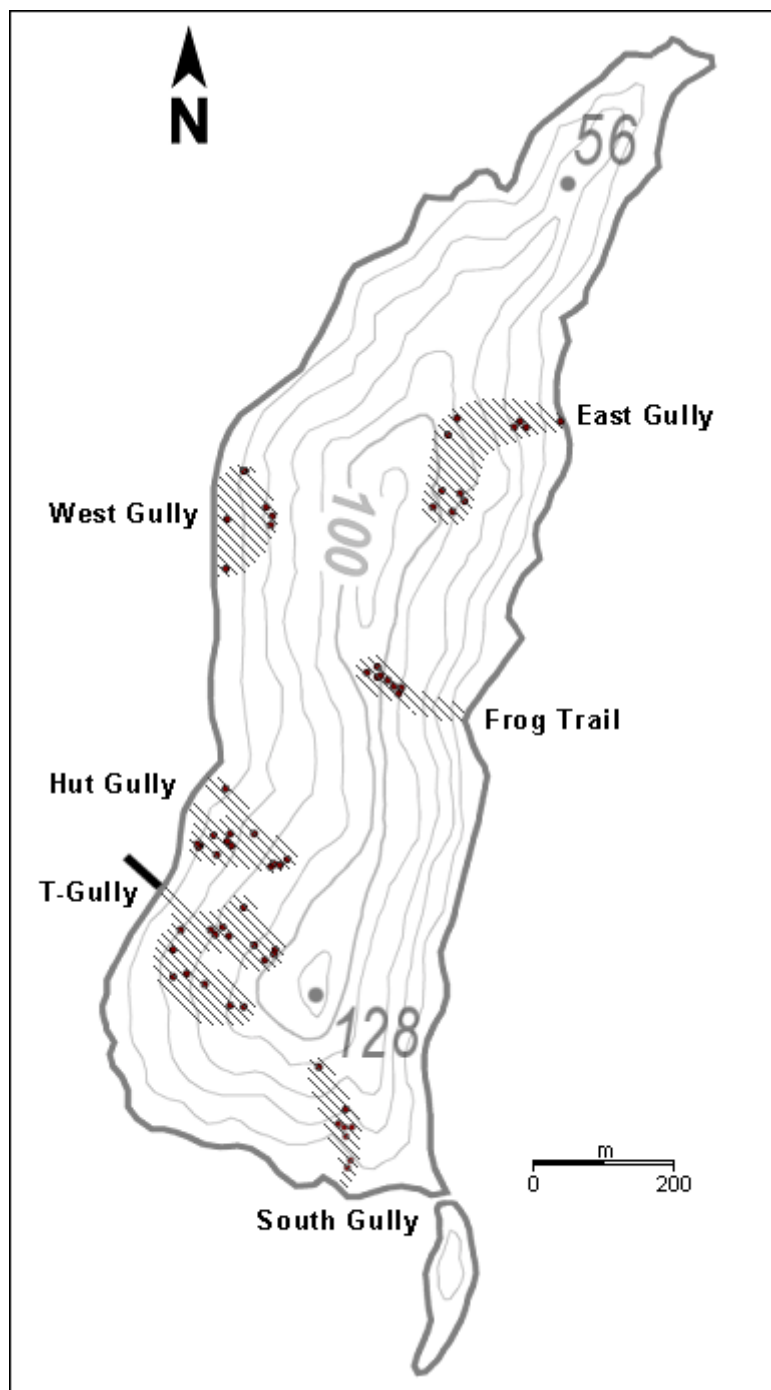


Abbildung 2.2 Untersuchungsareale und Nestpositionen auf Motuara Island

2.1.2 Oamaru

Oamaru ist eine an den Waitaki River angrenzende Kleinstadt (ca. 15.000 Einwohner) etwa 100 Km nördlich von Dunedin. Spätestens seit Anfang der 90er Jahre sind Zwergpinguine ein zentraler Aspekt der Tourismus-Branche in Oamaru: mit der Etablierung der *Oamaru Blue Penguin Colony* im Jahre 1992 wurde ein wichtiger Einnahmefaktor für die Stadt erschlossen (D. Houston, pers. Komm.). Die *Oamaru Blue Penguin Colony* befindet sich am Ostende des Hafens von Oamaru im Bereich eines stillgelegten Steinbruchs („Quarry“ – Abb. 2.4). Zwergpinguine nisteten hier ursprünglich unter Felsbrocken und Baumaterialien. Die Verwaltung des Distriktes verwarf Pläne für den Bau einer Zementfabrik und investierte stattdessen in den Aufbau einer Touristenkolonie unter Anleitung des Department of Conservation. Zu diesem Zweck wurden Nestboxen mit zu öffnenden Deckelklappen in Erdwälle eingegraben die daraufhin mit einheimischen Strauchgewächsen bepflanzt wurden (D. Houston, pers. Komm.). Die Reaktion der Pinguine war unerwartet gut, so daß mittlerweile nahezu 200 Brutpaare in der Kolonie angesiedelt sind. Die *Oamaru Blue Penguin Colony* bietet Touristen allabendlich die Möglichkeit, die „Penguin Parade“ zu beobachten (Abb. 2.3).

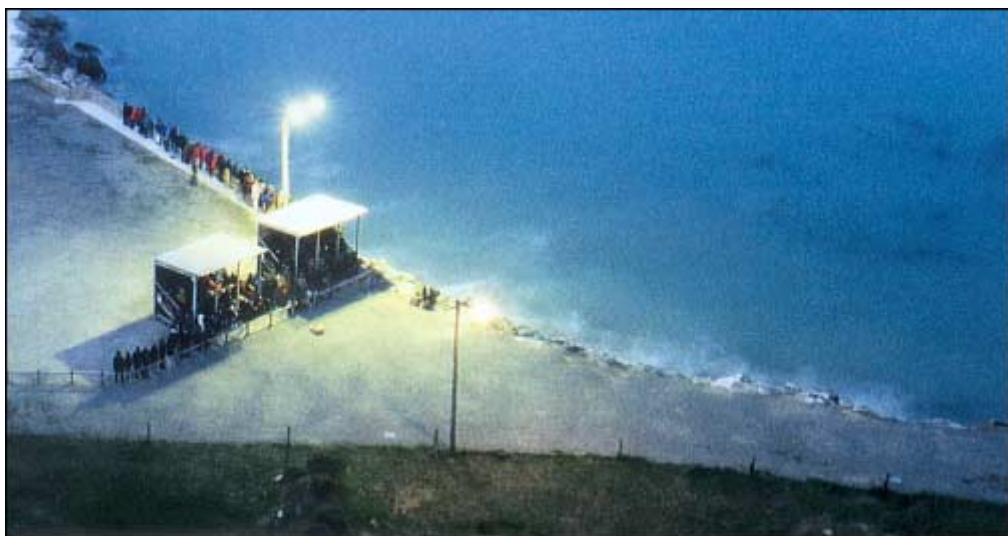


Abbildung 2.3 Oamaru Blue Penguin Colony während der „Penguin Parade“

Das Nestboxareal in der Kolonie – im folgenden Quarry genannt – ist vollständig eingezäunt, um Störungen der Pinguine durch Passanten oder Hunde sowie durch Seelöwen (*Phocarctos hookeri*) oder Seebären (*Arctocephalus forsteri*) zu unterbinden. Die Maschenweite der Zäune ist groß genug, damit die Pinguine problemlos durch den Zaun in das Kolonieareal gelangen können. Dadurch ist der Zaun aber ebenfalls kein Hindernis für streunende Hauskatzen, Wanderratten (*Rattus norvegicus*) sowie Iltisse (*Putorius putorius*), die in Oamaru als Räuber auf Zwergpinguine und Gelbaugen-Pinguine (*Megadyptes antipodes*) einwirken. Aus diesem Grund sind innerhalb des Koloniegeländes zusätzlich zahlreiche beköderte Tunnelfallen ausgelegt. Trotzdem ist es nicht ungewöhnlich, daß Pinguine dem ein oder anderen Jäger zum Opfer fallen (D. Houston, pers. Komm.).

Unter der Leitung des Department of Conservation werden alle Nestboxen der Kolonie einmal wöchentlich untersucht; dabei werden die anwesenden Pinguine registriert sowie deren Brutstatus aufgenommen. Die Daten dieses „monitorings“ gingen zum Teil auch in meine Arbeit mit ein.

Um die Auswirkung des Tourismus auf den Bruterfolg und das Verhalten der Zwergpinguine zu untersuchen, wurde eine Kontrollkolonie, etwa 1 Km vom Quarry entfernt, etabliert. Das *Oamaru Blue Penguin Refuge* schließt direkt südlich an den Oamaru Creek an und ist ein ebenfalls abgezäuntes Gebiet in direkter Nachbarschaft eines Rangierbahnhofes („Creek“ – Abb. 2.4). Der Zugang ist der Öffentlichkeit untersagt. Hier sind ebenfalls mit Deckeln versehene Nestboxen in Erdwällen eingegraben die von den Pinguinen als Bruthöhlen akzeptiert werden; kürzlich wurden ebenfalls Sträucher im Bereich der Nesthügel gepflanzt, doch insgesamt waren die Nesthügel den Elementen (Regen, Sonneneinstrahlung, etc.) hier weit mehr ausgeliefert als am Quarry. Ein weiterer Unterschied der beiden Kolonien ist, daß die Abzäunung des Nestboxareals am Creek im Strandbereich nicht abschließt. Vielmehr ist die Kolonie

von der Seeseite her offen bzw. nur durch eine Buschlinie abgeschlossen ist, was auch das Eindringen von Hunden ermöglicht. Auch am Creek sind Tunnelfallen ausgelegt.

Am Creek nisteten zur Zeit der Datenerhebung 40 Brutpaare in den Nestboxen, weitere Nester wurden in Steinhäufen entdeckt, wurden aber nicht in die Datenaufnahme einbezogen. Die Kolonie am Creek wird entsprechend der Quarry-Kolonie einmal wöchentlich untersucht.

Die Arbeit in Oamaru erfolgte in zwei Phasen: vom 3.7.2000 bis 26.8.2000 und vom 4.12.2000 bis 21.1.2001. Die erste Phase diente hauptsächlich der Erprobung der telemetrischen Methoden und Ausrüstung; der Hauptteil der Daten wurde in der zweiten Phase aufgenommen.

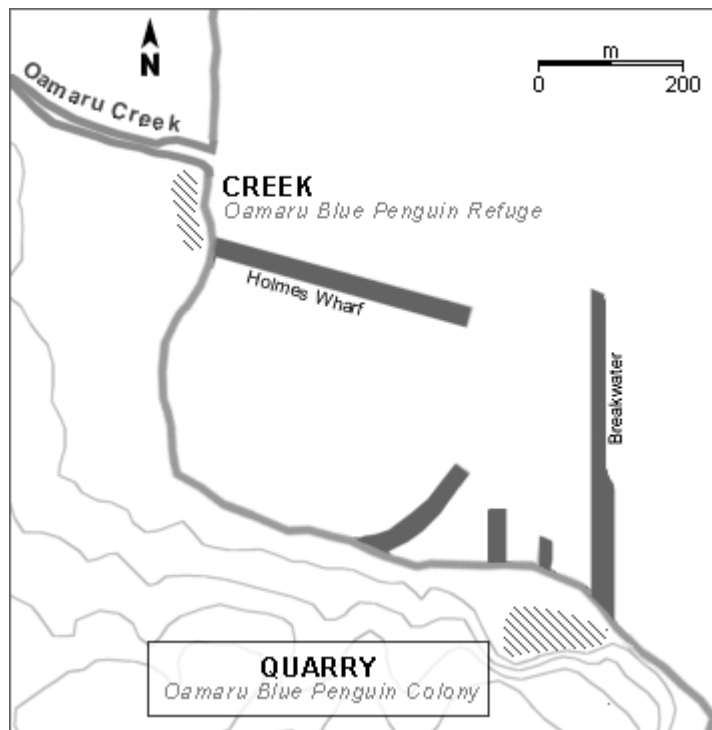


Abbildung 2.4 Der Oamaru Harbour und die Untersuchungsareale in Oamaru

2.2 JAGDSTRATEGIEN

Pinguine sind Pendler zwischen zwei Elementen: sie brüten an Land doch jagen ausschließlich auf See. Eine Beobachtung der Vögel ist auf See schwierig wenn nicht unmöglich, da die Vögel meist in großer Entfernung zum Land jagen (siehe dennoch Dann 1989). Beobachtungen jagender Pinguinen werden durch die ausgiebigen Tauchphasen im Verlaufe eines Jagdausflüge zusätzlich erschwert (Wilson 1995). Um trotzdem Informationen über das Jagdverhalten der Vögel zu erhalten, bleibt lediglich der Einsatz von Fernerkundungsmethoden (Telemetrie). Eine Reihe von telemetrischen Methoden stehen dabei zur Verfügung, z.B. Satellitentelemetrie, Radiotelemetrie und Geolokation über Lichtsensoren, um Aufenthaltsorte einzelner Tiere im Verlaufe eines Jagdausflüge zu bestimmen (z.B. Weavers 1992, Culik *et al.* 2000), oder Fahrtenschreiber die Tauchtiefe, Temperatur, Schwimmgeschwindigkeiten etc. gegen die Zeit aufnehmen, um Informationen über Tauchverhalten sowie Umgebungsvariablen zu erlangen (z.B. Wilson *et al.* 1994, Radl & Culik 1999, Culik *et al.* 2000).

Um die Hypothese der unterschiedlichen Jagdstrategien als küstennahe bzw. küstenferne Jäger zu überprüfen, gab es keine Alternative zur Radiotelemetrie, also dem Einsatz von Kurzwellensendern an den Tieren und die Lokalisierung über Richtungsantennen. Die Pinguine sind während der Brutphase in ihren Jagdreichweiten eingeschränkt, d.h. die Nestpflichten unterbinden Jagdausflüge, bei denen sich die Alttiere über einen längeren Zeitraum von ihrem Nest entfernen würden. Daher sind die Geolokation, die lediglich zwei Positionen pro Tag (Sonnenauf- und untergang) liefert, und die Satellitentelemetrie, mit zeitlicher Variabilität in der Satellitenabdeckung, ungeeignet. Der Einsatz von GPS-Loggern oder Fahrtenschreibern, die aus Schwimmgeschwindigkeit und Richtung auf die Positionen eines Pinguins schließen lassen (Wilson 1988, Wilson 1991), waren zur Zeit dieser Studie für den Einsatz an Zwergpinguinen aufgrund der Gerätegröße ungeeignet (R. Wilson, pers. Komm.).

2.2.1 Konstruktion des Senders

Vor Beginn der Freilandarbeit entwickelte ich ein 30-Gramm Senderpack, welches dorsal am Gefieder der Pinguine angebracht werden sollte. Ich versuchte das Gerät so zu konzipieren, daß folgende Eigenschaften erzielt werden: der resultierende Strömungswiderstand während der Tauchphasen des Pinguins sollte so gering wie möglich ausfallen (Bannasch 1994); der Sender sollte unauffällig sein, um nicht die Aufmerksamkeit von Freßfeinden, Beute oder anderen Pinguin zu erregen (Wilson & Wilson 1988, Wilson *et al.* 1990). Er sollte die Tiere an Land möglichst wenig beeinflussen und ein geringes Gewicht aufweisen. Ferner war es wichtig, daß der Sender widerstandsfähig gegen Beschädigung durch den Pinguin und seine Umgebung war. Die verwendeten Batterien sollten eine ausreichende Lebensdauer aufweisen und leicht Auswechselbar sein. Der Aufbau des fertigen Senderpacks wird im folgenden beschrieben.

Den Kern des Gerätes bildete ein MiPs-1B Minipeilsender (Abb. 2.5 – Reimesch Kommunikationssysteme GmbH, Auf der Kaule 23, D - 51427 Berg. Gladbach), mit folgenden Maßen - Länge: 15mm; Breite: 8mm; Höhe: 2mm. Um den Sendebetrieb kontrollieren zu können, wurde in die Stromversorgung ein Reed-Schalter eingesetzt, so daß der Sender durch Anbringen eines Magneten oberhalb des Reed-Schalters ausgeschaltet werden konnte. Insgesamt standen 12 MiPs zur Verfügung. Jeder dieser MiPs war auf eine spezifische Frequenz im Radiofrequenzband von 148 bis 150 MHz eingestellt. Die Pulsrate der Sender war auf etwa 60-80 Pulse/min eingestellt, variierte jedoch in mit dem Batteriezustand (Spannung, Feuchtigkeit). Laut Hersteller betrug die Reichweite des MiPs-1B zwischen 40 und 50 Kilometern.

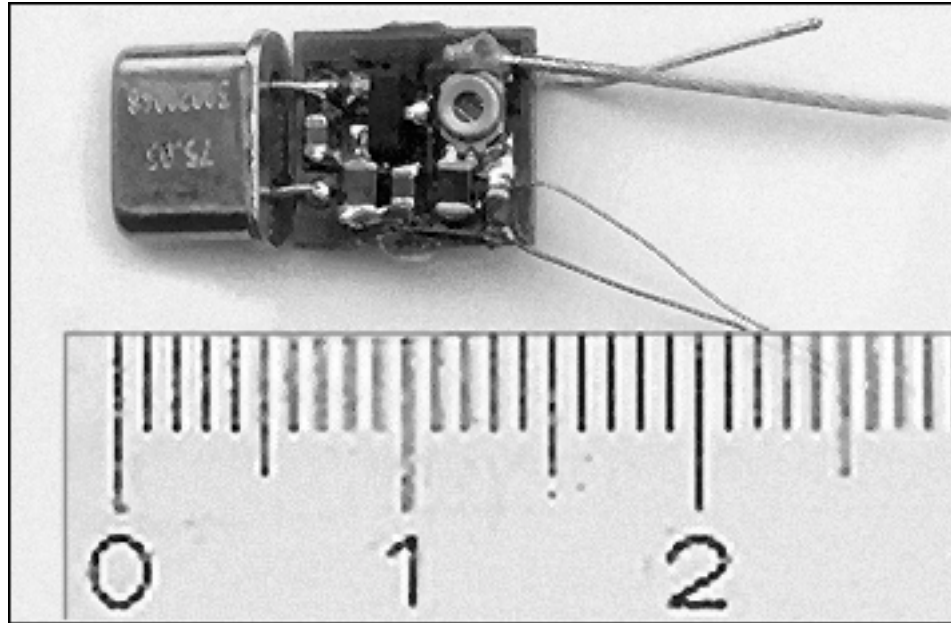


Abbildung 2.5 MiPs-1B Minipeilsender

Der MiPs wurde über einen zylindrischen Lithium-Batteriepack (Länge: 18 mm, Durchmesser: 11 mm) mit Strom versorgt. Als Batteriegehäuse verwendete ich die abgesägten Spitzen von Plastikreagenzgläsern (Länge: 25 mm, Durchmesser: 16 mm); die Batterien, wie auch Batteriegehäuse bedingten im Vergleich zu den von Weavers (1991) beschriebenen Geräten ein langgezogenes Senderpaket. Die Länge des Senderpaketes hat jedoch aus Sicht hydrodynamischer Aspekte keinen nennenswert negativen Einfluß (Bannasch 1994). Das Batteriegehäuse wurde beim Zusammenbau der Senderpacks mit Silikon versiegelt, so daß beim späteren Eingießen der Elektronik in die endgültige Senderform die Batterien nicht unlösbar fixiert wurden. So war es möglich, diese nach dem Aufbrauchen, durch Aufbohren des Sendergehäuses zu entfernen und zu ersetzen.

Als Antenne verwendete ich eine 2 mm starke Edelstahllitze, wie sie im Bootsbau als Takelage verwendet wird. Meine Entscheidung fiel auf dieses Material, da dies die kostengünstigste Lösung darstellte. Weavers (1991) verwendete 1 mm starken Stahldraht, der als Leiter für Angelleinen verwendet wird; mir war es jedoch nicht möglich entsprechenden Draht zu fin-

den, der eine geeignete Flexibilität aufwies. Die von mir verwendete Stahllitze war leicht biegsam, so daß theoretisch geringe Schwimmgeschwindigkeiten eines Pinguins unter Wasser ausreichen, die Antenne in die Horizontale auszurichten; dadurch wird die durch die Antenne resultierende Wasserreibung vermindert (Bannasch 1994). Auf der anderen Seite hatte die Antenne eine ausreichende Festigkeit, um sich selbständig aufzurichten, sobald der Pinguin die Wasseroberfläche erreichte. Die Antenne hatte zunächst eine Länge von 30 cm, wurde jedoch nach Reichweiten-Tests auf eine Länge von 23 cm verkürzt. Die Antenne war zunächst senkrecht zur Geräteebene im Gehäuse fixiert, konnte nach Aushärten des Polyesterharzes dann aber nach hinten gebogen werden (auf ca. 60-70° zur Geräteebene).

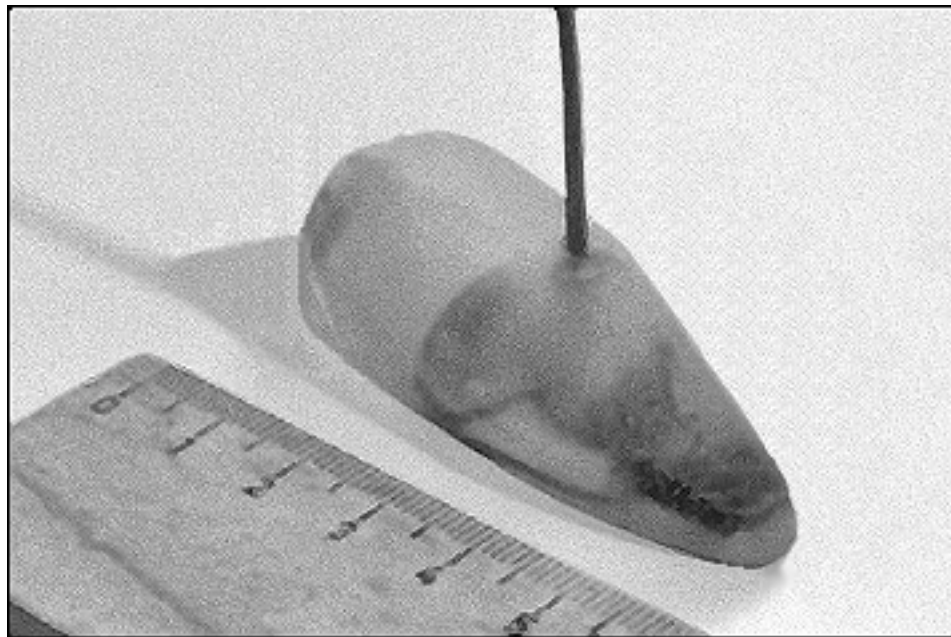


Abbildung 2.6 Der Senderpack nach Zusammenbau, Eingießen und Abschleifen
(Antenne nicht komplett im Bild)

Um ein möglichst stromlinienförmiges Gehäuse zu erlangen, erstellte ich Prototypen aus Balsaholz. Bei der Konstruktion dieser Prototypen orientierte ich mich an den Angaben von Bannasch (1994), so daß der fertige Prototyp mit einem sich verjüngenden Vorderende und einem vertikalen Hinterende ausgestattet war. Ich verwendete die Holzprototypen um 2 Silikonfor-

men mit jeweils 4 Abdrücken der Prototypen zu erstellen. Die Elektronik wurde nach dem Zusammenbauen in den Silikonformen mit Polyesterharz (Glosscoat Polyesterharz, Voss Chemie) wasserdicht eingegossen. Nach Aushärten des Polyesterharzes wurden die Sender an einer Schleifbank glatt geschliffen. Die Endmaße des Senderpacks waren - Länge: 60 mm; Breite: 20 mm; Höhe: 18 mm (siehe Abbildung 2.6). Das Gewicht betrug 35 Gramm.

Insgesamt standen mir 12 MiPs-Sender zur Verfügung, von denen jedoch ein Sender während des Eingießens zerstört wurde und zwei weitere vor dem Einsatz im Feld wegen technischer Defekte ausfielen. Letztendlich konnte ich mit 9 Sendern die Arbeit an den Pinguinen aufnehmen.

2.2.2 Befestigung des Senderpacks am Pinguin

Ich befestigte die Sender im unteren Rückenbereich der Pinguine. Dabei achtete ich darauf, daß die Bürzeldrüse nicht vom Sender verdeckt wurde oder der Pinguin daran gehindert wurde, an die Drüse zu gelangen. Bei der Befestigungsmethodik orientierte ich mich an der allgemein bei Pinguinen verwendeten „Tesa-Tape-Technik“, bei der Gewebeklebeband (Tesa-Gewebeklebeband No. 4651, Baiersdorf AG, Hamburg) dazu verwendet wird, das Gerät mit Klebestreifen reversibel am Gefieder zu befestigen (Wilson & Wilson 1989, Wilson *et al.* 1997). Diese Technik erwies sich als nicht unproblematisch, da die Senderpacks relativ klein waren und daher nur eine kleine Klebefläche zur Verfügung stand. Um eine optimale Anordnung der Klebestreifen zu ermitteln, führte ich in Oamaru vor dem Einsetzen der Brutphase eine Reihe von Dummy-Tests durch. Bei diesen Tests befestigte ich Sender-Attrappen (Polyestergehäuse ohne Elektronik und Antenne) mit verschiedenen Klebetechniken und überprüfte den Zustand und den Halt des Klebeband über die nächsten Tage.

„Unbearbeitete“, 18mm breite und 50-100mm lange Streifen des Klebebands reichten nicht aus um die Attrappen oder Sender adäquat zu befestigen. Die Pinguine in Oamaru kamen in zum Teil extremer Brandung an den Strand, so daß einige Dummies zum Teil abrissen. Speziell im vorderen, sich verjüngenden Bereich des Senders mußten längshalbierte Klebestreifen verwendet werden, damit möglichst viele Federn auf der Klebefläche auflagen und der Befestigung zusätzliche Stabilität verliehen. Letztendlich bewährte sich eine Klebetechnik mit 4 längshalbierten Streifen in der vorderen Hälfte und zwei normalbreiten Klebestreifen im hinteren Bereich des Dummys/Senders (Abb. 2.7). Ich verwendete ausschließlich schwarzes Klebeband, um die Sender möglichst unauffällig zu halten (Wilson & Wilson 1988, Wilson *et al.* 1990).



Abbildung 2.7 Zwergpinguin ausgerüstet mit Senderpack

2.2.3 Empfang des Radiosignals

Aufbau der Empfangsstationen

Um die Jagdrouten und Reichweiten von Zwergpinguinen zu ermitteln, wurden landbasierte, feststehende Empfangsstationen verwendet. Der Empfang des Radiosignals erfolgte über zwei Antennenschaltungen. Jede dieser Schaltungen bestand aus zwei Präzisionsrichtantennen (RA-NS 5, Telonics, Mesa, AZ, USA), die im „Null Peak System“ konfiguriert waren. Dazu wurden zwei 5-Elemente-Yagi-Antennen in einem Abstand von 2,5 m parallel an einem horizontalen Antennenmast befestigt. Der horizontale Mast war seinerseits auf einem 3 m hohen vertikalen Mast montiert, welcher in einem Teflonschuh stand. Über Ringe im oberen Bereich des vertikalen Masts konnten Spannseile an der Antenne angebracht und die Antenne so freidrehbar fixiert werden. Mit Griffen, die am Mast befestigt waren, konnte die Antenne leicht rotiert werden. Die Basis des Antennenturmes lief durch das Zentrum eines runden Campingtisches und einer darauf befestigten Kompaßrose. Über einen am angebrachten Zeiger konnten der Peilwinkel bestimmt werden.

Im „Null Peak System“ werden die, von den beiden parallelen Yagi-Antennen gelieferten Signale über eine „Null Peak Box“ um 180° außer Phase moduliert. Dadurch löschen sich die Signale aus, wenn beide Antennen das Signal gleich stark empfangen. Dies ist der Fall, wenn beide Yagi-Antennen im gleichen Winkel zur Signalquelle stehen, also genau auf die Signalquelle (den Pinguin) ausgerichtet sind.

Die Antennenschaltungen operierten im 148-150 MHz Frequenzband. Die Eingangssignale beider Yagi-Antennen wurden über Coax-Kabel in die Null Peak Box geleitet, dort zu einem einzelnen Signal moduliert und über ein weiteres Coax-Kabel in einen Kurzwellen-Transceiver (Yaesu FT-290 RII – Yaesu Musen Co. Ltd., Tokyo, Japan) geleitet. Über den Transceiver war es möglich, die spezifischen Frequenzen der einzelnen Sender auszuwählen.

Jede Empfangsstation war mit handelsüblichen Knopföhörern versehen; ein Mono-Steckeradapter ermöglichte die Tonausgabe des Transceivers auf beide Hörer. Wenn das Eingangssignal schwach war – in Abhängigkeit von der Entfernung des Senders, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck –, wurde ein ULNPA 150 Vorverstärker mit Rauschunterdrücker (Reimesch Kommunikationssysteme GmbH) zwischen Antenne und Yeasu-Empfänger geschaltet. Der Stromversorgung diente an jeder Station ein über eine Autobatterie an die Anlage geschaltetes Solarpanel.

Positionierung der Empfangsstationen

Die Berechnung der Pinguinpositionen erfolgten über Dreiecksgleichung mit den an den Empfangsstationen innerhalb eines Zeitfenster aufgenommenen Peilwinkel (siehe dazu Punkt 3.1.4). Um den Winkelfehler zu verringern, war es notwendig, beide Empfangsstationen so weit voneinander entfernt zu plazieren, daß das Jagdgebiet der Pinguine von beiden Stationen gut abgedeckt war bzw. die Pinguine sich meist zwischen beiden Stationen aufhielten (siehe dazu Zimmerman & Powell 1995). Um die Empfangsreichweite der Sender zu vergrößern, war es wichtig, die Empfangsstationen höchstmöglich über dem Meeresspiegel zu plazieren (auf küstennahen Bergen, Klippen etc.). Höhe und geographische Position (Länge/Breite) aller Stationen wurde über einen GPS Empfänger (Garmin GPSII Plus) mit einer Fehlergenauigkeit <10 m bestimmt. Die Konstellation der Empfangsstationen in beiden Gebieten ergab sich wie folgt:

Oamaru

Das Gebiet um Oamaru zeichnet sich durch einen relativ gradlinigen Küstenverlauf aus, der theoretisch eine gute Radioabdeckung ermöglicht. Negativ wirkt sich jedoch aus, daß keine nennenswerten Erhebungen wie Berge oder Klippen zur Verfügung stehen, um die Empfangsstationen optimal zu plazieren. Empfangsstation 1 („Gun“ - 45° 06.73 S, 170° 58.94 O, Höhe

= 61 m) wurde unweit der Quarry-Kolonie innerhalb einer abgeäuzten, historischen Geschützstellung errichtet. Empfangsstation 2 („Dead Shark Beach“ - $45^{\circ} 01.86$ S, $171^{\circ} 04.11$ O, Höhe = 23 m) befand sich einige Kilometer nördlich von Oamaru auf einer Steilklippe (Abb. 2.8a). Aus den Koordinaten beider Stationen konnte die Länge der Basislinie, also die Entfernung zwischen beiden Stationen, berechnet werden - diese betrug 11700 m.

Motuara Island

Die Wahl der Empfangsstationen war durch die relativ isolierte Lage des Studiengebietes in erster Linie von den logistischen Möglichkeiten abhängig. Empfangsstation 1 wurde auf dem Aussichtsturm am höchsten Punkt der Insel errichtet („Motuara“ - $41^{\circ} 05.74$ S, $174^{\circ} 16.43$ O, Höhe = 148 m). Empfangsstation 2 befand sich auf Arapawa Island auf der Ostseite des Queen Charlotte Sounds („Arapawa“ - $41^{\circ} 06.75$ S, $174^{\circ} 22.20$ O, Höhe = 426 m). Damit ergab sich eine Basislinienlänge von 7900 m (Abb. 2.8b).

Empfangsreichweiten

Die maximale Reichweite der Sender wurden in einem Überlandtest auf ca. 30 Km bestimmt. Die Reichweite auf See sollte jedoch oberhalb dieser Distanz liegen, da hier Hindernisse, welche die Landübertragung beeinträchtigen (Wald, Gebäude, Stromleitungen etc.), keine Rolle spielen. Daher halte ich die vom Hersteller mit 40-50 Km angegeben Sendereichweite der MiPs für realistisch. Um die tatsächlichen Empfangsreichweiten auf See einzuschätzen, berechnete ich die Distanz zwischen Antenne und Horizont, die aufgrund der Erdkrümmung direkt von der Höhe der Antennenpositionen abhängt („Bereich optimalen Empfangs“ - Tabelle 2.1). Zwar kann das Signal weiterhin Empfangen werden, wenn der Sender hinter dem Horizont verschwindet, doch sollte dies die Empfangsqualität und damit die Genauigkeit der Peilungen einschränken („Bereich eingeschränkten Empfangs“).

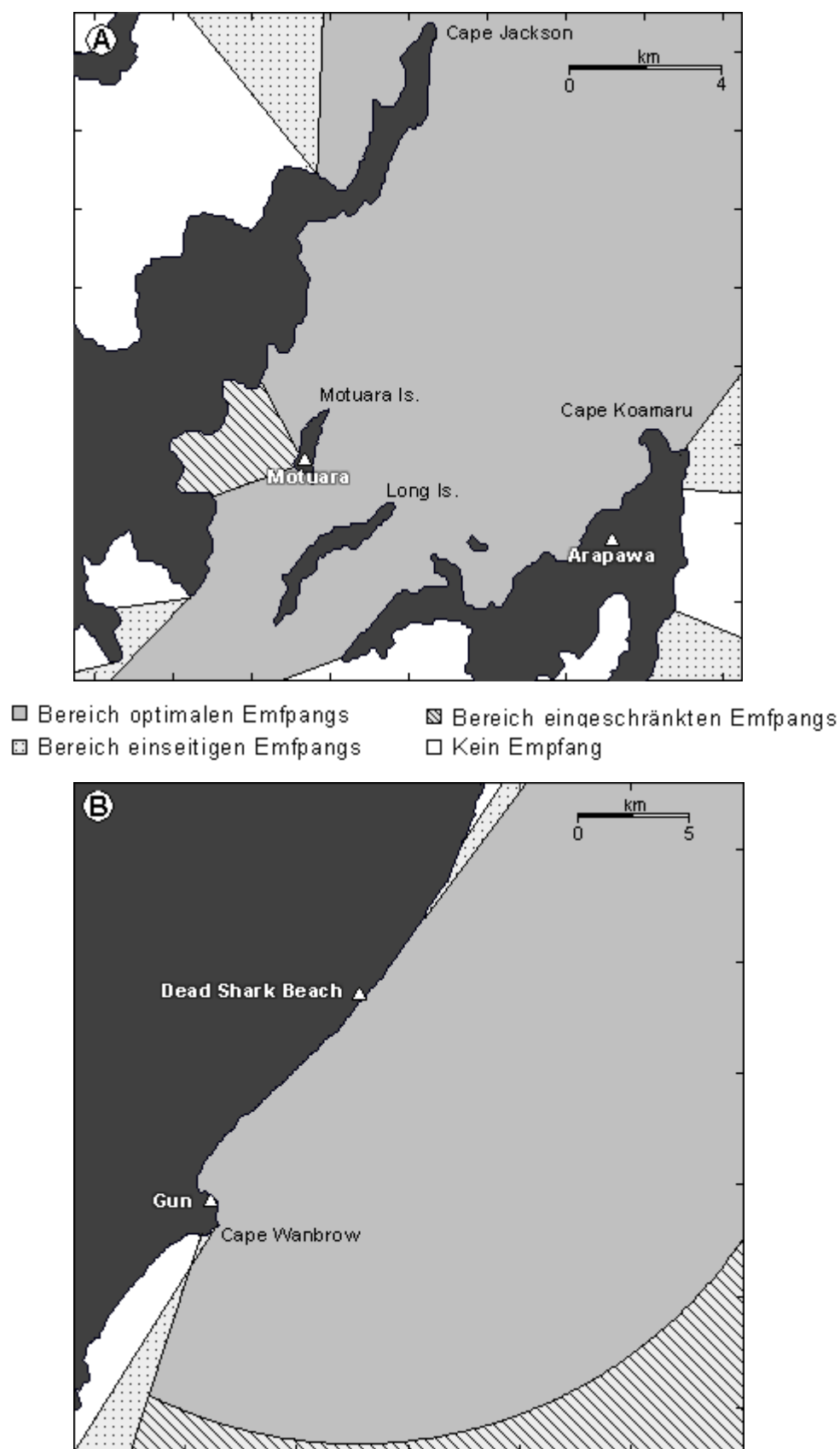


Abbildung 2.8 Verteilung der unterschiedlichen Empfangsbereiche für beide Studiengebiete (A – Motuara Island, B – Oamaru), Δ = Empfangsstationen

Tabelle 2.1 Theoretischer Empfangsradius der Empfangsstationen in beiden Studiengebieten

Empfangsstation:	Oamaru		Motuara Island	
	<i>Gun</i>	<i>Dead Shark Beach</i>	<i>Motuara</i>	<i>Arapawa</i>
Höhe Antenne [m]	61	26	148	426
Distanz Antenne - Horizont [km]*:	30,6	18,8	47,7	81,0
Bereich optimalen Empfangs [km]:	~20		~40	

* Berechnet über $1,17 * \sqrt{h} = Dist$ mit h = Höhe der Antenne in Fuß, $Dist$ = Distanz zum Horizont in nautischen Meilen (Nautical Know How Inc. 2000)

Dementsprechend schätzte ich den „Bereich optimalen Empfangs“ in Oamaru auf die Distanz Antenne - Horizont, da diese geringer war als die vom Hersteller angegebene Sendereichweite der Sender. Auf Motuara Island waren die Antennen auf größeren Höhen installiert, so daß hier die Sendereichweite den limitierenden Faktor darstellte.

Weitere Limitationen der Signallokalisierung

Radiosignale werden von Seewasser fast vollständig abgeschirmt. Deswegen können Signale eines Kurzwellensenders nicht empfangen werden, wenn der Sender sich unter Wasser befindet – was der Fall ist, wenn der ausgerüstete Pinguin taucht. Zwergpinguine zeigen Perioden mit rasch aufeinanderfolgenden Tauchgängen. Während dieser Perioden kann es vorkommen, daß der Vogel lediglich 5-10 Sekunden an der Oberfläche rastet, bevor er auf einen weiteren 30-50 Sekunden dauernden Tauchgang geht (Weavers *et al.* 1991, Bethge *et al.* 1997). In diesem Fall ist der Zeitraum, der den Antennenoperatoren zur Signallokalisierung („Einpeilen“) zur Verfügung steht, sehr knapp bemessen. Es ist schwierig in einem Zeitfenster von 5-10 Sekunden eine Peilung zu erzielen und lediglich erfahrene Antennenoperatoren sind in der Lage, den Null Peak eines solchen Signals zufriedenstellend zu bestimmen.

Einschränkungen des Empfangs

Neben der Entfernung zum Horizont bzw. der Sendereichweite der MiPs spielten auch topographische Begebenheiten beim Empfang eine Rolle. Berge, Buchten, Landzungen, Inseln etc. können die Signalausbreitung so abschirmen, daß Empfang nur für eine („Bereich einseitigen Empfangs“) oder für keine der beiden Stationen („Radioschatten“) möglich ist. In Oamaru waren solche Einflüsse gering: außer in zwei Arealen entlang der Küste südlich von Cape Wanbrow und etwa 10 Km nördlich der „Dead Shark Beach“-Station, war die Empfangsabdeckung durch keinerlei Hindernisse beeinträchtigt. Lediglich der Radius des Bereiches optimalen Empfangs stellte einen limitierenden Faktor dar (Abb. 2.8b).

Anders in den Marlborough Sounds. Dort bedingten Bergformationen, Landspitzen und Buchten um und im Queen Charlotte Sound zahlreiche Areale mit eingeschränktem Empfang für eine oder beide Empfangsstationen. In ersten Peiltests mit einem senderbestückten Boot zu Beginn der Feldarbeit auf Motuara Island ergab sich allerdings, daß Inseln wie z.B. Long Island den Empfang des Signals nur geringfügig einschränkten, so daß innerhalb des äußeren Queen Charlotte Sounds kein nennenswerter Radioschatten auftrat. Einschränkungen traten jedoch auf, wenn das Signal weiter in den Queen Charlotte Sound wanderte oder den Sound verließ. Ein weiteres Problemareal stellte das Gebiet zwischen Motuara Island, Ship Cove und Cannibal Cove dar: hier wurde das Signal, wahrscheinlich durch die Landmassen, derart reflektiert, daß die Bestimmung des Null Peaks an der Antenne auf Motuara Island schwierig war (Abb. 2.8a).

2.2.4 Kalibration der Empfangsstationen und Fehlerabschätzung

Kalibration der Kompaßrose

Die Daten der Telemetrie wurden in Form von Peilwinkeln aufgenommen, die nach Einpeilung des Null Peaks von der Kompaßrose abgelesen wurden. Zur Kalibration der Kompaßrosen wurden diese, bei der Installation der Empfangsstationen, mit einem Kompaß auf den wahren Norden ausgerichtet. Dabei mußten magnetische Anomalien in den Studiengebieten berücksichtigt werden. Die Ausrichtung der Kompaßrose wurde in regelmäßigen Abständen über den Verlauf der Feldarbeit hinweg überprüft, da Zeiger oder Tisch (auf dem die Kompaßrose befestigt war) durch die Operatoren unbeabsichtigt verstellt werden konnten. Zusätzlich konnte es in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen zu Abweichungen der Peilwinkel kommen. Daher erschien mir die regelmäßigen Ausrichtung der Kompaßrose als geeignete Kalibrationsmethode zu ungenau.

Um die aufgenommenen Peilwinkel unabhängig von Kompaßrose oder Zeigerstellung zu korrigieren, wurden in beiden Studiengebieten Referenzsender an Positionen mit bekannten Koordinaten (Länge/Breite – bestimmt über Garmin GPSII Plus Empfänger) plaziert. Aus den Koordinaten des Referenzsenders und der Empfangsstationen ließen sich die „tatsächlichen“ Peilwinkel von jeder Station zum Referenzsender berechnen. Während der Datenaufnahme wurde von jeder Empfangsstation stündlich auf den Referenzsender gepeilt, so daß sich Veränderungen der Kompaßrosen- oder Zeigereinstellung, aber auch der Wetterbedingungen, in einer Abweichung von „eingepeiltem“ Winkel zu tatsächlichen Peilwinkel des Referenzsenders äußerten.

Die Abweichungen der Peilungen auf den Referenzsender wurden in der Datenauswertung dazu verwendet, stündliche Korrekturfaktoren für jeden Datensatz zu berechnen, die dann auf alle aufgenommenen Peilwinkel angewendet wurden.

Abschätzung des Operatorenfehlers

Jeder der Antennenoperatoren wurde vor dem Einsatz mit der Ausrüstung vertraut gemacht und absolvierte Peilübungen auf Sender, die auf landbasierten Positionen ausgelegt waren.

Um einen „mittleren Fehlerwinkel“ bei der Datenaufnahme durch die Operatoren abzuschätzen, wurden vor Beginn der Feldarbeit Testläufe durchgeführt. Bei diesen Testläufen mußten die Operatoren auf einen Sender peilen, der an für die Operatoren unbekannte Positionen gebracht wurde. Die Senderpositionen wurden mit dem Garmin GPSII Plus Empfänger aufgenommen. Aus diesen Daten ließ sich der tatsächliche Winkel zwischen Empfangsstation und Senderposition bestimmen. Dieser tatsächliche Winkel wurde mit dem von den Operatoren aufgezeichneten Peilwinkel verglichen. Wettereinflüsse konnten während der Testläufe vernachlässigt werden, da diese ausschließlich an sonnigen, windstillen Tagen stattfanden. Der „mittlere Fehlerwinkel“ wurde aus den Differenzen sämtlicher Peilwinkel (alle Operatoren) und den tatsächlichen Winkel berechnet. Der „mittlere Fehlerwinkel“ betrug in der Regel zwischen 0 und 1,5° Grad.

Die Präzision der Positionsbestimmungen variiert mit dem Fehlerwinkel an beiden Stationen. Aus den Abweichungen beider Empfangsstationen zum tatsächlichen Winkel ergibt sich ein vierseitiges, rautenförmiges Fehlerpolygon welches in Abhängigkeit zur Signaldistanz und Signalposition in seiner Größe variiert. So vergrößert sich dieses Fehlerpolygon mit wachsendem des Abstand von Signalquelle zu Empfangsstation. Eine Vergrößerung des Fehlerpolygons hängt aber auch von der Position des Signals insofern ab, daß sich das Fehlerpolygon

streckt, wenn das Signal „auswandert“, also den Bereich zwischen beiden Empfangsstationen verläßt (Abb. 2.9). Mit Verlängerung der Basislinie zwischen beiden Empfangsstationen reduziert sich die Auswirkung des Fehlerwinkels (Zimmerman & Powell 1995).

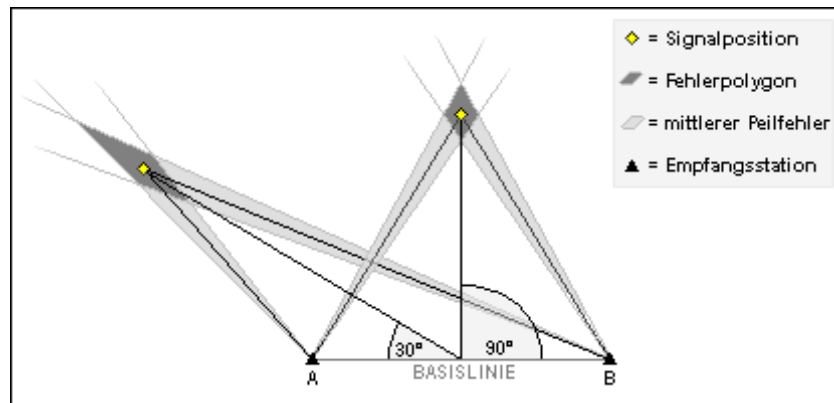


Abbildung 2.9 Auswirkung der Signalposition auf die Größe des Fehlerpolygons

Um den „maximalen Positionsfehler“ abzuschätzen, berechnete ich die Länge der Längsseite von bei unterschiedlichen Signalentfernungen und -positionen auftretenden Fehlerpolygonen. Ich verwendete die GPS- und Mapping-Software „GPS Trackmaker - Version #11“ (O. Ferreira, Belo Horizonte, MG, Brasilien – <http://www.gpstm.com>), um die Polygon-Seitenlänge auf 100 m genau zu berechnen. In den Tabellen 2.2a und 2.2b sind die „maximalen Positionsfehler“ für beide Studiengebiete aufgeführt, wenn sich das Signal (der Pinguin) in bestimmten Abständen (10, 20 und 30 Kilometer) in einem 90° Winkel (senkrecht) bzw. in einem 30° Winkel zum Mittelpunkt der Basislinie befindet.

Tabelle 2.2a Maximaler Positionsfehler (± km) - Oamaru*

Signalentfernung [km]	Winkel des Signals relativ zum Mittelpunkt der Basislinie	
	90°	30°
10	0,4	0,6
20	1,3	1,9
30	2,4	3,6

*als Maß dient die Länge der Längsseite der durch den Fehlerwinkel (1,5°) bedingten Fehlerpolygone bei zwei Empfangsstationen (Null Peak Konfiguration); die Längen der Basislinien zwischen den Stationen betrug 11,7 Km.

Die große Entfernung zwischen den beiden Empfangsstationen (Basislinie) bedingt einen reduzierten Fehlerwinkel. Jedoch liegt ein großer Teil der für Oamaru berechneten Pinguinpositionen in einer Entfernung zwischen 15 und 25 Kilometern und damit in einem Bereich eines größeren Positionsfehlers (die Fläche des Fehlerpolygons ist größer).

Tabelle 2.2b Maximaler Positionsfehler (\pm km) – Motuara Island*

Signalentfernung [km]	Winkel des Signals relativ zum Mittelpunkt der Basislinie	
	90°	30°
10	0,6	0,7
20	2,3	2,6
30	3,8	5,0

*als Maß dient die Länge der Längsseite der durch den Fehlerwinkel ($1,5^\circ$) bedingten Fehlerpolygone bei zwei Empfangsstationen (Null Peak Konfiguration); die Längen der Basislinien zwischen den Stationen betrug 7,9 Km.

Aufgrund der deutlich kürzeren Basislinie der Empfangsstationen um Motuara Island haben Fehlerwinkel eine größere Auswirkung. Doch im Gegensatz zu Oamaru fanden sich die meisten berechneten Pinguinpositionen im Bereich zwischen 5 und 15 Kilometern, also einem Bereich eines geringeren Positionsfehlers (die Fläche des Fehlerpolygons ist kleiner).

Arbeitskonditionen

Maximal wurden 4 Pinguine pro Peiltag besendert. Doch mit Ausnahme von zwei Peiltagen, an denen drei Pinguine parallel verfolgt werden konnten, waren maximal 2 Pinguine zur gleichen Zeit auf See. In einem Großteil der Fälle war es lediglich möglich, einen Pinguin über den Tag hinweg auf See zu orten. Dies hing in erster Linie damit zusammen, daß nicht alle ausgerüsteten Pinguine auf See gegangen waren, oder Sender ausfielen.

Die Sender wurden in der Regel für 5 bis 7 Tage auf den Vögeln belassen, so daß im Idealfall 3 Tagesrouten eines Vogels bestimmt werden konnten. Einige Vögel kehrten jedoch erst nach

dem geplanten Zeitraum oder gar nicht zurück. An einigen Tagen konnten Pinguine, die mit Senderpack auf See gegangen waren, nicht verfolgt werden, da stürmische Wetterverhältnisse die Arbeit an den Antennen unmöglich machten. Das Wetter stellte diesbezüglich besonders bei der Arbeit in den Marlborough Sounds eine große Behinderung dar. Gerade im neuseeländischen Frühjahr – also dem Zeitraum meiner Datenaufnahme – werden die Marlborough Sounds regelmäßig von heftigen Stürmen heimgesucht („equinox storms“ – A.R. Tristram, pers. Komm.). An mehr als der Hälfte unserer Tage auf der Insel herrschten Sturm oder stürmische Verhältnisse, die in den meisten Fällen die Arbeit an den Antennen unterbanden.

2.2.5 Datenaufnahme und -analyse

Datenaufnahme im Feld

Die Datenaufnahme erfolgte in der Regel von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang. An einigen Sturmtagen wurde entweder die Arbeit erst im Laufe des Tages aufgenommen oder aufgrund widriger Umstände vorzeitig abgebrochen. In den meisten Fällen betrug das „Peilintervall“, also der zeitliche Abstand aufeinanderfolgender Peilungen auf einen einzelnen Pinguin, 10 Minuten. In einigen Fällen wurde das Peilintervall auf 15 Minuten verlängert. Um aus den Peildaten möglichst viel Information zu erhalten und den Antennenoperatoren die Aufnahme der Daten so leicht wie möglich zu machen, erstellte ich Datenblätter in Tabellenform (siehe Anhang 1). In diesen Datenblätter wurden neben den Peilwinkel weitere, für die Analyse der Peildaten wichtige Parameter aufgezeichnet:

a) Nullweite („Null Width“)

Der Null Peak fällt in den seltensten Fällen auf genau einen Gradwert. In der Regel erstreckt sich die Weite („Range“) des Signalminimums über mehrere Grad. In diesem Falle

wird der Mittelwert dieses Bereichs als Peilwinkel („Azimuth“) aufgenommen. Um die Qualität des Null Peaks – und damit die Qualität der aus dem Peilwinkel resultierenden Positionsberechnung – einschätzen zu können, definierte ich 3 Null-Klassen, die ich zur vereinfachten Auswertung der Datenblätter mit Ziffern bezeichnete. Dabei entsprach die Ziffer 1 einer Nullweite $<3^\circ$ (optimaler Null Peak), 2 einer Nullweite $<12^\circ$ (suboptimaler Null Peak) und 3 einer Nullweite $>12^\circ$ (schlechter Null Peak).

b) Signalqualität („Signal“)

Pinguine zeigen im Laufe eines Tages unterschiedliches Tauchverhalten, das sich in Unterbrechungen der Signaltransmissionen (der „Signalqualität“) bemerkbar macht. Ich kategorisierte drei Arten der Signalqualität. Kategorie 1 („Regular beep - resting at surface“) entsprach einem kontinuierlichen Signal; der Pinguin hält sich über einen längeren Zeitraum an der Oberfläche auf. Kategorie 2 („Intermittent beep - diving“) bezeichnete Transmissionen von 10 bis 20 Sekunden Länge, auf die eine 30 bis 70 Sekunden andauernde Funkstille folgte, bevor erneut ein 10 bis 20 Sekunden andauernder Signalempfang möglich war; der Pinguin unternimmt ausgedehnte Tauchgänge, die von kurzen Ruhephasen an der Oberfläche gefolgt sind. Kategorie 3 umfaßte Signale, die keiner der beiden erstgenannten Kategorien zu zuordnen waren; dabei handelte es sich zumeist um vereinzelte, unregelmäßige „beeps“, die darauf schließen ließen, daß der Pinguine horizontal und nahe der Oberfläche tauchte („Infrequent beep - travelling“).

c) Zeitgenauigkeit („Time accuracy“)

Die Peilungen auf einzelne Pinguine sollte an beiden Stationen mehr oder weniger zeitgleich durchgeführt werden. Ein auf die Minute synchrones Einpeilen beider Stationen kommt selten vor. Um später die Zeitdifferenzen für jede Peilung zwischen beiden Stationen zu bestimmen, wurde in der Spalte der Zeitgenauigkeit wurde der exakte Zeitpunkt der Winkelaufnahme (in Minuten) aufgezeichnet.

d) Vorverstärker („pre-amplified“)

Um im nachhinein abschätzen zu können, ob sich der Pinguin im nahen oder fernen Empfangsbereich aufhielt, wurde für jede Peilung vermerkt, ob der Vorverstärker zwischen geschaltet war (1) oder nicht (0).

e) Kompaßrosenkalibration („Compass rose calibration“)

Im Feld der Kompaßrosenkalibration wurden stündlich die Peilwinkel auf den Referenzsender notiert, so daß in der Analyse daraus der Korrekturfaktor für die Peildaten ermittelt werden konnte.

Datenanalyse und Plotten der Pinguintracks

Zur Positionsberechnung sowie Analyse und Darstellung der Peildaten erstellte ich Skripts in „Matlab for Windows“ (Matlab 5, The Mathworks Inc.). Die Peildaten wurden zunächst von den Datenblättern in eine Tabellenkalkulation (Microsoft Excel 97) übernommen, in der über die Werte der Kompaßrosenkalibration zunächst die Peilwinkel korrigiert wurden. Dazu wurde jeder ermittelter Korrekturwert (Differenz aus tatsächlichem und gemessenen Peilwinkel) auf alle Peilwerte bis zur nächsten Kallibrationspeilung angewendet. Die korrigierten Peilwinkel wurden zusammen mit den restlichen Daten (Zeit, Nullweite, etc.) als Matrix in einer ASCII-Datei gespeichert, so daß die Daten in die Matlab-Skripts importiert werden konnten. Fehlende Werte wurden als Leerwerte (NaN – Not-a-Number) eingefügt, um die Form einer Matrix zu erhalten. Im folgenden werde ich auf die Funktionen und die Arbeitsabläufe der einzelnen Skripts (siehe Anhang 2) eingehen.

a) Plotten der Küstenlinien (*motuara.m* bzw. *oamaru.m*)

Mittels dieser Skripts wird der Küstenverlauf geplottet. Die Vektordaten der Küstenlinien bezog ich vom „Coastline Extractor“ (Rich Signell, U.S. Geological Survey, <http://rimmer.ngdc.noaa.gov/coast/>). Die Küstenlinien werden als Vektorpunkte in geographischer Maßen (Länge/Breite – Dezimalgradzahlen) als Textdatei kostenlos zur Verfügung gestellt. Um die Kalkulation der Pinguinpositionen zu vereinfachen, mußten die Vektordaten von Längen- und Breitengradzahlen in ein isometrisches Koordinatensystem konvertiert werden. Die Vektordaten wurden mit der Software „Geographic Calculator 4.2“ (Blue Marble Geographics, <http://www.blumarblegeo.com>) in das isometrische „New Zealand Grid System“ umgewandelt. Um die konvertierten Küstenliniendaten in Matlab zu plotten, benutzte ich die frei erhältliche Matlab-Toolbox „Mapstuff“ (Rich Signell 1997, U.S. Geographical Services, <http://crusty.er.usgs.gov/sea-mat/mapstuff.html/>).

b) Datenanalyse (*analyze.m*)

Dieses Skript übernimmt die erste Hauptanalyse der Datensätze, bevor diese weiter zur Positionsberechnung verwendet wurden. Der erste Schritt der Datenanalyse ist es, Zeilen aus der Datenmatrix zu eliminieren, in denen fehlende Peilwerte zu finden waren. Der zweite Schritt bestand darin, Winkelpaare zu eliminieren, die nicht innerhalb eines Zeitfensters, also nicht synchron, aufgenommen waren. Ich definierte ein Zeitfenster von 10 Minuten, in denen zwei Peilungen zur Berechnung einer akzeptablen Pinguinposition aufgenommen sein mußten. Lagen zwei Peilungen weiter als 10 Minuten auseinander, wurde das Winkelpaar beider Empfangsstationen verworfen. Die bevorzugte Schwimmgeschwindigkeit von Zwergpinguinen wird mit 1,8 m/s angegeben (Bethge *et al.* 1997). Demnach würde ein Pinguin in 10 Minuten eine Distanz von 1080 m zurücklegen. Diese Distanz lag unterhalb des Bereiches des „maximalen Positionsfehlers“ bei Entfernungen

von 10-20 Km (siehe oben). Das 10-minütige Zeitfenster war ein Kompromiß zwischen Peilgenauigkeit und Anwendbarkeit: vor allen Dingen die Pinguine in Oamaru erwiesen sich aufgrund ihres Tauchverhaltens als schwer einzupeilen, so daß Winkelpaare „synchroner“ Peilungen nicht selten 5 Minuten und mehr auseinanderlagen.

c) Berechnen der Pinguinpositionen (*oamposx.m* bzw. *motposx.m*)

Diese Skripts berechneten über Dreiecksgleichungen aus den Koordinaten der beiden Empfangsstationen und den dort sukzessive aufgenommenen Peilwinkeln die Positionen eines Pinguins im Laufe eines Tages. Anmerkung: Da Matlab 5 Winkelfunktionen (Sinus, Kosinus, etc.) standardmäßig als Dezimale behandelt, erstellte ich kurze Skripts (*tandeg.m* etc.), welche die Winkelfunktionen in Gradzahlen berechneten.

d) Plotten der berechneten Koordinaten (*splitpos.m*)

Die Koordinaten eines Pinguintracks werden von diesem Skript zunächst als Kreuze in die bereits geplotteten Küstenliniengrafiken (siehe Punkt a) eingebunden. Die Hauptfunktion dieses Skriptes liegt jedoch darin, diese Kreuze dem Zeitablauf entsprechend durch Linien zu verbinden. Hierbei werden zwei Linientypen verwendet. Durchgezogene Verbindungslinien markieren „vollständige Abschnitte“ des Pinguintracks. Diese Abschnitte setzen sich aus sukzessiven, also dem Peilintervall entsprechenden Pinguinpositionen zusammen. Unterbrochene Linien markieren „unterbrochene Abschnitte“ des Tracks, in denen Positionen fehlen oder berechnete Positionen entfernt wurden (durch das Analyse-Skript oder manuell). Außerdem wird die erste aufgezeichnete Position des Tages durch ein gelbes Viereck, die letzte aufgezeichnete Position durch ein rotes Viereck dargestellt.

e) Plotten der Strecken von/zur Kolonie (*oamhom.m* bzw. *mothom.m*)

Mit diesem Skript werde die Strecken von der Kolonie zur ersten Tagesposition (Unterskript *oam_sta.m* bzw. *mot_sta.m*) bzw. die Strecken der letzten Tagesposition zur Kolonie (*oam_fin.m* bzw. *mot_fin.m*) als unterbrochene Linie dargestellt. Handelte es sich bei den Daten nicht um einen mehrtägigen Trip, so wurde für den ersten Tag nur die Startstrecke, für Tage auf See nur die Strecke von der letzten Position am Vortag (*oam_int.m* bzw. *mot_int.m*) und für den letzten Tag des Trips die Position des Vortages sowie die Endstrecke in den Plot eingezeichnet.

Zusätzlich zu dem oben beschriebenen Analyse-Skript wertete ich die errechneten Positionen manuell aus. Hierzu verwendete ich ein weiteres Skript, welches von den oben beschriebenen Skripten unabhängig war.

f) Berechnen der Schwimmggeschwindigkeiten (*calcdist.m*)

Als Maß dafür, ob einzelne berechneten Positionen akzeptabel waren oder verworfen werden sollten, ließ ich über dieses Skript die Distanzen zwischen sukzessiven Pinguinpositionen berechnen. Aus diesen Distanzen konnte ich über den Zeitabstand zwischen den einzelnen Positionen die mittlere Horizontalgeschwindigkeit des Pinguins berechnen. Dieses Skript lieferte ferner die Nettoschwimmggeschwindigkeit eines Pinguins über den Tag hinweg, die zurückgelegte Distanz (inkl. Strecke von/zur Kolonie) sowie die Position mit der maximalen Entfernung zur Kolonie.

War die Distanz zwischen zwei Positionen zu groß, als daß sie ein Pinguin mit einer maximalen Geschwindigkeit von 3,3 m/s (Bethge *et al.* 1997) zurücklegen konnte, wurde der Abschnitt dieses Tracks von mir zunächst visuell auf Punkte außerhalb eines denkbaren Trackverlaufs („extreme Zacken“) überprüft. War dies nicht der Fall, wurde die zweite Position

verworfen und der Datensatz durch das Skript erneut durchgerechnet. War die Distanz zwischen der letzten akzeptierten und der auf den verworfenen Wert folgenden Position erneut zu groß, wurde letztere Position ebenfalls verworfen. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis Distanzen aus dem Datensatz eliminiert waren, die zu groß waren.

2.2.6 Auswirkungen der Senderpacks auf den Bruterfolg

Ihrem stromlinienförmigen Körperbau verdanken Pinguine den niedrigsten Reibungswiderstand im Wasser, der in Natur und Technik bekannt ist (Bannasch 1995a, Bannasch 1995b). Daher wäre es fahrlässig anzunehmen, daß extern angebrachte Geräte, wie die in dieser Arbeit verwendeten Senderpacks, keine Beeinträchtigung der Tiere auf See mit sich brächten. Bannasch *et al.* (1994) empfehlen, externe Geräte soweit möglich in einer „kaudalen Position“ auf dem Pinguin anzubringen, da hier gerät-induzierte Turbulenzen – und damit der Strömungswiderstand – am weitesten verringert werden können. Allerdings galt das Hauptinteresse der Autoren Fahrtschreibern; bei der Radiotelemetrie wirkt sich die Antenne des Senderpacks zusätzlich negativ auf die Hydrodynamik des Pinguins unter Wasser aus. Weavers *et al.* (1991) schätzten den „zusätzlichen Reibungswiderstand“ der in Australien an Zwergpinguinen verwendeten Sender auf maximal 17% des normalen Strömungswiderstandes eines Pinguins ein. Weavers' Sender waren im Vergleich zu den von mir entworfenen Senderpacks anscheinend kürzer und flacher (die Endmaße der von Weavers verwendeten Sendergehäuse sind in keiner Veröffentlichung aufgeführt); die Länge der Antenne war mit 22 cm etwa 1 cm kürzer als die von mir verwendeten Stahlitze; und letztlich war der Radius der Antenne um 1 mm geringer. Ob Weavers' Sender im Vergleich mit den von mir verwendeten Sendern aufgrund ihrer geringeren Größe auch eine geringere Beeinflussung der Pinguine unter Wasser bedeuteten, ist aber fraglich. Denn nicht nur Größe oder Stromlinienform der Geräte bedingen

zusätzlichen Reibungswiderstand: ein wichtiger Aspekt ist die Positionierung am Pinguin. Die Sender in Weavers' Arbeit, wurden zentral auf dem Rücken der Pinguine befestigt (siehe Weavers 1992, Abbildung 2), also einem Punkt mit nachgewiesenermaßen hohem Strömungswiderstand (Bannasch *et al.* 1994). In dieser Arbeit wurden die Senderpacks jedoch kaudal, etwas oberhalb der Bürzeldrüse angebracht, was den oben erwähnten Empfehlungen für eine widerstandsreduzierende Befestigung entsprach. Dementsprechend ist anzunehmen, daß der Strömungswiderstand der von mir verwendeten, größeren Sender im Vergleich zu den von Weavers (1992) eingesetzten Geräten vergleichbar ist. Wahrscheinlich wirkt sich in diesem Vergleich zusätzlich die Stromlinienform der von mir verwendeten Geräte positiv aus.

Es bestand jedoch keine Möglichkeit, die tatsächliche Beeinflussung der Pinguine direkt zu bestimmen. Daher wurde als Maß für die Beeinträchtigung der Pinguine, der Bruterfolg (Anzahl flügge gewordener Küken pro Anzahl gelegter Eier) von Nestern mit ausgerüsteten Pinguine („Sendervögel“) und Nestern mit nicht ausgerüsteten Vögel („Kontrollvögel“) verglichen.

2.3 BRUTERFOLG

2.3.1 Datenaufnahme

Zahlreiche Parameter können als Maß des Bruterfolges verwendet werden (z.B. Anzahl erfolgreich aufgezogener Küken pro Anzahl der Brutpaare, Kükenwachstumsraten etc.). Die Auswahl der aufzunehmenden Parameter hängt dabei in erster Linie davon ab, wie leicht bzw. wie schwer diese Daten aufzunehmen sind. Aufgrund des unproblematischen Zugangs zu den beiden Kolonien in Oamaru richtete sich die Datenaufnahme nach den Gegebenheiten auf Motuara Island. So war es zum Beispiel aufgrund des zum Teil schwierigen Terrains auf der Insel nicht praktikabel, Nester nach Sonnenuntergang zu untersuchen. Zwergpinguine sind an Land nachtaktiv, d.h. die Küken werden von ihren Eltern nach Einbruch der Dunkelheit gefüttert – folglich war es nicht möglich, Fütterungsintervalle und dergleichen zu bestimmen.

Die Datenaufnahme erfolgte ausschließlich bei Tag. Zur Bestimmung des Bruterfolges wurden Nestchecks durchgeführt, bei denen neben dem Ei- und Kükenstatus festgestellt wurde ob und welcher der Adultvögel auf dem Nest war. Zusätzlich wurden die Küken in regelmäßigen Abständen gewogen. Im folgenden beschreibe ich den Ablauf der Datenaufnahme für beide Studiengebiete.

Motuara Island

Zur Identifikation der Adultvögel gab es zwei Methoden. Ein Teil der untersuchten Pinguine trug TIRIS™ Transponder, die subcutan im Nackenbereich der Vögel implantiert sind (nach Renner 1998). Wenn keiner der Adultvögel eines Nestes mit Transpondern markiert war, wurde einer der Nestinsassen von mir mit einem rostfreien Flipperring ausgestattet. Ich beringte nur jeweils einen Vogel pro Nest, um die Identifizierung der Adulttiere während der späteren Nestchecks zu vereinfachen. Das Geschlecht mindestens eines Pinguins pro Brutpaar wurde durch Messung der Schnabellänge und –tiefe mit einer Schieblehre bestimmt (nach Gales 1988). War die Bestimmung des Geschlechts eines Pinguins eindeutig, wurde dessen Partner dementsprechend als „das andere Geschlecht“ angesehen. In weniger eindeutigen Fällen wurden die Schnabelgrößen beider Brutpartner gemessen.

Alle Nester wurden ab der vierten Woche der Arbeit täglich von uns untersucht. In den ersten drei Wochen wurden Nestchecks in 5 Untersuchungsarealen (52 Nester) lediglich in 5-tägigen Abständen durchgeführt; 1 Areal (12 Nester – Hut Gully) wurde von Beginn an täglich untersucht. Bei den Nestchecks wurde der Ei- bzw. Kükenstatus aufgenommen und der anwesende Elternvogel identifiziert: entweder durch Bestimmung der TIRIS™ Transpondernummer über einen tragbaren Transponderleser (nach Renner 1998) oder durch Prüfung der Beringung. Die Küken wurden in 5-tägigen Abständen in einem Baumwollbeutel mit Pesola-Federwaagen gewogen. Ich verwendete drei verschiedene Federwaagen deren Genauigkeit in Tabelle 2.3 aufgeführt sind.

Tabelle 2.3 Genauigkeit der zur Wägung verwendeten Pesola-Federwaagen

Federwaagenklasse (max. Gewicht)	Wägegenauigkeit
300 Gramm	2 Gramm
1000 Gramm	10 Gramm
2000 Gramm	20 Gramm

Ich legte großen Wert darauf, die Nestchecks weitestgehend ohne zu große Einflußnahme („handling“) der Vögel durchzuführen: dementsprechend wurden die Nester – wenn möglich – lediglich visuell überprüft. Wenn die Baubeschaffenheit oder die Position des Adulttieres eine visuelle Überprüfung nicht zuließen, wurde der Vogel im Bau mit der Hand sanft beiseite geschoben, so daß Beringung und Ei-/Küken-Statuts ermittelt werden konnten. War bei der Wägung der Küken einer der Adultvögel anwesend – was speziell bei jungen Küken zutraf (Bewachungsphase) –, so wurde dieser in den meisten Fällen vorsichtig mit einer Hand abgeschirmt, während die Küken mit der freien Hand aus dem Bau geholt wurden. In vereinzelt Fällen – bei zu engen Bauten oder aggressiven Tieren - war es jedoch notwendig, die Adulttiere aus dem Bau zu entfernen; in diesem Falle wurden die Vögel in einen Baumwollbeutel gesteckt, bis die Wägung der Küken beendet war. An Regentagen wurden Küken nicht gewogen, die Wägungen wurden dann am folgenden Tag nachgeholt.

In einigen Fällen, bei denen das Nest erst nach dem Schlüpfen der Küken gefunden wurde, war es möglich, das Schlüpfdatum abzuschätzen. Die Küken zeigten in den ersten drei Lebenswochen einen nahezu linearen Anstieg des Körpergewichts. Ich verwendete eine einfache lineare Regression, um das Schlüpfdatum abzuschätzen. Diese Methode wurde an Küken, bei denen das genaue Schlüpfdatum bekannt war, validiert.

Oamaru

In der zweiten Arbeitsphase in Oamaru (4.12.2000 bis 21.1.2001) wurden – neben der radiotelemetrischen Arbeit – tägliche Nestchecks mit einer zu Motuara Island analogen Methodik durchgeführt. Insgesamt wurden 30 Nestboxen der Quarry-Kolonie und 57 Nestboxen der Creek-Kolonie täglich auf Adulttier und Ei- bzw. Küken-Status untersucht. Die Identifikation der anwesenden Elternvögel erfolgte ausschließlich über Ablesen der Beringung. Durch die

zu öffnenden Nestboxen war es hier meist möglich, die Ringnummer abzulesen, ohne den Vogel aus dem Nest zu entfernen oder durch sonstiges handling zu stören. Die Geschlechter der Pinguine waren bereits größtenteils durch das Untersuchungsprogramm des Department of Conservations bestimmt und konnten aus der *Blue penguin database* (Houston & Russel 2001, Oamaru Field Centre, Department of Conservation) entnommen werden; die Geschlechtsbestimmung der aufgenommenen Pinguine in dieser Datenbank erfolgte ebenfalls nach Gales (1988). Zur Bestimmung des Ei- bzw. Kükenstatus wurde wie auf Motuara Island vorgegangen: hauptsächlich visuelle Untersuchung bzw. sanftes beiseite Schieben des Adulttieres.

Einmal pro Woche wurden Nestchecks im Rahmen des *monitorings* durch das DoC durchgeführt. An diesen Tagen verzichtete ich auf eigene Nestchecks und verwendete die Daten dieser Bestandsaufnahme. Die Vorgehensweise hier unterschied sich insofern von meiner Methodik, daß alle Pinguine aus der Nestbox entfernt wurden, um die Beringung abzulesen. Vermuteten die Mitarbeiter des Programms frisch geschlüpfte oder sehr junge Küken, wurde der anwesende Adultvogel nicht identifiziert und lediglich die Anzahl der im Nest anwesenden Elternvögel registriert. Die Wägung der Küken wurde ebenfalls alle 7 Tage durch das DoC durchgeführt. Die Küken wurden unter Verwendung von Federwaagen in schwarzen Leinenbeuteln gewogen. Die Spezifikationen der Federwaagen sind mir nicht bekannt. Ich verzichtete an diesen auf eigene Wägungen und übernahm die Wägedaten des *monitorings*.

2.3.2 Definitionen und Datenanalyse

Nestverhalten der Adulttiere

„Inkubationszeit“ bezeichnet die Periode zwischen dem Legen des zweiten Eies und dem Schlüpfen des ersten Kükens. Eine „Inkubationsperiode“ ist als eine ununterbrochene Periode während der ein Adulttier die Eier bebrütet definiert. Das „Bewachungsstadium“ zeichnet sich dadurch aus, daß die Nestpartner sich täglich mit den Nestpflichten ablösen. Dies ist notwendig, da die Küken im frühen Lebensstadium auf die Körperwärme des Elternvogels angewiesen sind; auf der anderen Seite benötigen die Küken nur geringe Mengen an Nahrung, so daß es ausreicht, wenn nur einer der Eltern auf Beutefang geht (Williams 1995). Dies ändert sich mit zunehmender Körpergröße der Küken: der Nahrungsbedarf der Küken steigt mit der Körpergröße, so daß bald beide Eltern auf Jagd gehen und die Küken alleine im Nest lassen müssen. Die „Dauer des Bewachungsstadiums“ bezeichnet die Anzahl der Tage vom Schlüpfen des zweiten Kükens (B-Küken) bis zu dem Tag, an dem die Küken zum ersten Mal alleine im Bau zurückgelassen werden. In der Regel erstreckt sich das Bewachungsstadium über einen Zeitraum von 13 bis 18 Tage (Reilly & Cullen 1981, Fraser 1999, Numata 1999). Jedoch kommt es vor, daß das Bewachungsstadium erheblich länger andauert, zum Beispiel in Gebieten mit Bedrohung der Küken durch Freßfeinde (Numata 1999, Hocken 2000, D. Houston, pers. Komm.).

Wenn möglich wurde die Dauer des Bewachungsstadiums in den untersuchten Nestern aufgenommen, um für jedes Studiengebiet eine „mittlere Dauer des Bewachungsstadiums“ zu bestimmen. Dabei gingen sämtliche Nester in die Berechnung ein, von denen die Dauer des Bewachungsstadiums bekannt war, also auch Nester, die später bei der Berechnung anderer Bruterfolgparameter verworfen wurden, weil das Schicksal der Küken nicht bestimmt werden konnte.

Bruterfolgparameter

Aus den Daten der Nestchecks konnten zahlreiche Bruterfolgparameter bestimmt werden.

Dementsprechend wurde der Bruterfolg der Pinguine nach den folgenden Kriterien bewertet:

Anzahl gelegter Eier pro Brutpaar, Anzahl geschlüpfter Küken pro Brutpaar, flügge gewordener Küken pro Paar (*Bruterfolg*), Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl gelegter Eier

(*Schlüpf-Erfolg*), Anzahl flügge gewordener Küken pro Anzahl gelegter Eier (*Küken-Erfolg*)

und Anzahl flügge gewordener Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken (*Überlebensrate*).

Zur Berechnung der Parameter mußten einige Nester „zensiert“ werden. Nester wurden in den Berechnungen nicht berücksichtigt, wenn unklar war, ob die Küken (a) schon flügge waren oder (b) noch flügge werden würden. Der erstgenannte Fall traf ein, wenn Küken aus den Nestern verschwanden und es nicht auszuschließen war, daß die Küken in einem unentdeckten Bau in der Nähe Unterschlupf fanden. Der letztgenannte Fall betraf Nester, bei denen die Küken am Ende der Feldarbeit zu jung waren, als daß mit großer Wahrscheinlichkeit von ihrem Überleben auszugehen war. Renner (1998) ermittelte ein mittleres Flüggalter von 55 Tagen; dementsprechend wurden Nester mit Küken zensiert, wenn die Küken jünger als 55 Tage waren.

Die Bruterfolgparameter wurden statistisch mit einer einseitigen Varianzanalyse (ANOVA) auf signifikante Unterschiede zwischen (a) den Nestarealen in den Studiengebieten und (b) den beiden Studiengebieten getestet.

Ei-Schicksal

Neben der Ermittlung der oben aufgeführten Bruterfolgparameter, wurde das „Ei-Schicksal“ bestimmt. Unter diesem Begriff ordnete ich die Ursachen für einen negativen Schlüpfertag in Kategorien ein, die im folgenden beschrieben werden.

a) Nestdesertion

Dies bezeichnet den Umstand, daß ein inkubierender Vogel nicht von seinem Partner abgelöst wird, schließlich das Nest verläßt und so die Eier mehrere Tage unbebrütet bleiben. Eine Nestdesertion zeichnet sich meist dadurch ab, daß sich die Inkubationsperiode eines Vogels in die Länge zieht (Yorio & Boersma 1994, Numata 2000). Renner (1998) berichtet jedoch von Eiern, die nach vier unbebrüteten Tagen noch schlüpften. Dies ist jedoch eher als Ausnahme anzusehen und hängt wohl von Nestbeschaffenheit und klimatischen Variablen ab. Im Verlaufe meiner Arbeit schlüpften keine Küken aus Eiern, die länger als einen Tag unbebrütet blieben.

b) Wetter

Speziell auf Motuara Island, wo die meisten der Pinguine in natürlichen Bauten brüten, spielt die Baubeschaffenheit („Nestqualität“) eine wichtige Rolle für den Bruterfolg. Je nach Beschaffenheit können Bauten bei starkem Regen geflutet werden, so daß die Eier vollkommen unter Wasser liegen und absterben (Yorio & Boersma 1994, Renner 1998).

c) Ei zerbrochen

Es kommt immer wieder vor, daß Eier durch die Nestpartner versehentlich zerstört werden oder in Felsbauten bei Bewegungen des inkubierenden Vogels zerbrechen. Eier, die aus dem Nest rollten und zerbrachen, wurden von mir als „Außerhalb des Nests“ eingestuft.

d) Außerhalb des Nests

Die Lage des Nestes hat in Verbindung mit der Nestqualität einen Einfluß auf das Schicksal der Eier. So kann es vorkommen, daß Eier aus offenen, an Hängen gelegenen Nestern

rollen und so verloren gehen. Ebenso ist es möglich, daß Eier versehentlich oder bewußt von Nestpartnern bzw. Nestrivalen (andere Pinguine, Sturmtaucher) aus den Bauten geschoben werden (Renner 1998). In diese Kategorie wurden ebenfalls die Fälle eingeordnet, bei denen der Einfluß von Freßfeinden vermutet wurde. Ei-Räuber wie Frettchen oder Wekarallen entwenden meist das Ei, so daß in den seltensten Fällen Predation eindeutig festgestellt werden kann (D. Houston, pers. Komm.)

e) Nicht geschlüpft

Eier, die trotz regulärer Inkubation der Adultvögel nicht schlüpften und keine offensichtlichen Schäden zeigten, wurden als „Nicht geschlüpft“ eingestuft. Hierfür kann es verschiedene Gründe geben. So können die Eier zum Beispiel infertil gewesen oder mangelhaft inkubiert worden sein. Letzteres ist besonders bei Neubrüttern zu finden (D. Houston, pers. Komm.).

Kükenwachstum und Überlebensrate

Als Maß für die Effektivität der Kükenaufzucht durch die Elterntiere wurden Wachstumskurven aus den Daten der Gewichtszunahme der Küken erstellt. Hierzu wurden die Kükengewichte gegen das Alter in Tagen aufgetragen. Die Wachstumsdaten wurden mit Hilfe der Software Curve Expert 1.3 (D. Hyams 2001, <http://www.ebicom.net/~dhyams/cvxpt.htm>) auf ein passendes Wachstumsmodell getestet. Die Wachstumsraten auf Motuara Island ließen sich am besten nach der Gompertz Relation darstellen; dies entspricht den von Numata (2000) angewendetem Wachstumsmodell. Die Wachstumsdaten von Oamaru hingegen war ein polynomisches Modell (5. Ordnung) am besten geeignet; die Gompertz Relation war hier nicht akzeptabel. Um die Wachstumsraten beider Studiengebiete vergleichen zu können, wurde daher auf die Daten von Motuara Island das ebenfalls akzeptable polynomische Modell angewendet.

Soweit möglich wurden die Gewichte der flüggen Küken registriert (Flügg-Gewicht). Bei einigen flügge gewordener Küken konnte das Gewicht nicht bis zum Ende der Entwicklung bestimmt werden, da die Tiere nicht aus dem Bau zu bekommen waren. Ansonsten gingen die Gewichte aller Küken, die bis zum verlassen des Nests regelmäßig gewogen werden konnten, in die Berechnung des „mittleren Flügg-Gewichtes“ ein, also allen Küken, die mindestens 5 Tage vor Verlassen des Baus gewogen worden waren. Daneben wurden die Flügg-Alter der Küken registriert. Als „Flügg-Alter“ wurde die Anzahl von Tagen seit Schlüpfen des Kükens bis zum letzten Tag im Nest definiert. Analog wurde mit gestorbenen Küken verfahren: hier wurde die Dauer vom Schlüpfen bis zum Tag vor dem Todfund als „Sterbealter“ festgelegt

Küken-Schicksal

Analog zum Ei-Schicksal wurden auch Küken-Schicksale kategorisiert und die Daten entsprechend gegliedert. Dabei wurden ebenfalls Nester berücksichtigt, die zur Ermittlung des Bruterfolges zensiert wurden (z.B. wenn die Küken verschwunden waren, aber nicht mit Sicherheit gesagt werden konnte, daß die Küken gestorben waren). Ich verwendete folgende Kategorien:

a) Verhungern

Küken, die nach starkem Gewichtsverlust starben, wurden als verhungert eingestuft. Gewichtsverlust ist bei älteren, fast voll entwickelten Zwergpinguinküken normal (Reilly 1981, Renner 1998, Numata 1999). Daher wurden nur Küken mit vollem Daunenkleid in diese Kategorie eingeordnet. Ältere Küken wurden dementsprechend zensiert und die Sterbeursache als „unbekannt“ eingestuft.

b) Nestdesertion

Nestdesertionen betrafen ausschließlich sehr junge Küken. In einigen Fällen verließ ein Elternvogel kürzlich geschlüpfte Küken, die daraufhin starben (vermutlich Hypothermie). In den meisten Fällen starben Küken, wenn sie in den ersten 13 Tagen nach dem Schlüpfen im Nest allein gelassen wurden.

c) Wetter

Auch beim Küken-Schicksal spielt die Nestqualität eine wichtige Rolle: vor allem Erdbauten werden bei Regengüssen nicht selten geflutet, so daß die Küken ertrinken (Yoria & Boersma 1994, Renner 1998). In einigen Fällen sterben Küken an Hypothermie, wenn in Bauten mit mangelhafter Abdeckung Regen ungehindert in den Bau gelangen kann und die Daunen der Küken durchnäßt (eigene Beobachtung).

d) Freßfeinde

Auf Zwergpinguine in Oamaru haben zahlreiche Freßfeinde (Hunde, Katzen, Frettchen) Einfluß (Hocken 2000). Von daher ist es nicht ungewöhnlich, wenn Eier oder auch Küken von diesen erbeutet werden. Auf Motuara Island hingegen sollte eigentlich – aufgrund des „Predator freien“ Status – Predation eine untergeordnete Rolle spielen. Jedoch wurden auf der Insel während der Feldarbeit Wekarallen gesichtet, die hauptsächlich als Eiräuber auftreten aber auch junge Küken erbeuten.

e) Unbekannt

Diese Kategorie beinhaltet Küken, bei denen die Todesursache nicht ermittelt werden konnte. In einigen Fällen ließ die äußerliche Erscheinung gestorbener Küken eine Krankheit als Todesursache vermuten. Andererseits wurden in diese Kategorie auch Küken eingeordnet, die nicht mehr im Nest zu finden waren, aber zu jung waren, als daß ein Transfer in einen anderen, unentdeckten Bau denkbar gewesen wäre.

f) Verschwunden

In den meisten Fällen läßt sich das Schicksal von Küken nicht bestimmen, weil diese oft über Nacht spurlos verschwinden. Dies kann zahlreiche Gründe haben. Gerade ältere Küken kommen Nachts gewöhnlich aus dem Bau, um den heimkehrenden Elternvogel um Nahrung anzubetteln. Dabei kommt es zu regelrechten Verfolgungsläufen der Küken, wie es auch von anderen Pinguinarten bekannt ist (Boersma & Davis 1997). Dabei ist es nicht ungewöhnlich, daß sich eines oder beide Küken in einen anderen Bau zurückziehen. Daher darf diese Kategorie nicht mit anderen Mortalitätsfaktoren gleichgesetzt werden.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten wurde in Minitab 13 (Minitab Inc., 3081 Enterprise Drive, State College, PA 16801-3008, U.S.A.) durchgeführt. Signifikanz wurde bei $P \leq 0,05$ angenommen. Mittelwerte werden \pm Standardfehler (S.F.) angegeben.

Kapitel 3

Bruterfolg

3.1 ERGEBNISSE

3.1.1 Beginn und Länge der Brutphase

In beiden Populationen setzte die Brutphase in etwa gleichzeitig ein (Anfang August 2000). Doch während sich auf Motuara Island im späten November ein Großteil der adulten Pinguine bereits in der Mauser befand, wurden in Oamaru noch neue Gelege etabliert. Dementsprechend erstreckte sich die Brutphase der Saison 2000/2001 für Pinguine auf Motuara Island von August 2000 bis Dezember 2000, in Oamaru hingegen von August 2000 bis Februar/März 2001.

3.1.2 Dauer der Bewachungsstadiums

Motuara Island

Insgesamt wurden im Verlaufe der Arbeit 64 Nester gefunden und ab der vierten Woche täglich untersucht. Die Verteilung auf der Nester war wie folgt: South Gully – 9 Nester; T-Gully – 17 Nester; East Gully – 12 Nester; Frog Trail – 6 Nester; West Gully – 6 Nester; und Hut Gully 14 Nester (siehe Abb. 2.1). Von den 64 Nestern wurden 28 Nester erst nach dem Schlüpfen der Küken entdeckt. Bei 7 dieser 28 Nester, war es möglich, das Schlüpfdatum über eine lineare Regression zu ermitteln. Damit ergaben sich 43 Nester bei denen das Schlüpfen der Küken datiert werden konnte. Die Dauer des Bewachungsstadiums konnte jedoch nur bei 28 dieser Nester festgestellt werden. Bei den restlichen 15 Nestern starben die

Küken in den ersten Tagen, kam es zu Nestdesertionen oder endete das Bewachungsstadium vor dem Beginn der täglichen Nestchecks. Die „mittlere Dauer des Bewachungsstadium“ zwischen den 6 Nestarealen zeigte geringe Schwankungen (zwischen 14,5 und 16,5 Tagen), doch es lag kein signifikanter Unterschied vor (einseitige Varianzanalyse: $F = 0,70$; $P = 0,62$; $n = 28$).

Oamaru

In Oamaru wurden insgesamt 87 Nestboxen täglich untersucht, 30 dieser Nester befanden sich am Quarry; die restlichen 57 Nester machten nahezu 100% aller besetzten Nestboxen der Kolonie am Creek aus. Da die Daten des *monitorings* durch das DoC in Oamaru auch für die Zeit meiner Abwesenheit zur Verfügung standen, konnten für sämtliche Nester die Schlüpfdaten der Küken ermittelt werden. Zur Abschätzung der Dauer des Bewachungsstadiums wurden nur Daten verwendet, die während der zweiten Arbeitsphase in Oamaru von mir aufgenommen wurden. Daraus ergaben sich insgesamt 30 Nester (Quarry – 7 Nester; Creek – 23 Nester) bei denen die Dauer des Bewachungsstadiums ermittelt werden konnte. Die ungleichmäßige Verteilung der Probengrößen macht einen statistischen Vergleich beider Arealen zu ungenau. Die „mittlere Dauer des Bewachungsstadiums“ in beiden Arealen beträgt am Quarry 20,14 Tage (S.F. = 1,32; $n = 7$) und am Creek 21,40 Tage (S.F. = 0,82; $n = 23$).

Motuara Island vs. Oamaru

Bei Betrachtung der Mittelwerte der Dauer des Bewachungsstadiums beider Studiengebiete ist bereits zu erkennen, daß ein deutlicher Unterschied vorliegt: Motuara Island – 15,46 Tage (S.F. = 0,44; $n = 28$); Oamaru – 21,60 Tage (S.F. = 0,64; $n = 30$). In einem statistischen Vergleich wird dieser Unterschied als hoch signifikant bestätigt (Student'scher t-Test: $t = -7,17$; $P < 0,001$).

3.1.3 Ei-Schicksal

Motuara Island

Die Gründe für ein negatives Ei-Schicksal auf Motuara Island sind auf alle Kategorien (Nestdesertion, Wetter etc.) verteilt. Insgesamt 23 Eier in 15 Nestern brachten keine Küken hervor. Nestdesertionen machen dabei fast die Hälfte aller Fälle aus (11 Eier – 47,8%), bei denen keine Küken aus den Eiern schlüpften. Die beiden nächst häufigen Gründe sind aus dem Nest gerollte und zerbrochene Eier (jeweils 4 Eier – 17,4%). An dieser Stelle ist es allerdings interessant zu erwähnen, daß bei mindestens einem Nest die Eier möglicherweise durch eine Wekaralle zerstört worden sind. Dies würde bedeuten, daß auf Motuara Island Predation durchaus eine Rolle spielen kann. In 2 Nestern schlüpfte eines der beiden Eier nicht (2 Eier – 8,7%). Der Verlust eines ganzen Geleges (2 Eier – 8,7%) wird auf das Wetter zurückgeführt. Es handelte sich hierbei um ein größtenteils offenes Nest, das während eines Unwetters komplett geflutet wurde (Abb. 3.1). Dabei waren beide Eier komplett unter Wasser; der Adultvogel war trotzdem auf dem Nest, gab dieses jedoch wenige Tage später auf. Es ist natürlich nicht auszuschließen, daß die Störungen durch die täglichen Untersuchungen dieses exponierten Nests hierzu beigetragen haben.



Abbildung 3.1 Nest SG06 auf Motuara Island: bei Regen wurde das Nest vollständig geflutet, so daß die Eier von Wasser bedeckt waren

Oamaru

In Oamaru schlüpften aus insgesamt 27 Eiern keine Küken, wobei besonders interessant ist, daß sich diese Anzahl auf 25 Nester verteilte, so daß – bis auf zwei Ausnahmen – nur jeweils ein Ei pro Nest kein Küken hervorbrachte. Zwei Drittel der Fälle (18 Eier – 66,7%) bei denen keine Küken aus Eiern schlüpften, gingen in die Kategorie „Nicht geschlüpft“ ein. In den meisten Fällen mit negativem Schlüpf-Erfolg ist nicht genau zu bestimmen gewesen, warum die Eier keine Küken hervorbrachten. Aus den Daten des *monitorings* war bei einigen Nestern vermerkt, daß Eier unfruchtbar waren. Dies konnte nicht verifiziert werden. 18,5% (5 Eier) der nicht geschlüpften Eier waren entweder aus dem Nest gerollt oder verschwunden („Nicht im Nest“). Verschwundene Eier können ein Indiz für Eiraub durch Iltisse oder Ratten sein. Die verbleibenden 14,8% der Fälle negativen Schlüpf-Erfolgs waren zu gleichen Teilen (jeweils 2 Eier – 7,4%) auf Beschädigungen („Ei zerbrochen“) oder auf Nestdesertionen zurückzuführen. Wettereinflüsse hatten keinen Einfluß auf das Ei-Schicksal.

Motuara Island vs. Oamaru

Abbildung 3.2 zeigt deutlich die Unterschiede des Ei-Schicksals beider Studiengebiete auf. Nestdesertionen spielen auf Motuara Island die dominierende Rolle, während in Oamaru Eier aufgrund von Unfruchtbarkeit oder anderen unbekanntem Gründen nicht erfolgreich sind. Wettereinflüsse hingegen spielten in beiden Gebieten eine untergeordnete Rolle. Beschädigte und aus dem Nest verschwundene/gerollte Eier sind in beiden Gebieten in etwa gleich bedeutende Ei-Mortalitätsfaktoren.

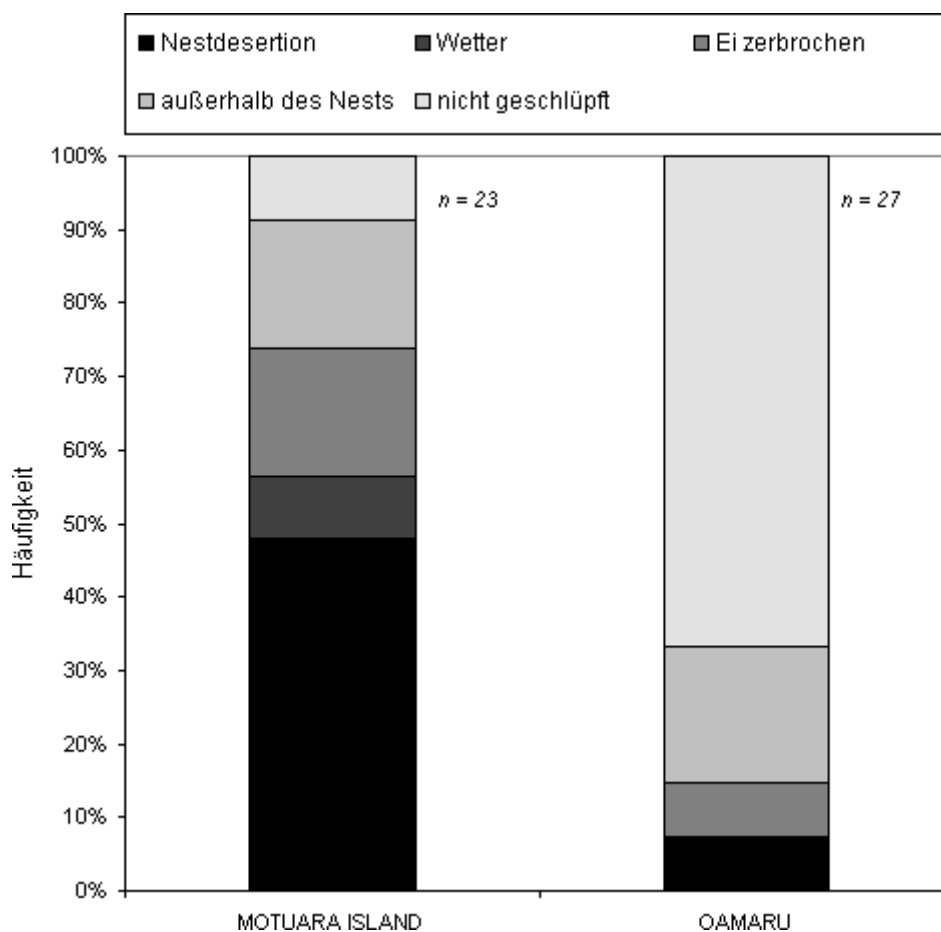


Abbildung 3.2 Häufigkeitsverteilung der Ei-Schicksale bei Zwergpinguinen auf Motuara Island und in Oamaru

3.1.4 Küken-Schicksal

Motuara Island

Insgesamt 47 Küken starben in den observierten Nestern während der Datenaufnahme auf Motuara Island. Die beiden Hauptgründe für das Kükensterben, sind „Verhungern“ und „Nestdesertionen“ (jeweils 12 Küken – 25,5%). 6 Küken (12,8%) starben aufgrund von Weterinflüssen. Kein Fall von Predation konnte nachgewiesen werden, doch bei wenigstens 2 der 7 verschwundenen Küken (14,9%), drängte sich der Verdacht auf, daß die Küken kurz nach dem Schlüpfen von Wekarallen erbeutet worden waren. In einem Nest, bei dem beide Küken verschwanden, vermutete ich, daß die Küken durch eine zweite Öffnung der Bruthöhle einen Steilhang hinuntergestürzt waren. Eine nähere Untersuchung des weitläufigen Abhanges brachte jedoch keine Klarheit. Letztlich starben insgesamt 10 Küken (21,3%) aus unbekanntem Gründen. Hier sei angemerkt, daß besonders die Küken auf Motuara Island unter zum Teil extremen Parasitenbefall zu leiden haben. Neben Zecken (*Ixodes sp.*) und Flöhen (*Xenos sp.*) wurden auch Milben der Gattung *Austrogoniodes watersoni* auf gestorbenen jungen Küken entdeckt. In einigen Fällen erschienen die Küken „verschorft“ und „ungesund“. Ob letztendlich Krankheiten zum Tod führten, bleibt jedoch offen.

Oamaru

Von den 19 Küken die in beiden Arealen starben, verschwanden mehr als die Hälfte aus den Nestern (10 Küken – 52,6%). In den meisten Fällen darf Predation durch Iltisse und Ratten vermutet werden. Doch eine Bestätigung hierfür gibt es nicht. Andererseits wurde gerade in Oamaru deutlich, daß Küken ab einem Alter von etwa 20 Tagen den Bau nachts verlassen und nicht selten in anderen Bauten oder Höhlen Unterschlupf finden. Da am Quarry nur ein Teil der Nestboxen täglich überprüft wurden und am Creek zahlreiche Steinhäufen und Erdhöhlen alternative Möglichkeiten zum Unterschlupf boten, ist es durchaus denkbar, daß ein Teil der Küken in anderen Nestboxen bzw. Bauten von mir unentdeckt überlebten. „Verschwinden“

war bis zum letzten Tag der Datenaufnahme auch mehr oder weniger der einzige Grund für negativen Küken-Erfolg. In der Nacht vom 20. zum 21. Januar 2001 („black sunday“) drangen zwei streunende Hunde in das Nestareal am Creek ein und töteten neben zahlreichen adulten Pinguinen auch 8 Küken aus den von mir untersuchten Nestboxen. Damit war der Anteil der Todesfälle durch Predation in einer Nacht von 0 auf 42,1% aller Todesfälle gestiegen. 1 Küken (5,3%) starb trotz regelmäßiger Anwesenheit der Elterntiere aus unbekanntem Gründen.

Motuara Island vs. Oamaru

Im Vergleich der Küken-Schicksale fällt auf, daß ein negativer Küken-Erfolg auf Motuara Island, durch ein breites Spektrum von Gründen bedingt sein kann. „Verhungern“ und „Nest-desertionen“ spielen dabei eindeutig die größte Rolle. Beide Faktoren sind in Oamaru von keinerlei Belang. Hier verschwinden die Küken in erster Linie, was – wie schon erwähnt – durch Predation erklärt werden könnte; doch auch andere Gründe sind denkbar. Der Vorfall mit den Hunden in Oamaru war eine seltene, nichtsdestotrotz tragische Ausnahme (D. Houston, pers. Komm). Wettereinflüsse spielten auf Motuara Island eine Rolle, während die Nester in Oamaru von diesem Faktor unbeeinflusst blieben (Abb. 3.3).

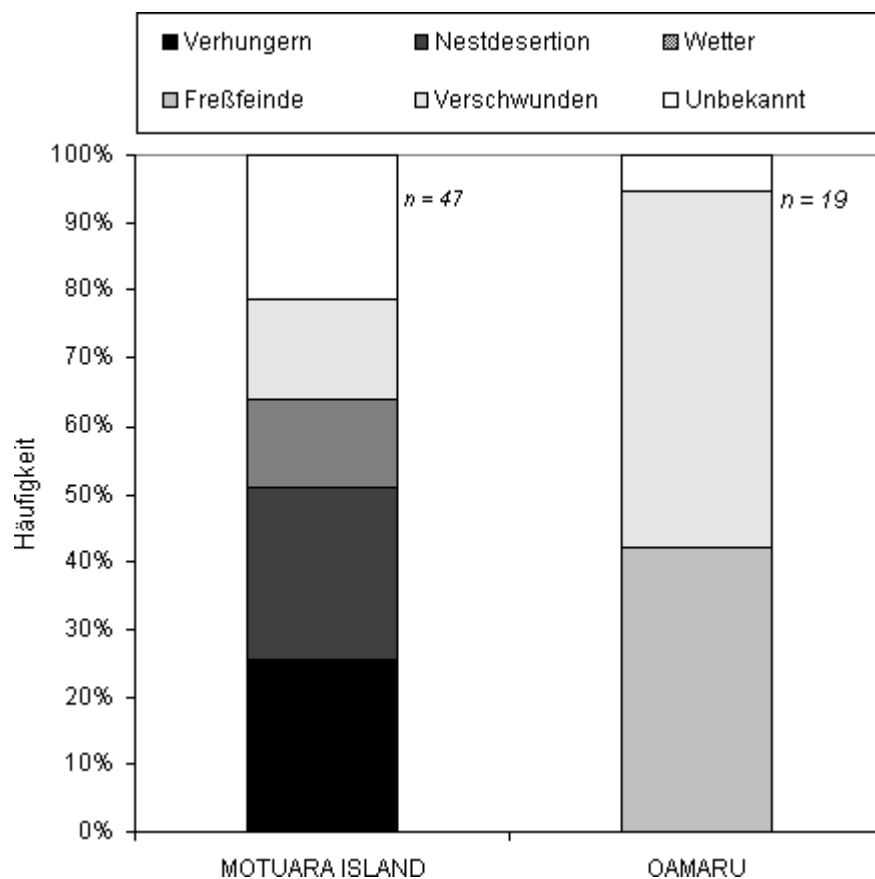


Abbildung 3.3 Häufigkeitsverteilung der Küken-Schicksale bei Zwergpinguinen auf Motuara Island und in Oamaru

3.1.5 Kükenwachstum und Überlebensrate

Motuara Island

Bei insgesamt 26 Küken auf Motuara Island konnte das Wachstum anhand der Gewichtszunahme vom frühesten Küken Stadium bis zum Flüge-werden bestimmt werden. Dabei handelte es sich um 17 erstgeschlüpfte („A-Küken“) und 9 zweitgeschlüpfte Küken (B-Küken). Die Wachstumskurven zeigen, daß die Küken in den ersten 20 bis 30 Tagen nach dem Schlüpfen einen nahezu linearen Anstieg der Körpermasse aufweisen (Abb. 3.5a). Dabei beginnt der Körpermassegewinn bei den B-Küken früher abzufachen, als bei den A-Küken. Ab dem 40. Tag zeigen alle Küken einen untypischen Verlauf der Wachstumskurve: normalerweise ist ein stetiger Anstieg des Körpergewichts zu Verzeichnen, der sich bis zu einem Maximalgewicht erstreckt, bevor das Küken in den letzten Tagen vor dem Flüge-werden Gewicht verliert (Gales 1987, Dann 1988). Bei den A-Küken auf Motuara Island stagniert dagegen die Gewichtszunahme zwischen dem 40. und 50. Tag fast gänzlich, bei den B-Küken ist sogar ein leichter Rückgang des mittleren Körpergewichts zu verzeichnen. Erst nach dem 50. Tag legen die Küken bis zum Flüge-werden wieder an Gewicht zu. Die Erklärung dieses Wachstumsverlaufes liegt in einer extremen Hungerperiode („Hungerphase“), die auf sämtliche Nestareale zutraf.

Bei Betrachtung der Beziehung von Datum und Kükenmortalität auf Motuara Island fällt auf, daß sich die Todesfälle in bestimmten Zeiträumen akkumulieren (Abb. 3.4). Es können grob zwei Phasen unterschieden werden: im Zeitraum vom 2.10. bis 7.10. starben insgesamt 9 Küken. Dies ist in erster Linie einer Schlechtwetterperiode zuzuschreiben, mit zum Teil kräftigen Niederschlägen (alleine 25mm/m² innerhalb von 2 Stunden am 2.10. – A.R. Tristram, unveröffentlichte Daten). In diesem Zeitraum wurden einige Bauten geflutet, was zu Ertrinken und Hypothermie der Küken führte. Die zweite Phase umfaßt die oben schon erwähnte zweiwö-

chige „Hungerphase“ (26.10. bis 9.11.). Hier verloren, bis auf einige Ausnahmen, alle Küken – zum Teil drastisch – an Gewicht, was sich auch auf die Kükenmortalität auswirkte.

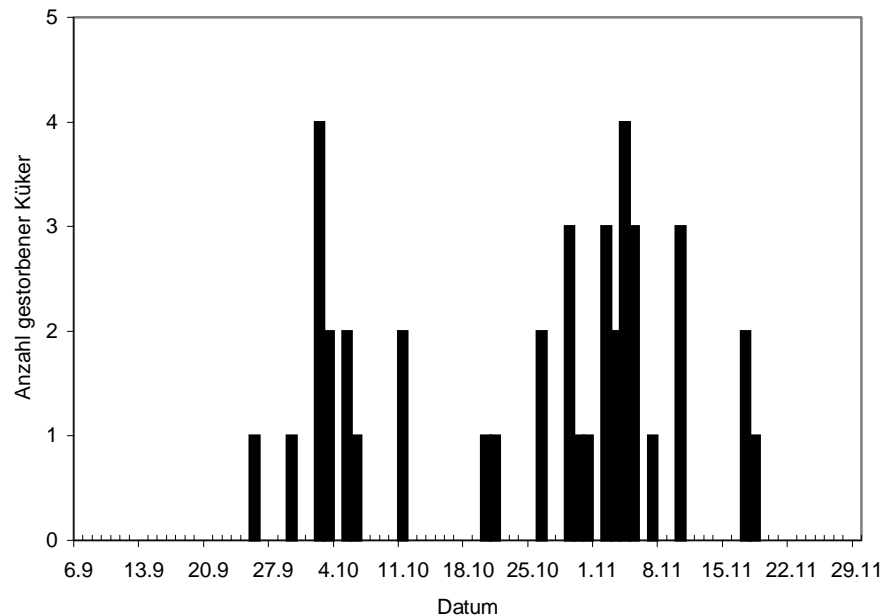


Abbildung 3.4 Beziehung zwischen Datum und Mortalitätsrate bei Zwergpinguinküken auf Motuara Island; eine Periode starken Niederschlags trat zwischen dem 2.10 und dem 4.10. auf, die „Hungerphase“ liegt zwischen dem 26.10. und 10.11.

Oamaru

Die Küken in Oamaru (57 A-Küken und 38 B-Küken) zeigen dazu einen „perfekten“ Verlauf der Wachstumskurve: in den ersten 30 Lebenstagen, zeigen sowohl A- als auch B-Küken einen linearen Anstieg des Körpergewichts, bevor die Gewichtszunahme abflacht und schließlich im Alter von etwa 45 Tagen ihr Maximum erreicht (Abb. 3.5b). Danach fällt das Gewicht der Küken, bis die Küken schließlich flügge werden. Auffällig ist hier jedoch, daß die Wachstumskurve bei älteren Küken (>55 Tage) wieder ansteigt. Der Grund für diesen Anstieg ist wahrscheinlich die große Anzahl von Nestern mit einzelnen Küken am Creek, die in Regel etwas schwerer waren und später das Nest verließen, als Küken mit Geschwistern.

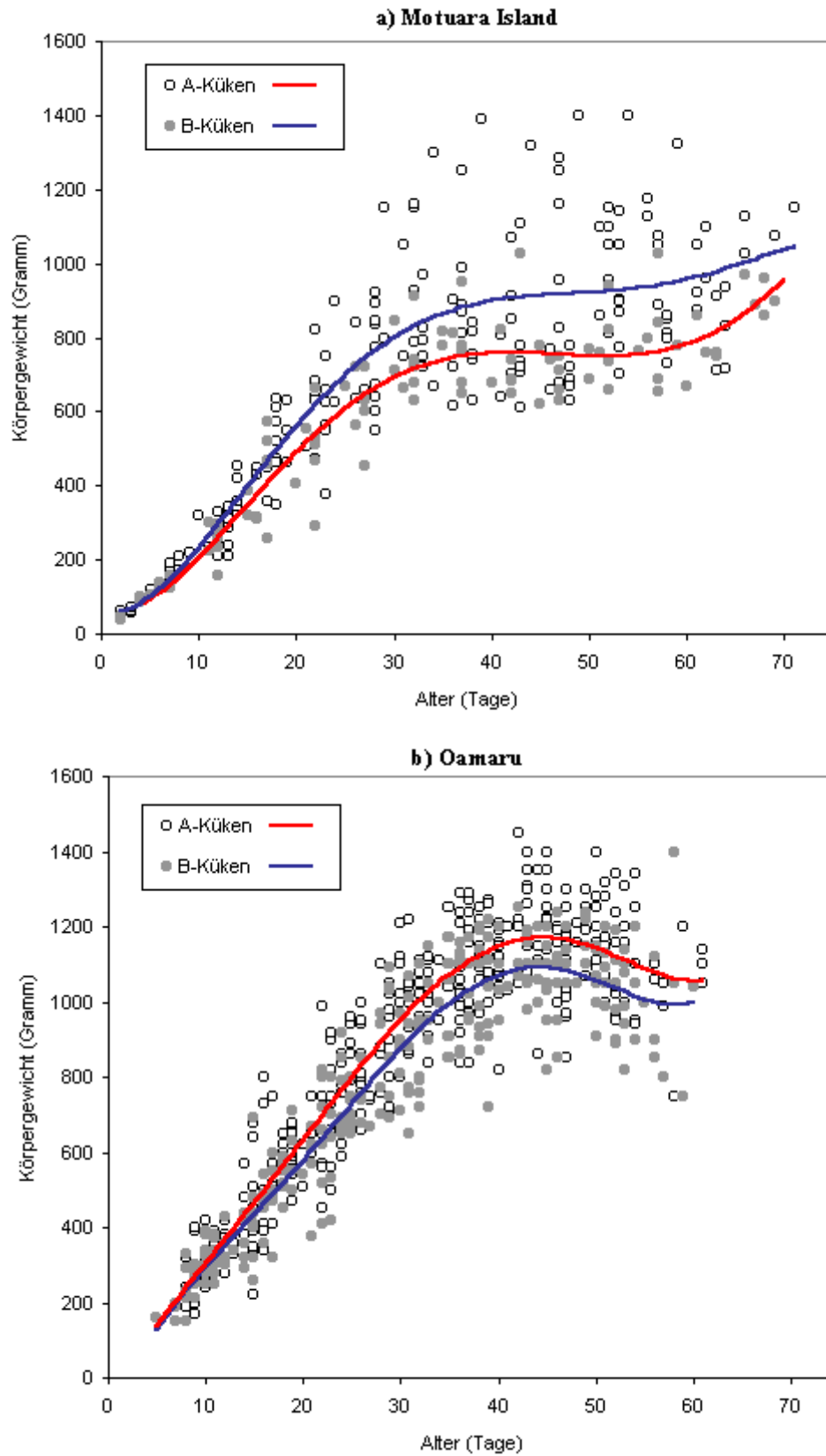


Abbildung 3.5 Wachstumskurven für A- und B-Küken auf a) Motuara Island und b) in Oamaru. Regressionskurven (polynomisches Modell): A-Küken (blau), B-Küken (rot)

3.1.6 Bruterfolgparameter

Motuara Island

Von den 64 untersuchten Nestern wurden 56 für die Ermittlung der Bruterfolgparameter herangezogen (Tab 3.1). Daten aus 8 Nestern wurden aufgrund von Unklarheiten über das Schicksal der Küken verworfen. Insgesamt 131 Eier wurden in den 56 Nestern gefunden. Der Durchschnitt von 2,33 Eiern pro Paar im Hut Gully (S.F. = 0,22; $n = 12$), liegt darin begründet, daß zwei Nester nach dem Verlust ihres ersten Geleges einen zweiten Brutversuch unternahmen. Die Anzahl von Eiern pro Paar in allen Arealen unterschied sich nicht signifikant (einseitige Varianzanalyse: $F = 1,81$; $P = 0,128$; $n = 56$).

Nimmt man die Anzahl flügge gewordener Küken pro Paar als Maß für den Bruterfolg, so hebt sich das Areal „East Gully“ hervor. Mit einem Mittelwert von 1,20 flüggen Küken pro Paar (S.F. = 0,24; $n = 10$), findet sich hier ein zum Teil doppelt so hoher Bruterfolg, wie in den restlichen Arealen. Das Areal „Frog Trail“ hat dabei den mit Abstand niedrigsten Bruterfolg: bei fünf untersuchten Nestern in denen 7 Küken schlüpften, wurde lediglich 1 Küken flügge. Dadurch ergibt sich ein Bruterfolg von 0,20 Küken pro Paar (S.F. = 0,18; $n = 5$). Die Bruterfolgswerten der restlichen Areale variierten zwischen 0,44 und 0,83 Küken pro Paar. Die gleichen Verhältnisse spiegeln sich in den Überlebensraten in den verschiedenen Arealen wider: im East Gully wurden 80% der geschlüpften Küken flügge (S.F. = 0,1; $n = 10$), der Frog Trail wies hingegen eine Überlebensrate von nur 14% (S.F. = 0,13; $n = 7$) auf. Ein statistischer Vergleich der Bruterfolgswerte aller Areale ergab einen signifikanten Unterschied der Überlebensrate zwischen den Arealen (Tab. 3.2).

Tabelle 3.1 Bruterfolgsparameter von Zwergpinguinen auf Motuara Island, Marlborough Sounds: Vergleich der unterschiedlichen Nestareale
Die Werte für jedes Gebiet sind als Mittelwert \pm Standardfehler angegeben, die Anzahl der Beobachtungen (n) in Klammern

Bruterfolgsparameter	South Gully	T-Gully	Hut Gully	West Gully	East Gully	Frog Trail
Anzahl von Eiern pro Paar	2,00 \pm 0,00 (9)	1,93 \pm 0,06 (15)	2,33 \pm 0,22 (12)	2,00 \pm 0,00 (5)	1,90 \pm 0,09 (10)	1,80 \pm 0,18 (5)
Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar	1,56 \pm 0,28 (9)	1,60 \pm 0,21 (15)	1,85 \pm 0,22 (12)	1,40 \pm 0,22 (5)	1,50 \pm 0,25 (10)	1,40 \pm 0,36 (5)
Bruterfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Paar</i>	0,44 \pm 0,23 (9)	0,67 \pm 0,22 (15)	0,83 \pm 0,26 (12)	0,66 \pm 0,36 (5)	1,20 \pm 0,24 (10)	0,20 \pm 0,18 (5)
Schlüpferting <i>Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl Eier</i>	0,78 \pm 0,10 (18)	0,83 \pm 0,07 (29)	0,68 \pm 0,09 (28)	0,70 \pm 0,14 (10)	0,79 \pm 0,09 (10)	0,78 \pm 0,14 (9)
Küken-Erfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl Eier</i>	0,22 \pm 0,10 (18)	0,34 \pm 0,09 (29)	0,36 \pm 0,11 (28)	0,30 \pm 0,14 (10)	0,63 \pm 0,11 (10)	0,11 \pm 0,10 (9)
Überlebensrate <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken</i>	0,29 \pm 0,12 (14)	0,42 \pm 0,10 (24)	0,53 \pm 0,11 (19)	0,43 \pm 0,19 (7)	0,80 \pm 0,10 (10)	0,14 \pm 0,13 (7)

Tabelle 3.2 Bruterfolg von Zwergpinguinen auf Motuara Island: Vergleich zwischen den 6 Nestarealen auf Motuara Island mittels einer einseitigen Varianzanalyse (ANOVA) * kennzeichnet Signifikanzen bei $p \leq 0,05$

Bruterfolgparameter	F	d.f.	P
Anzahl von Eiern pro Paar	1,81	55	0,128
Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar	0,09	55	0,994
Bruterfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Paar</i>	1,32	55	0,270
Schlüpferfolg <i>Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl Eier</i>	0,40	112	0,846
Küken-Erfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl Eier</i>	2,13	112	0,067
Überlebensrate <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken</i>	2,61	85	0,031*

Oamaru

Zur Aufstellung der Brutparameter wurden von den 87 untersuchten Nestern 64 herangezogen. Die Daten der übrigen 23 Nester wurden verworfen, da das Schicksal der Küken am Ende der Datenaufnahme nicht absehbar war (die Küken waren jünger als 55 Tage). In den 64 Nestern wurden 128 Eier registriert. Unter diesen Nestern befanden sich insgesamt 5 Doppelbrüter, doch die ersten Küken dieser Brutpaare, waren vor dem Beginn der Datenaufnahme in Oamaru bereits erfolgreich aufgezogen worden, so daß lediglich das jeweils zweite Gelege in meine Daten einging. Sämtliche Nester wiesen ein komplettes Gelege auf, so daß die durchschnittliche Anzahl von Eiern pro Paar an Quarry und Creek jeweils 2,0 betrug.

Tabelle 3.3 Bruterfolgparameter von Zwergpinguinen in Oamaru: Vergleich der Nestareale *Creek* und *Quarry*. Die Werte für jedes Gebiet sind als Mittelwert \pm Standardfehler angegeben, die Anzahl der Beobachtungen (n) in Klammern

Bruterfolgparameter*	Quarry	Creek
Anzahl von Eiern pro Paar	2,00 \pm 0,00 (24)	2,00 \pm 0,00 (40)
Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar	1,79 \pm 0,10 (24)	1,60 \pm 0,10 (40)
Bruterfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Paar</i>	1,71 \pm 0,11 (24)	1,28 \pm 0,13 (40)
Schlüpfertag <i>Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl Eier</i>	0,90 \pm 0,04 (48)	0,80 \pm 0,04 (80)
Küken-Erfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl Eier</i>	0,85 \pm 0,05 (48)	0,64 \pm 0,05 (80)
Überlebensrate <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken</i>	0,95 \pm 0,06 (43)	0,80 \pm 0,06 (64)

Der Bruterfolg in Oamaru – ebenfalls gemessen als Anzahl flügger Küken pro Paar – stellte sich in beiden Kolonien unterschiedlich dar (Tab 3.3). Während am Quarry im Schnitt 1,71 Küken pro Paar (S.F. = 0,11; $n = 24$) flügge wurden, lag der Bruterfolg des Areals am Creek bei lediglich 1,28 Küken pro Paar (S.F. = 0,13; $n = 40$). Damit zeichnete sich der Bruterfolg zwischen Quarry und Creek durch einen signifikanten Unterschied (Student'scher t-Test: $t = 2,23$; $P < 0,05$) aus (Tab. 3.4). Zwar weist der Schlüpfertag beider Areale keine signifikante Differenz auf, dennoch muß vermerkt werden, daß am Creek nur 80% der Eier schlüpften; am Quarry schlüpften rund 90%. Der niedrige Schlüpfertag geht damit auch in den signifikanten Unterschied beim Küken-Erfolg ein. Anders jedoch bei der Betrachtung der Überlebensraten: zwar lag diese bei Küken am Quarry bei 95% (S.F. = 0,06; $n = 43$) während sie am Creek lediglich mit 80% (S.F. = 0,06; $n = 64$) aufgenommen wurde, doch signifikant war diese Differenz nicht (Student'scher t-Test: $t = 0,56$; $P > 0,05$).

Tabelle 3.4 Bruterfolg von Zwergpinguinen um Oamaru: Vergleich der beiden Nestareale Quarry und Creek mittels Student'schem t-Test; * kennzeichnet Signifikanzen bei $p \leq 0,05$

Bruterfolgparameter	t	d.f.	p
Anzahl von Eiern pro Paar	<i>Alle untersuchten Nester brachten 2 Eier hervor</i>		
Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar	1,26	62	0,213
Bruterfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Paar</i>	2,24	62	0,029*
Schlüpferfolg <i>Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl Eier</i>	1,42	126	0,159
Küken-Erfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl Eier</i>	2,69	126	0,008*
Überlebensrate <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken</i>	0,55	113	0,581

3.1.7 Auswirkungen der Senderpacks auf den Bruterfolg

Motuara Island

Auf Motuara Island wurden insgesamt 14 Vögel in 12 verschiedenen Nestern mit Sendern ausgerüstet. Um die Auswirkungen der Senderpacks abschätzen zu können, wurden die Bruterfolge (gemessen als Anzahl erfolgreich aufgezogener Küken pro Nest) von Nestern mit besenderten Vögeln und Kontrollnestern im gleichen Areal verglichen.

In einem Nest verließ der ausgerüstete Vogel (HG02-484) das Nest bevor der Partner zurückkehrte („Nestdesertion“) – das Gelege wurden aufgegeben, jedoch kehrte der ausgerüstete Vogel in 5 Nächten, die der Desertion folgten, immer zur Insel, nicht aber auf das Nest zurück. In einem anderen Nest wurde der Sendervogel (TG08-484) einen Tag nach dem Ausrüsten von seiner Partnerin abgelöst und ging auf See, kehrte dann jedoch nicht zu seinem Nest zurück. Nach 8 Tagen gab die Partnerin das Nest auf. TG08-484, konnte 35 Tage nach dem Ausrüsten auf der Insel gefangen und sein Sender entfernt werden. In beiden Fällen ist es

möglich, daß das Ausrüsten bzw. die Beeinträchtigung der Vögel auf See zu einer Nestaufgabe führten.

Insgesamt stellten sich die Bruterfolge von Sender- und Kontrollnestern trotz der beiden oben erwähnten Nestaufgaben überraschend dar. In den 12 Nestern mit Sendervögeln wurden insgesamt 24 Eier gelegt, aus denen letztlich 13 Küken flügge wurden. Demnach wurden in Sendervogel-Nestern im Schnitt 1,08 Küken pro Nest flügge (S.F. = 0,26; $n = 12$). Die Nester der Kontrollvögel brachten 69 Eier hervor, von denen lediglich 19 Küken flügge wurden, was sich als ein Bruterfolg von durchschnittlich 0,56 Küken pro Nest (S.F. = 0,13; $n = 34$) ausdrückt. Im statistischen Vergleich ist diese Differenz zwar nicht signifikant (Student'scher t-Test: $t = 1,91$, $P > 0,05$), dennoch ist der höhere Bruterfolg der Nester, in denen Adultvögel mit Sendern ausgerüstet wurden, auffällig.

Oamaru

In Oamaru wurden in beiden Arbeitsphasen Pinguine mit Sendern ausgerüstet. Bruterfolgsdaten stehen jedoch nur für die zweite Arbeitsphase (4.12.2000 - 21.1.2001) zur Verfügung. In der ersten Arbeitsphase (3.7.2000 - 26.8.2000) wurden 8 Pinguine in 8 Nestern mit Sendern ausgerüstet, in der zweiten Arbeitsphase waren es 12 Pinguine in 12 Nestern. In einem Fall während der ersten Arbeitsphase, ging der Sender-Vogel (Band 22873) zwei Tage nach dem Ausrüsten auf See, als er von seinem Partner abgelöst wurde. Der Vogel kehrte nach einem 7-tägigen Langzeit-Trip in die nähere Umgebung der Kolonie zurück, kam jedoch nicht an Land, sondern schwamm in Richtung Süden aus dem Sendebereich. Der Vogel nahm sein Brutgeschäft nicht wieder auf, so daß das Gelege vom Partner schließlich aufgegeben wurde. Ob der ausgerüstete Vogel aufgrund von Beeinträchtigungen durch den Senderpack nicht zum Nest zurückkehrte, ist nicht auszuschließen. Jedoch wurden im gleichen Zeitraum auch in

anderen Nestern Gelege aufgegeben, was vielleicht mit der vorherrschenden Wettersituation (Sturm) in Verbindung stand (D. Houston, pers. Komm.)

In der zweiten Arbeitsphase verstummte das Signal eines ausgerüsteten Vogels (Band 22735) abrupt (siehe Track II-5, Anhang 3). Hierfür gibt es zwei mögliche Erklärungen: entweder verlor der Vogel den Sender oder der Vogel wurde getötet (z.B. Predation, Fischernetz). Letzteres scheint die wahrscheinlichere Erklärung, denn der Vogel kehrte nicht mehr zu seiner Nestbox zurück. Dennoch wurden beide Küken dieses Nests flügge.

Die Bruterfolge von Nestern mit Sender- und Kontroll-Vögeln wurden in den beiden Nestarealen Quarry und Creek getrennt verglichen.

Am Quarry wurde in der zweiten Arbeitsphase insgesamt 5 Vögel in 5 Nestern mit Sendern ausgestattet. In diesen 5 Nestern wurden 10 Eier gelegt und insgesamt 7 Küken verließen das Nest schließlich. Dies entspricht einem Bruterfolg von 1,4 Küken pro Nest (S.F. = 0,24; $n = 5$). Die restlichen 21 Nester am Quarry dienten als Kontrollgruppe: hier wurden 42 Eier gelegt, aus denen 39 flügge Küken hervorgingen, was einen Bruterfolg von 1,86 Küken pro Nest (S.F. = 0,10; $n = 21$) ergibt. Zwar stellt sich der Bruterfolg unterschiedlich dar, fällt im statistischen Vergleich jedoch nicht signifikant aus (Student'scher t-Test: $t = -1,72$; $P > 0,005$). In der Tat scheint dieser Unterschied nicht von dem Einsatz von Sendern auf den Elternvögeln herzurühren. In 3 der Nester mit Sender-Vögeln verschwand jeweils ein Küken erst mehrere Tage nachdem der Sender von dem Elternvogel entfernt worden war. Möglicherweise fielen die jungen Küken Ratten oder anderen Räubern zum Opfer.

Insgesamt 7 Vögel in 7 Nestern wurden am Creek mit Sendern ausgestattet. Einer dieser Vögel verließ das Nest nicht und der Sender wurde entfernt, ohne daß der Vogel auf See gegangen war. Insgesamt wurden 14 Eier in den Nestern von Sender-Vögeln gefunden, insgesamt 8

Küken wurden flügge. An dieser Stelle sei angemerkt, daß aus den 14 Eiern nur 8 Küken schlüpften; dementsprechend überlebten alle geschlüpften Küken und wurden flügge. Der Bruterfolg dieser 7 Nester belief sich auf 1,14 Küken pro Nest (S.F. = 0,14; $n = 7$). Als Kontrolle wurden alle Nester des Creeks herangezogen, bei denen der Brutaussgang bestimmt werden konnte: in 36 Nestern wurden 72 Eier gelegt. Insgesamt 60 Küken wurden flügge. Das entspricht 1,56 Küken pro Nest (S.F. = 0,26, $n = 36$). Daraus ergibt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied des Bruterfolges bei Nestern mit Sender-Vögeln und der Kontrollgruppe (Student'scher t-Test: $t = -1,41$; $P > 0,005$).

3.2 DISKUSSION

3.2.1 Beginn und Länge der Brutphase

Die Brutphasen in beiden Studiengebieten waren von unterschiedlicher Länge: während auf Motuara Island das Brutgeschäft innerhalb von 4-5 Monaten abgewickelt wurde, dauerte die Brutphase in Oamaru fast 8 Monate. Generell läßt sich sagen, daß sich eine längere Dauer der Brutphase positiv auf den Gesamtbruterfolg auswirkt, da sich dies in einer größeren Anzahl von Gelegen niederschlägt: bei Zwergpinguinen werden in längeren Brutphasen häufig „Doppelbrüter“, also Brutpaare, die nach einem erfolgreichen ersten Gelege ein zweites Gelege etablieren, registriert (Reilly & Balmford 1975, Williams 1995, Perriman *et al.* 2000). Die Dauer der Brutperiode bei Pinguinen hängt primär davon ab, zu welchem Zeitpunkt die ersten Eier gelegt werden, was wiederum mit dem Nahrungsangebot in Verbindung zu stehen scheint (Reilly & Cullen 1981, Gales & Pemberton 1990, Hobday 1992). Solche Variationen korrelieren mit großskaligen klimatischen Effekten, wie El Niño bzw. La Niña Ereignissen, die über Schwankungen in der Oberflächentemperatur des Meeres einen Einfluß auf die Fischproduktion haben (Basher 1998, Perriman *et al.* 2000). Studien in Australien zeigten, daß tatsächlich eine Verbindung zwischen der Oberflächentemperatur, dem durchschnittlichen Körpergewicht von Zwergpinguinen und damit verbunden, dem Beginn der Brutperiode besteht (Mickelson *et al.*, 1992).

Für die Pinguine in Oamaru wurden in den letzten Jahren starke Variationen in Bezug auf Beginn und Dauer der Brutphase registriert. So setzte die Brutphase in den Jahren 1998 und 1999 erst im Oktober, bzw. August ein, was sich auch in einer Reduzierung der Anzahl von Doppelbrütern bemerkbar machte (Perriman *et al.* 2000). Erfahrungswerte in Oamaru zeigen, daß sich die Brutperiode hier durchaus über bis zu 10 Monate erstrecken kann. In Oamaru gab es in den von mir untersuchten Nestern beider Areale 5 Paare, die als Doppelbrüter aktiv wa-

ren; in der vorhergehenden Saison wurde kein doppeltes Gelege an Quarry oder Creek registriert (D. Houston, unveröffentlichte Daten).

Auch auf Motuara Island schwankte der Beginn der Brutphase in den letzten Jahren (Renner 1998, Numata 1999). Insgesamt schien in der von mir untersuchten Saison die Anzahl der Nester niedriger zu sein, als in den Jahren von Renner oder Numata's Arbeiten. Doppelbrüter mit einem erfolgreichen ersten Gelege kommen auf Motuara Island nur selten vor. Von mir wurden lediglich zwei „Ersatzgelege“ (also ein zweiter Brutversuch nach erfolglosem ersten Gelege) observiert. Zudem wurden auf Motuara Island in der zweiten Monatshälfte des Novembers bereits zahlreiche mausernde Adultvögel gefunden; zur gleichen Zeit wurden in Oamaru noch neue Gelege etabliert.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß der Gesamtbruterfolg bei Zwergpinguinen in einem großen Maße von dem Beginn und der Dauer der Brutperiode abhängt, was hauptsächlich vom Vorhandensein ausreichender Nahrungsquellen determiniert und durch klimatische Effekte beeinflusst wird. Demnach lassen die unterschiedlichen Zeiträume der Brutperioden auf Motuara Island und in Oamaru auf Unterschiede im Nahrungsangebot beider Gebiete schließen.

3.2.2 Dauer des Bewachungsstadiums

Das Bewachungsstadium ist bei Nestern in Oamaru erheblich länger als auf Motuara Island. Dieser Unterschied könnte durch die zwei Faktoren „Nahrungsknappeit“ und „Fraßdruck“ erklärt werden. Auf Motuara Island müssen beide Elternvögel relativ früh gleichzeitig auf See gehen, um angesichts limitierter Nahrungsquellen genügend zu erbeuten und so den wachsenden Bedürfnissen der Küken gerecht zu werden. In Oamaru hingegen ist es vorstellbar, daß die Gefährdung jüngerer Küken durch Freßfeinde wie Ratten (*Rattus norvegicus*) und Iltisse

(*Putorius putorius*) in einer Verlängerung des Bewachungsstadiums resultiert. Jedoch sollte an dieser Stelle erwähnt werden, daß die Dauer der Bewachungsstadiums bei Pinguinen auch von der Anzahl der Küken abhängt. So ist das Bewachungsstadium bei Gelbaugenpinguinen (*Megadyptes antipodes*) signifikant länger, wenn nur ein Küken aufgezogen wird; gleiches gilt auch für Zwergpinguine (Renner 1998, Edge *et al.* 1999). Die Signifikanz in der unterschiedlichen Dauer der Bewachungsstadien auf Motuara Island und in Oamaru ist durch diesen Umstand allein jedoch nicht zu erklären.

3.2.3 Bruterfolgparameter

Das unterschiedliche Abschneiden der Pinguine in den verschiedenen Nestarealen auf Motuara Island ist nur schwer zu deuten. Einige Faktoren sind denkbar, die unterschiedliche Bruterfolge bewirken: so ließe sich das schlechte Abschneiden der Pinguine im Frog Trail beispielsweise mit der Topographie des Areals (sehr steil, loses Geröll) begründen: in zumindest einem Fall besteht der Verdacht, daß die Küken aus dem Nest zu Tode stürzten. Ferner haben die Baubeschaffenheiten der einzelnen Areale einen Einfluß auf den Bruterfolg (Renner 1998). Vielleicht sind aber auch die Areale aus Sicht der Jagdrouten bevorteilt. Auf eintägigen Jagdtrips blieben die Pinguine oftmals in unmittelbarer Nähe der Insel (siehe Kapitel 4). Dementsprechend hielten sich Pinguine aus Arealen auf der Westseite der Insel vornehmlich westlich von Motuara Island auf, während Pinguine aus East Gully oder Frog Trail vermutlich in erster Linie auf der Ostseite der Insel auf Beutefang waren. Hier könnten die ausgiebigen Kelp-Wälder an der Ostküste Motuara Islands eine Rolle spielen: eigene Beobachtungen zeigten, daß nicht selten Pinguine innerhalb dieser Kelp-Wälder (also nicht weiter als 50 Meter vom Ufer entfernt) jagten. Vielleicht stellen die Kelp-Wälder bessere Fanggründe dar, als die größtenteils unbewachsenen Küstengewässer im Westen Motuara Islands. Gegen diese Vermutung spricht allerdings die Tatsache, daß hinsichtlich des Bruterfolges sowohl das er-

folgreichste Nestareal (East Gully), als auch das Areal mit dem geringsten Bruterfolg (Frog Trail) auf der Ostseite der Insel liegen.

Die signifikanten Differenzen der Bruterfolgsparemeter bei Zwergpinguinen von Motuara Island und Oamaru lassen sich allerdings durch Unterschiede des Nahrungsangebots erklären. Nahrungsknappheit resultiert bei Pinguinen in vermehrten Nestdesertionen und Verhungern von Küken (Yorio & Boersma 1994, Numata 2000). Auf Motuara Island liessen sich die meisten Fälle von negativem Bruterfolg auf das Verhungern der Küken oder auf Nestdesertionen (Eier oder Küken) der Elterntiere zurückführen. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten der Arbeiten von Renner (1998) und Numata (1999). Lediglich die Gewichtung zwischen den Faktoren „Verhungern“ und „Nestdesertion“ gestaltet sich variabel: so war der Hauptgrund für negativen Bruterfolg in der Saison 98/99 ein hohes Auftreten von Desertionen während der Ei-Inkubationsphase (Numata 2000). Die Daten meiner Arbeit zeigen hingegen, daß Desertionen gleichmäßig auf Ei- und Kükenester verteilt waren, so daß letztlich das Verhungern von Küken (während der „Hungerphase“) den größeren Einfluß auf den Reproduktionserfolg hatte. Die Pinguine in Oamaru zeigten eine durchweg stabile Reproduktionsleistung: es gab wenige Nestdesertionen während der Inkubations- oder Kükenphasen und kein Küken verhungerte nachweislich. Den größten Anteil an vermindertem Bruterfolg haben in Oamaru Freßfeinde und Predation.

Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß Nahrungsressourcen auf Motuara Island den limitierenden Faktor des Bruterfolgs darstellen, während in Oamaru der Bruterfolg hauptsächlich durch Predation beeinflußt wird.

3.2.4 Kükenwachstum und Überlebensrate

Um beide Studiengebiete zu vergleichen, wurden die Bruterfolgparameter aller Areale zusammengefaßt. Der resultierende Übersichtsvergleich der Pinguine von Motuara Island und Oamaru ist deutlich. Zwar gleichen sich die Anzahl der gelegten Eier pro Paar und auch der Schlüpfertyp zwischen beiden kann als vergleichbar angesehen werden, doch in Bezug auf Küken-Erfolg und Überlebensraten, erkennt man, daß die Pinguine auf Motuara Island nur halb so erfolgreich sind, wie die Pinguine in Oamaru (Tab 3.5). Im Vergleich mit anderen veröffentlichten Daten zum Bruterfolg von Zwergpinguinen in Neuseeland und Australien fällt jedoch auf, daß weder das vermeintlich schlechte Abschneiden der Pinguine auf Motuara Island, noch der gute Reproduktionserfolg der Pinguine in Oamaru „ungewöhnliche Werte“ darstellen (Reilly & Cullen 1981; Gales 1987; Rogers *et al.* 1995; Perriman & Steen 2000).

Tabelle 3.5 Bruterfolgparameter von Zwergpinguinen auf Motuara Island, Marlborough Sounds und in Oamaru: Gesamtvergleich der beiden Brutpopulationen. Werte sind für als Mittelwert \pm Standardfehler angegeben, Anzahl der Beobachtungen in Klammern

Bruterfolgparameter*	Motuara Island	Oamaru
Anzahl von Eiern pro Paar	2,02 \pm 0,06 (56)	2,00 \pm 0,00 (64)
Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar	1,54 \pm 0,10 (56)	1,67 \pm 0,07 (64)
Bruterfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Paar</i>	0,71 \pm 0,11 (56)	1,44 \pm 0,10 (64)
Schlüpfertyp <i>Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl Eier</i>	0,76 \pm 0,04 (113)	0,84 \pm 0,03 (128)
Küken-Erfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl Eier</i>	0,35 \pm 0,04 (113)	0,72 \pm 0,04 (128)
Überlebensrate <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken</i>	0,47 \pm 0,05 (86)	0,84 \pm 0,04 (107)

Die Differenzen zwischen beiden Studiengebieten drücken sich auch deutlich im statistischen Vergleich aus (Tab 3.6). Lediglich die Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar sowie der Schlüpf-erfolg variieren zwischen beiden Studiengebieten nicht signifikant. Das deutet an, daß im Gegensatz der früheren Arbeiten von Renner (1998) und Numata (2000) auf Motuara Island, Nestdesertionen während der Inkubationsphase hinsichtlich des niedrigen Bruterfolges eine untergeordnete Rolle spielte. Alle Brutparameter, die in Zusammenhang mit der Anzahl ge-flügelter Küken stehen, weisen jedoch hochsignifikante Unterschiede auf (jeweils $p < 0,001$). Demzufolge starben auf Motuara Island im Vergleich signifikant mehr Küken als in Oamaru.

Tabelle 3.6 Bruterfolg von Zwergpinguinen: Vergleich der beiden Studiengebiete auf Motuara Island und in Oamaru mittels Student'schem t-Test

Bruterfolgparameter	<i>t</i>	<i>d.f.</i>	<i>p</i>
Anzahl von Eiern pro Paar	<i>nicht möglich, da Standardabweichung in Oamaru gleich 0</i>		
Anzahl geschlüpfter Küken pro Paar	0,78	96	0,436
Bruterfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Paar</i>	3,95	96	< 0,001
Schlüpf-erfolg <i>Anzahl geschlüpfter Küken pro Anzahl Eier</i>	1,45	239	0,148
Küken-Erfolg <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl Eier</i>	6,07	239	< 0,001
Überlebensrate <i>Anzahl flügger Küken pro Anzahl geschlüpfter Küken</i>	4,11	191	< 0,001

Bei näherer Betrachtung der mittleren Kükengewichte bestimmter Altersklassen, sind weitere Unterschiede auffällig: sowohl die mittleren Gewichte aller Küken (A- und B-Küken) im Alter von 10-20 Tagen, als auch die mittleren Gewichte aller Küken der Altersklasse 40-50 Tage, unterscheiden sich in beiden Studiengebieten signifikant (Tab. 3.7). Dabei fällt vor allem der große Unterschied der Mittelwerte in der letzten Altersklasse auf. Auf Motuara Island wiesen Küken in diesem Alter ein mittleres Gewicht von etwa 815 Gramm auf; in Oamaru lag das mittlere Gewicht für gleichalte Küken bei ca. 1130 Gramm. Wiederum ist diese Differenz von mehr als 300 Gramm in erster Linie auf die „Hungerphase“ zurückzuführen. Vergleicht man indes die Flüg-Gewichte in beiden Gebieten, so war eine erneute Annäherung der Mittelwerte zu verzeichnen. Nichtsdestotrotz sind auch hier die Differenzen signifikant. Letztlich fällt ein großer Unterschied beim Flüg-Alter auf: der Medianwert für das Flüg-Alter auf Motuara Island lag bei 66 Tagen; in Oamaru wurden die Küken in der Regel um den 57. Tag nach dem Schlüpfen flügge. Möglicherweise schlägt sich hier die „Hungerphase“ in einer verlängerten Wachstumsphase nieder.

Tabelle 3.7 Wachstumsparameter von Zwergpinguinen: Vergleich zwischen zwei Populationen auf Motuara Island/Marlborough Sounds und in Oamaru
 MW: Mittelwert, SA: Standardabweichung. * kennzeichnet Werte bei denen statt Mittelwert der *Median* und statt Standardabweichung der *Standardfehler* verwendet wurde.

	Motuara Island				Oamaru				t-Test		
	<i>n</i>	MW	SA	Bereich	<i>n</i>	MW	SA	Bereich	<i>d.f.</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Gewicht (Gramm): Altersklasse 10-20 Tage	50	375,5	120,3	160,0 - 635,0	147	449,6	126,2	220,0 - 800,0	195	-3,63	< 0,001
Gewicht (Gramm): Altersklasse 40-50 Tage	43	815,6	207,7	610,0 - 800,0	142	1132,4	119,5	820,0 - 1450,0	183	-12,59	< 0,001
Flügg-Gewicht (Gramm)	36	946,8	155,9	670 - 1325,0	89	1099,1	132,2	750,0 - 1400,0	123	-5,53	< 0,001
Flügg-Alter (Tage)	14	66*	1,71*	51 - 71	85	57*	0,35*	51 - 63	97	-5,76	< 0,001

Das Wachstum der Küken in beiden Studiengebieten, unterstreicht diese Tatsache. Der Verlauf der Wachstumskurven unterscheidet sich in beiden Studiengebieten deutlich (siehe Abb.3.5a und Abb. 3.5b). Auf Motuara Island ist die Wachstumskurve „deformiert“ – die „Hungerphase“ führt dazu, daß das Wachstum der Küken nahezu gestoppt ist. Das Resultat ist eine verlängerte Kükenphase: die Küken werden erheblich später flügge als Artgenossen in Oamaru oder in der Literatur aufgeführt (Reilly & Cullen 1981, Gales 1987, Williams 1995). Die Kükengewichte auf Motuara Island streuen ab dem 30. Lebenstag weitaus deutlicher als in Oamaru. So variieren Gewichte von Küken auf Motuara Island zwischen dem 40. Und 50. Tag zwischen 600 Gramm und 1400 Gramm; in Oamaru liegen die Gewichte für dieses Kükenalter lediglich zwischen 900 Gramm und 1400 Gramm (Vergleiche dazu Tab.3.7). Für die Variationen auf Motuara Island ist wiederum die oben erwähnte „Hungerphase“ verantwortlich zu machen. Eine große Zahl der Küken – die diese Phase überlebten – war zum Zeitpunkt dieser Phase zwischen 40 und 50 Tage alt und verloren extrem an Gewicht, was das tiefliegende Minimum in diesem Altersbereich erklärt. Trotzdem sind auch Küken in den Daten enthalten, die vor der „Hungerphase“ flügge wurden und dementsprechend ein Gewicht aufwiesen, welches mit dem Gewicht gleichalter Küken in Oamaru vergleichbar ist. Jedoch muß hier angemerkt werden, daß die Maximalgewichte von 1200 bis 1400 Gramm auf Motuara Island, ausschließlich in Nestern mit nur einem Küken auftraten, während dieses Gewicht in Oamaru auch bei Nestern mit zwei Küken normal war.

Außerdem deutet der Verlauf der Wachstumskurven an, daß die Küken auf Motuara Island – im Gegensatz zu den Küken in Oamaru – niemals das Maximalgewicht erreichten, das einen „normalen“ Wachstumsverlauf kennzeichnet (Williams 1995). Zwischen dem Gewicht eines jungen Zwergpinguins bei Verlassen des Nests und der Überlebenswahrscheinlichkeit im ersten Jahr besteht eine positive Korrelation: so steigt die Wahrscheinlichkeit des Überlebens mit dem Gewicht; erst ab einem Gewicht von mehr als 1300 Gramm sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit.

scheinlichkeit der jungen Zwergpinguine wieder (Dann 1988). Daher ist es möglich, daß sich das verhältnismäßig niedrige Flüg-Gewicht der Küken auf Motuara Island in einem geringen Rekrutierungsgrad für die Population niederschlägt.

An dieser Stelle sollten jedoch noch einmal die morphologischen Unterschiede zwischen Pinguinen auf Motuara Island und Oamaru in Erinnerung gerufen werden: insgesamt erscheinen die Zwergpinguine auf Motuara Island kleiner und weniger kräftig als die Vögel in Oamaru. Die Daten von Numata (1999) bestätigen dies, so daß es durchaus denkbar wäre, daß unterschiedliche Kükengewichte morphologisch bedingt sind. Dies würde die Einteilung der Zwergpinguine in gültige Unterarten unterstreichen und gegen den monospezifischen Status sprechen, der zur Zeit den Zwergpinguinen offiziell zugeordnet wird

Küken in Oamaru überleben grundsätzlich mit einer größeren Wahrscheinlichkeit als Küken auf Motuara Island. Speziell in den ersten 20 Tagen nach dem Schlüpfen starben auf Motuara Island fast 40% aller geschlüpften Küken (Abb. 3.6). Ähnliche Ergebnisse werden von Renner (1998) und Numata (1999) berichtet. Mit Erreichen eines Alters von 20 Tagen ist die Chance, daß ein Küken auf Motuara Island überlebt erheblich größer. In Oamaru ist ein ähnlicher Trend zu erkennen, jedoch in weitaus geringerem Maße: wenn man die durch Hunde getötenen Küken vernachlässigt, starben Küken ausschließlich in den ersten 12 Tagen nach dem Schlüpfen. Abgesehen von der Zeit kurz nach dem Schlüpfen, ist bei den Überlebensraten der Küken auf Motuara Island zwischen dem 40. und 50. Lebenstag erneut eine Zunahme der Anzahl von Sterbefällen zu erkennen (Abb. 3.6). Diese Phase des Kükenslebens zeichnet sich durch die vollständige Entwicklung des Kükengefieders aus; der Energiebedarf in dieser Lebensphase ist hoch (N. Vallance, pers. Komm.). Die „Hungerphase“ traf ein, als eine große Zahl der Küken sich in eben diesem Lebensabschnitt befanden, was sich in einem weiteren Absinken der Überlebensrate um etwa 10% auswirkt. In Oamaru traten die meisten Todesfälle

in einem Altersbereich von 45 bis 55 Tagen auf, was zweifelsohne hauptsächlich dem Zwischenfall mit den streunenden Hunden zuzuschreiben ist. Wenn man davon absieht, war die Kükenmortalität in Oamaru gering.

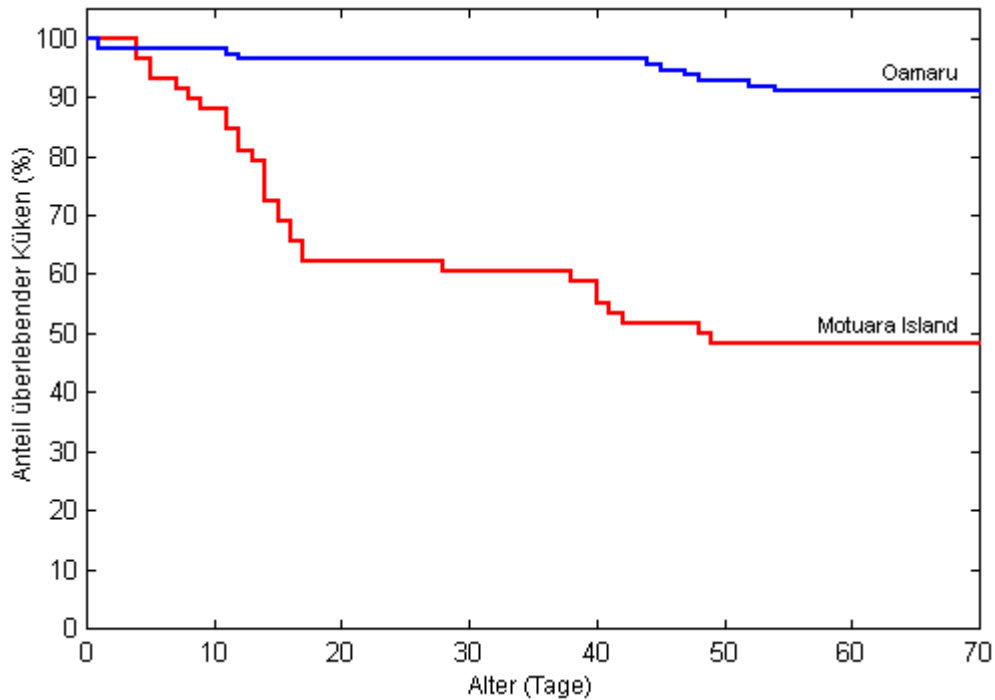


Abbildung 3.6 Prozentualer Anteil überlebender Küken im Verhältnis zum Kükenalter bei Zwergpinguinküken auf Motuara Island und in Oamaru

Zusammenfassend kann man also sagen, daß die Küken auf Motuara Island vermutlich zu jedem Zeitpunkt durch den Hungertod gefährdet sind: in einem kurzen Zeitraum auftretende Variationen im Nahrungsangebot könnten hier extreme Konsequenzen für das Überleben der Küken haben. In Oamaru starb indes kein Küken durch Verhungern. Predation hat hier vermutlich den größten Einfluß, wird jedoch durch Schutzmaßnahmen (Fallen, Zäune, etc.) weitestgehend reduziert.

3.2.6 Auswirkungen der Sender

Der Vergleich der Bruterfolge von Nestern mit besenderten Vögeln und Kontrollnestern, zeigte, daß der Einsatz der Sender zumindest auf den Bruterfolg keine negativen Auswirkungen hatte. Tatsächlich wurde auf Motuara Island ein höherer Bruterfolg der Sendernester registriert. Als einzige Erklärung kann hier aufgeführt werden, daß bei der Wahl der Vögel, auf die Beschaffenheit des Nests geachtet werden mußte. So wurden Vögel in Nesthöhlen mit engen Eingängen oder niedrigen Bruträumen nicht ausgerüstet, da sich in solchen Nestern Platzprobleme für den ausgerüsteten Vogel ergeben hätten. Dies hätte in Beschädigung des Gefieders oder des Senders resultieren können. Das eine Verbindung zwischen Bauqualität und Bruterfolg besteht, wurde nachgewiesen (Renner 1998). Möglicherweise wurden auf Motuara Island für das Ausrüsten von Pinguinen vornehmlich qualitativ gute Bauten ausgewählt, die den Bruterfolg begünstigen.

Welche Auswirkungen der Einsatz der Sender jedoch auf den zusätzlichen Aufwand an Energie hatte, konnte nicht bestimmt werden. Daß die Befestigung von externen Geräten die Pinguine behinderte und zu erhöhten Transportkosten führte, ist jedoch sehr wahrscheinlich (siehe dazu z.B. Gales *et al.* 1990, Culik *et al.* 1994, Bethge *et al.* 1997).

3.2.7 Schlußfolgerungen

Der Bruterfolg bei Zwergpinguinen hängt wohl in erster Linie vom Vorhandensein ausreichender Nahrungsressourcen ab. Zwergpinguine gelten als Generalisten, deren Nahrungszusammensetzung mit Saison und Lokalität variiert (Gales & Pemberton 1990, Hobday 1992). In der Regel setzt sich ihre Diät aus kleinen Schwarmfischen (z.B. Sprotten, Heringe, aber auch Tintenfisch) zusammen (Gales & Pemberton 1990, Cullen *et al.* 1992). Daher ist es bemerkenswert, daß Untersuchungen der Nahrungszusammensetzung von Zwergpinguinen in Oamaru zeigten, daß die Vögel hier saisonal unbeeinflußt vornehmlich eine Sprottenart (*Sprattus antipodum*) als Nahrung aufnehmen (Fraser 1999, C. Lalas, pers. Komm.). Die Nahrungszusammensetzung der Pinguine auf Motuara Island wurde bislang nicht untersucht. Zwar wurden von mir auch Magenproben genommen, doch diese sind bislang nicht ausgewertet. Es hat jedoch den Anschein, daß sich diese Proben primär aus den Larvalstadien einer noch nicht bestimmten Fischart zusammensetzen. Da Larvalstadien nur saisonal auftreten, läßt dies auf eine mit der Zeit nicht konsistente Beutekomposition schließen. Demnach entsprechen die Pinguine auf Motuara Island eher dem Bild eines „Generalisten“, als die Tiere in Oamaru. Das große Vorkommen einer Sprottenart in den Gewässern um Oamaru stellt anscheinend einen derart reichen Nahrungspool dar, daß die Zwergpinguine hier schon fast „spezialisiert“ auf diese Art jagen können. Diese hohe Produktivität der Gewässer um Oamaru kann vielleicht durch einen hohen Nährstoffeintrag über die großen Flußsysteme (z.B. der Waitaki River) erklärt werden (siehe dazu Kapitel 4). In den Gewässern um Motuara Island hingegen stellt sich die Situation anders dar: die Pinguine jagen hier wahrscheinlich weniger „wählerisch“. Insgesamt scheint das Nahrungsangebot für Zwergpinguine auf Motuara Island an einem Schwellenwert zwischen „ausreichend“ und „mangelhaft“ zu liegen. Daher können hier kurzzeitige Schwankungen solch extreme Auswirkungen im Bruterfolg bedingen, wie es sich während der „Hungerphase“ darstellte.

Kapitel 4

Jagdstrategien und Reichweiten

4.1 ERGEBNISSE

4.1.1 Jagdtrip-Typen

Aus den in den Marlborough Sounds und Oamaru aufgenommenen Peildaten konnten drei unterschiedliche Kategorien der Jagdrouten („Jagdtrip-Typen“) abgeleitet werden.

- **Langzeit-Trips:** Diese Kategorie umfaßt sämtliche Jagdausflüge, die länger als einen Tag dauerten. Nicht selten schwammen Pinguine auf Langzeit-Trips aus dem Empfangsbereich der Antennen.
- **SR-Trips:** Hierbei handelt es sich eine Klasse von Ein-Tages-Trips. Der Index „SR“ leitet sich aus englischen „short range“ (kurze Reichweite) ab. Diese Kategorie umfasst eintägige Jagdtrips, bei denen sich die Pinguine auf See nicht weiter als maximal 15 Km von ihrer Kolonie entfernten. Die Vögel blieben meist in der Nähe der Küste.
- **LR-Trips:** Eine zweite Klasse von Ein-Tages-Trips umfasst Trips, bei denen die Pinguine zum Teil große Distanzen zurücklegen (Index LR: „long range“ – große Reichweite). Auf solchen Trips entfernten sich die Pinguine mehr als 15 Km von ihrer Kolonie.

4.1.2 Jagdmuster in den Studiengebieten

Oamaru

In der ersten Arbeitsphase in Oamaru (3.7.2000 bis 26.8.2000) wurden neben den Dummy-Tests (siehe Kapitel 2) auch erstmalig Sender eingesetzt. Insgesamt wurden 8 Pinguine mit Sendern ausgerüstet, von diesen waren 7 Pinguine auf Eiern (frühe Inkubationsphase), 1 Pinguin stammte aus einem, zu dem Zeitpunkt, eilosen Nest. 86 ermittelte Pinguinpositionen konnten nach der Datenanalyse akzeptiert werden. Daraus resultierten lediglich vier „gute“ Tracks: ein erster Tag eines Langzeit-Trips (Abb. 4.6) , zwei Tage eines 3-Tages-Trips und ein Ein-Tages-Trip (siehe Track I-1 & Track I-2 bzw. Track I-4, Anhang 3).

Insgesamt muß zu dieser ersten Arbeitsphase gesagt werden, daß besonders die Technik noch große Probleme bereitete, was das nicht zufriedenstellende Ergebnis der Telemetrie bedingte. So mußten zum Beispiel die Daten von zwei Pinguinen verworfen werden, die sich auf Langzeit-Trips begaben. Nichtsdestotrotz konnten einige interessante Informationen zum Jagdverhalten der Pinguine während der Inkubationsphase gewonnen werden.

Die zweite Arbeitsphase in Oamaru (4.12.2000 bis 21.1.2001) war aus Sicht der Datenerhebung durch telemetrische Methoden erheblich ergiebiger. Hier wurden in einem Zeitraum von 16 Tagen 12 Pinguine verschiedener Nester ausgerüstet. An allen 16 Tagen war mindestens ein Pinguin nachweislich auf See. An 8 Tagen konnten Pinguine eingepeilt werden. Daraus ergaben sich 464 Pinguinpositionen, die sich auf 13 verschiedene Tracks verteilten. Sämtliche in der zweiten Arbeitsphase aufgezeichneten Jagdrouten waren Ein-Tages-Trips.

Bis auf einen Tag, an dem zwei Pinguine mit defekten Sendern auf See gingen, gab es während der zweiten Arbeitsphase in Oamaru keine technischen Komplikationen, auch das Wetter

stellte keine Behinderung dar und die ausgerüsteten Pinguine zeigten sich „kooperativ“: bis auf eine Ausnahme gingen alle Vögel am Tag nach dem Besondern auf See. Lediglich organisatorische Probleme verhinderten eine vermehrte Aufnahme der Daten.

Ein-Tages-Trips

Alle in Oamaru aufgezeichneten Ein-Tages-Trips sind eindeutig in 4 SR-Trips bzw. 9 LR-Trips einzuteilen. Bei Betrachtungen der Entfernungen jeder einzelnen aufgenommenen Pinguinposition zur Kolonie deutet sich die bimodale Verteilung der unterschiedlichen Trip-Klassen an (Abb. 4.1). An dieser Stelle sollte erwähnt werden, daß in die Wahrscheinlichkeit, daß eine Pinguinposition verworfen wurde, mit der Entfernung des Signals zu den Empfangsstationen größer wurde. Dementsprechend wurden auch auf Langzeit-Trips mehr Positionen innerhalb des 15 Km Radius aufgenommen.

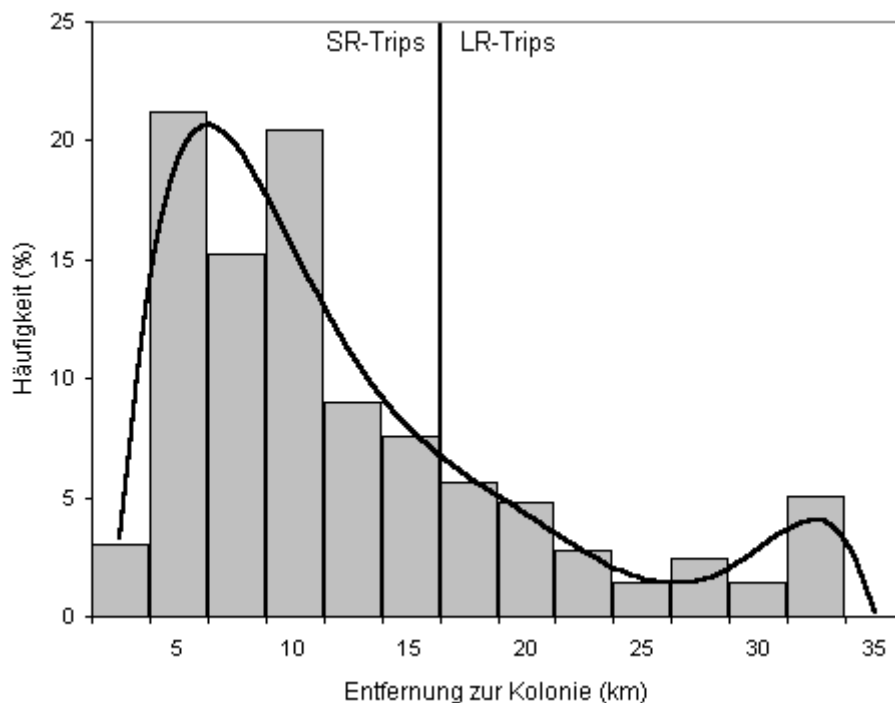


Abbildung 4.1 Häufigkeitsverteilung der Entfernungen aller in Oamaru aufgenommenen Pinguinpositionen ($n = 499$) zur Kolonie. Zur Verdeutlichung der Bimodalität wurde eine polynomische Regression (6. Ordnung) angewendet.

Bei den LR-Trips lassen sich grob zwei Muster erkennen: eine „lineare“ Jagdroute, bei der Pinguin mehr oder weniger einer Richtung folgend schwimmt, bevor er nach der ersten Tageshälfte wieder zur Kolonie zurückkehrt (Abb. 4.3), und eine „kreisförmige“ Jagdroute, die den Pinguin in einem Bogen wieder zur Kolonie zurückführt (Abb. 4.2). Bei LR-Trips erreichten die Vögel in der Regel gegen Mittag (11:30 bis 14:00) die maximale Entfernung zu ihrer Kolonie. Diese war größer auf „linearen“ Trips als auf „kreisförmigen“ Trips.

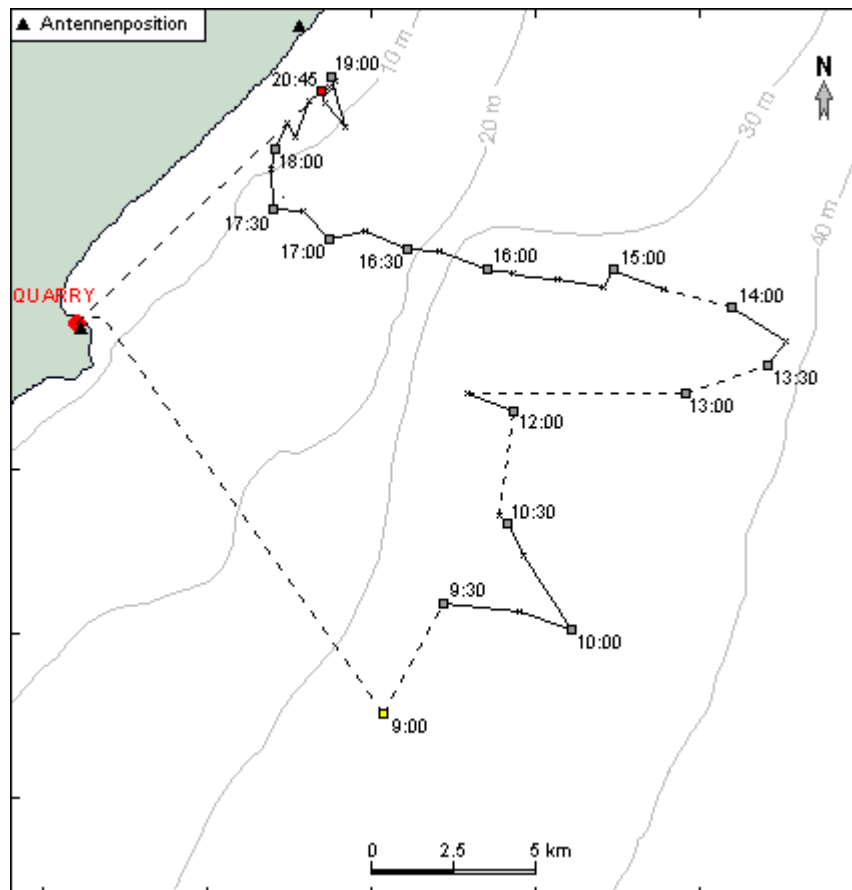


Abbildung 4.2 LR-Trip des Pinguins 31767, (männlich, 1 Küken) am 09.12.2000 – „kreisförmiger“ Trip

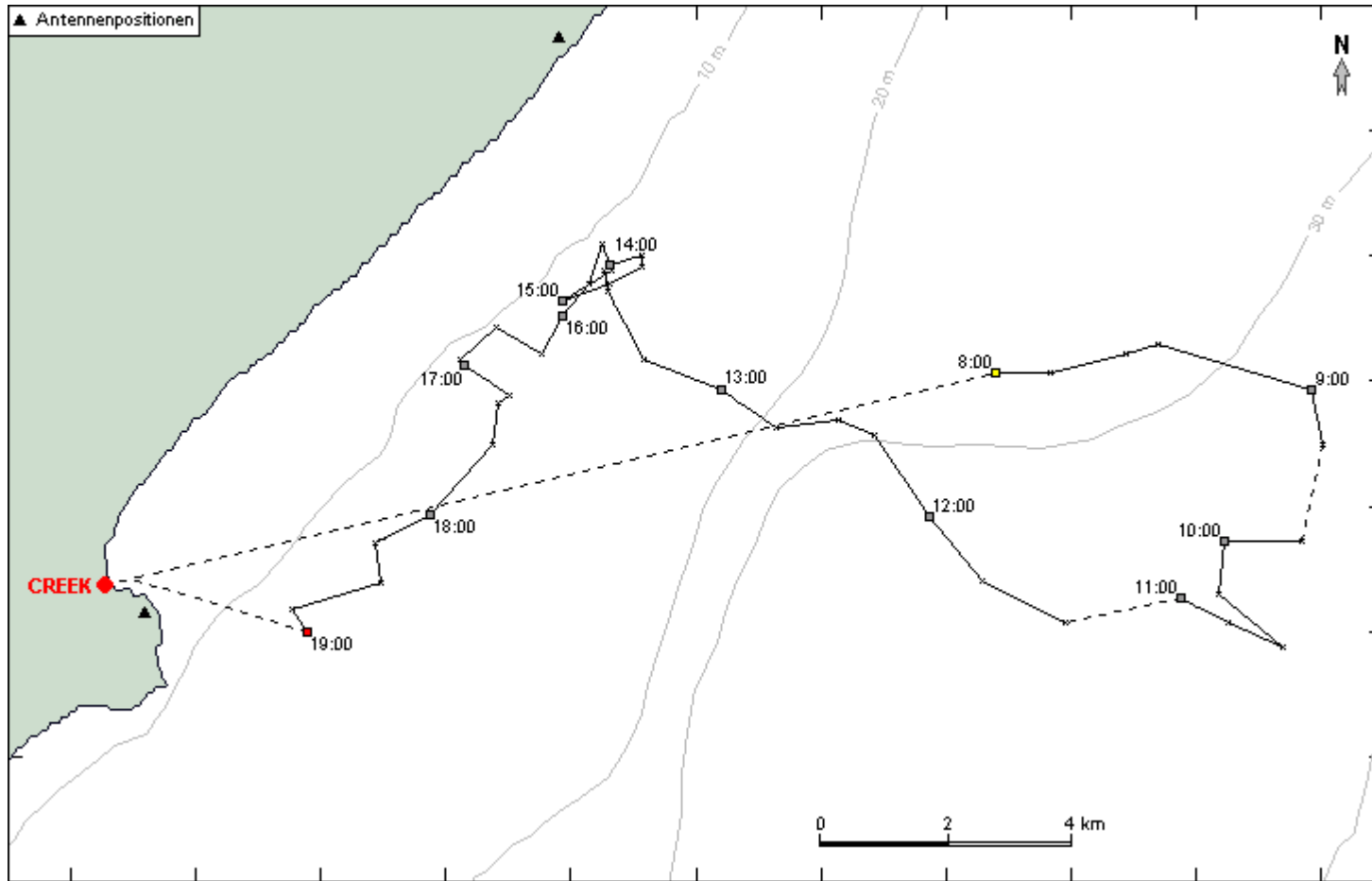


Abbildung 4.3 LR-Trip des Pinguins 26237, (männlich, 1 Küken) am 13.12.2000 – „linearer“ Trip

Auf SR-Trips entfernten sich die Pinguine in der Regel zunächst gradlinig vom Festland, bevor sie einen küstenparallelen Kurs einschlugen (Abb. 4.4). Dementsprechend erreichten die Vögel die maximale Distanz zur Kolonie vornehmlich am frühen Vormittag (7:00 bis 9:00). Weiterhin auffällig im Erscheinungsbild der SR-Trips sind Abschnitte des Tracks, in denen die Pinguine über einen längeren Zeitraum hinweg in einem bestimmten Gebiet blieben, was in dicht beieinander liegenden Positionen resultierte. Es ist anzunehmen, daß solche „Positionsakkumulationen“ verstärkte Jagdaktivitäten in diesem Gebiet repräsentieren. Vergleichbare Positionsverteilungen wurden bei LR-Trips nicht registriert. Hier schienen die Vögel hauptsächlich zu „reisen“ (Zurücklegen einer horizontalen Strecke).

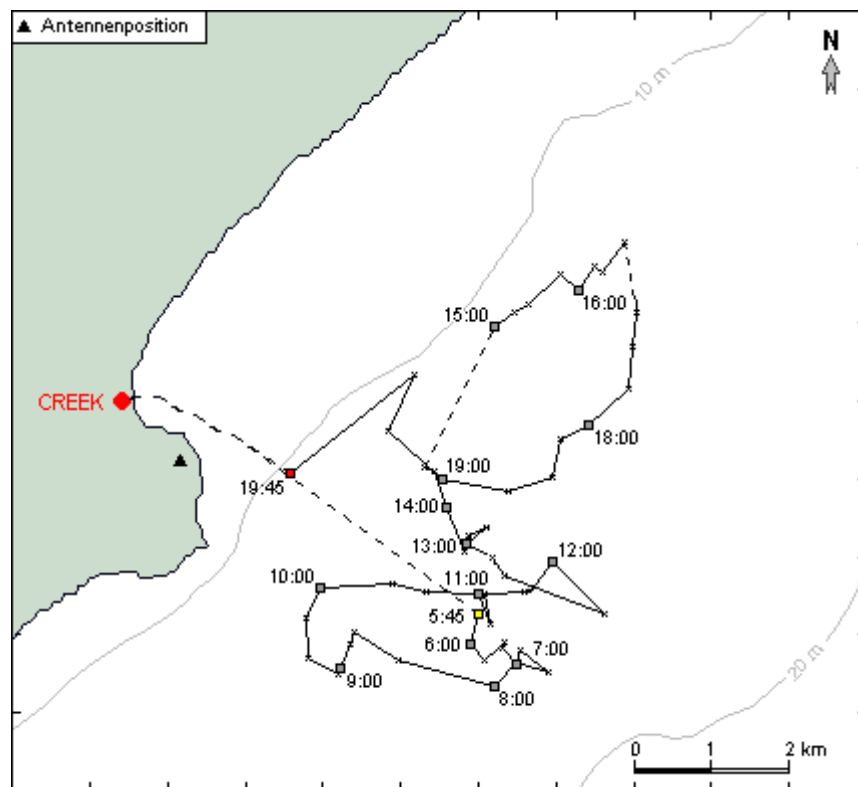


Abbildung 4.4 SR-Trip des Pinguins 26601, (männlich, 1 Küken) am 11.12.2000

Die unterschiedlichen Charakteristika der beiden Trip-Klassen, schlugen sich auch auffällig in der Qualität der aufgenommenen Signale nieder. SR-Trips zeichneten sich durch die für Tauchaktivitäten typische Sendeintervalle aus, wie sie auch hauptsächlich in den Marlborough Sounds registriert wurden („diving“, siehe Kapitel 2). LR-Trips hingegen stellten sich als „schwierig einzupeilen“ heraus: hier waren zum Teil nur alle 10 Sekunden zwei oder drei *beeps* zu vernehmen, was auf primär horizontale Tauchgänge deutete („travelling“ – siehe Kapitel 2).

Prinzipiell kann man sagen, daß die Pinguine nicht in einem bestimmten Gebiet zu jagen scheinen. Die Verteilung der ermittelten Jagdrouten aller Pinguine fächert von südlich bis nordwestlich der Kolonie. Es scheint jedoch, daß einzelne Pinguine ihre Jagdtrips immer in die gleiche Richtung beginnen und sich erst nach einer oder zwei Stunden auf See, für eine neue – vielleicht tagesspezifische – Richtung entscheiden (Vergleiche dazu Track II-1, Track II-3 und Track II-5, Anhang 3). Was Pinguine dazu veranlaßte, SR-Trips oder LR-Trips zu unternehmen ist unklar. So wurden am gleichen Tag sowohl SR-Trips als auch LR-Trips registriert (Vergleiche dazu Track II-8 und Track II-9, Anhang 3). Ebenso unternahm ein Pinguin (Band 32250) zunächst einen LR-Trip (06.12. – Track II-1, Anhang 3) und zwei Tage später einen SR-Trip (08.12. – Track II-3, Anhang 3). Demnach liegen wohl unterschiedliche Reichweiten nicht in individuellen Verhaltensregeln der Pinguine begründet. Eine Korrelation mit Windrichtungen, wie sie auf Motuara Island vermutet wird, kann in Oamaru ausgeschlossen werden, da während des gesamten Zeitraumes der Datenerhebung fast konstant Nordostwinde vorherrschten.

Langzeit-Trips

Ein generelles Muster für Langzeit-Trips bei Zwergpinguinen in Oamaru aus den 3 beobachteten Langzeit-Trips (von denen 2 mangels akzeptabler Positionsfixe verworfen wurden) abzuleiten, wäre statistisch schwer zu vertreten. Dennoch soll an dieser Stelle die, in allen drei Fällen übereinstimmende Richtung der Trips erwähnt werden. Jeder der 3 Pinguine folgte dem Küstenverlauf nordwärts (Abb. 4.5). Diese Aussage läßt sich auch aus den Daten der beiden verworfenen Langzeit-Trips mit Sicherheit schließen, da die Lokalisierungsprobleme in Defekten einer der beiden Empfangsstationen begründet lagen; die andere Station konnte die Bewegung der Pinguine gut verfolgen. Von allen beobachteten Pinguinen (Langzeit-Trips und Ein-Tages-Trips), wählte nur ein Vogel einen Kurs in Richtung Südsüdwest, der annähernd der Küstenlinie folgte (Track I-1, Anhang 3).

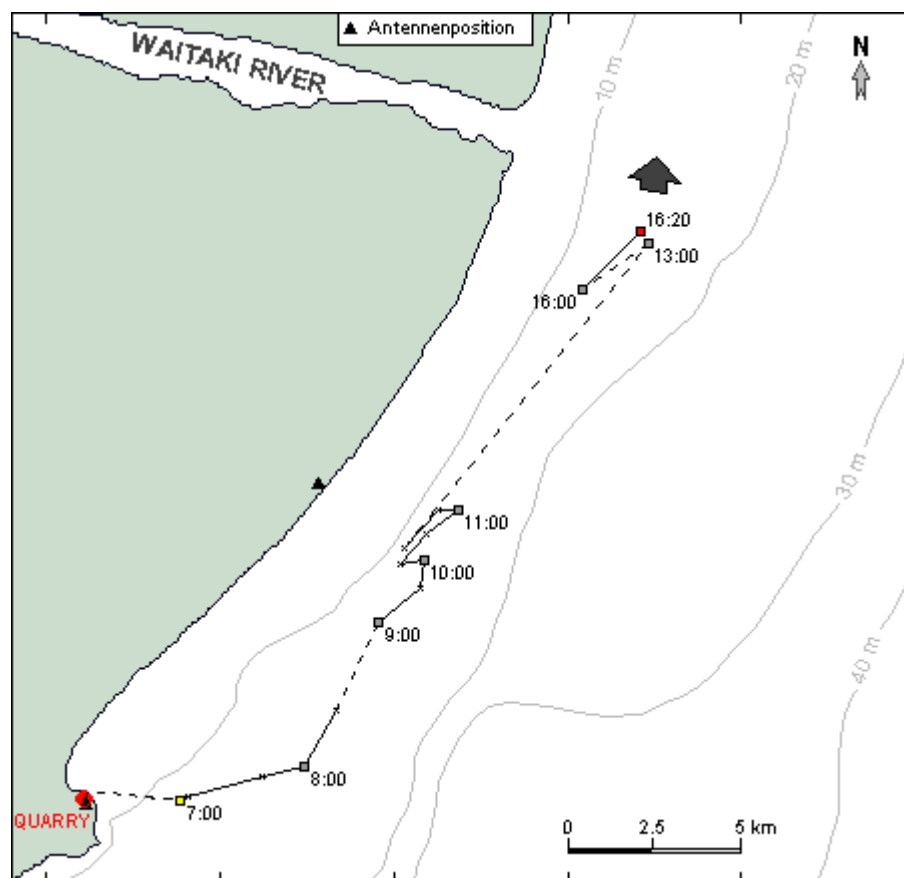


Abbildung 4.5 Langzeit-Trip des Pinguins 22873, (weiblich, 2 Eier) am 11.12.2000, Pfeil deutet weitere Bewegungsrichtung an

Motuara Island

Auf Motuara Island wurden insgesamt 14 Pinguine mit Sendern ausgerüstet. An insgesamt 60 Tagen der 81 Tage andauernden Feldarbeit waren einer bis mehrere Pinguine mit Sendern bestückt. Insgesamt wurden jedoch nur an 19 Tagen Peildaten aufgenommen, obwohl ausgerüstete Pinguine an mindestens 50 Tagen nachweislich auf See waren. Dies hatte verschiedene Gründe:

- *Pinguin nicht auf See*: in einem Fall (TG07-415) ging der Pinguin über einen Zeitraum von 12 Tagen nicht auf See (Inkubationsphase); der Sender wurde entfernt, ohne das der Vogel auf See war
- *Außerhalb der Sendereichweite*: speziell während der Inkubationsphase schwammen ausgerüstete Pinguine in Bereiche außerhalb der Empfangsreichweite. Die Pinguine kehrten oftmals erst 6 oder 7 Tage später in den Empfangsbereich zurück, so daß in der Zwischenzeit, keine Peilarbeit möglich war.
- *Technische Defekte*: einige Sender wurden durch Wassereinbruch kurz geschlossen und funktionierten nicht mehr, so daß die Pinguine nicht mehr eingepilt werden konnten.
- *Wetter*: besonders in den ersten 8 Wochen der Arbeit auf Motuara Island stellten Stürme ein großes Problem für die Arbeit an den Empfangsstationen dar.

845 einzelne Pinguinpositionen wurden nach Analyse und Filtern der Peildaten von Motuara Island verwendet, um Jagdrouten von insgesamt 10 ausgerüsteten Tieren zu rekonstruieren. Daraus ergaben sich 11 „Ein-Tages-Trips“. Ferner konnten 3 Pinguine auf Langzeit-Trips verfolgt werden bis sich die Vögel aus dem Empfangsbereich mindestens einer der beiden Stationen bewegten; das Signal eines dieser Pinguine wurde einige Tage später wieder erfaßt.

Ein-Tages-Trips

Die Ein-Tages-Trips der Pinguine von Motuara Island ließen sich bis auf eine Ausnahme als SR-Trips (short range – maximale Entfernung zur Kolonie <15 Km) klassifizieren. Die Pinguine entfernten sich selten so weit, daß sie den Queen Charlotte Sound verließen. 95% aller aufgenommenen Positionen von SR-Trips lagen im Westen, Norden oder Nordosten der Insel. Daraus läßt sich schließen, daß die Pinguine selten nach Süden – also weiter in den Queen Charlotte Sound hinein – schwimmen. Grundsätzlich lassen sich zwei Aufenthaltsgebiete bei SR-Trips unterscheiden: zum einen westlich der Insel und damit in sehr geringer Entfernung zu ihrer Kolonie (Abb. 4.6), zum anderen nördlich oder nordöstlich der Insel, also im Außenbereich des Queen Charlotte Sounds (Abb. 4.7). Ein Pinguin (HG02-484) hielt sich an zwei Tagen östlich der Insel auf (siehe Track 2 bzw. Track 3, Anhang 4).

Nur in einem Fall verließ ein Pinguin auf einem Ein-Tages-Trip den Queen Charlotte Sound und bewegte sich in aus dem Empfangsbereich östlich Arapawa Islands (siehe Track 17, Anhang 4). Dies war der einzige wahre LR-Trip (long range), der von einem Pinguin in den Marlborough Sounds teilweise aufgezeichnet werden konnte. Hier sei anzumerken, daß zwei Pinguine auf Langzeit-Trips gingen, aber dabei nicht den Empfangsbereich verließen. Vielmehr schienen die Pinguine westlich von Cape Jackson zu jagen, bevor sie nach vier bzw. 2 Tagen wieder zur Insel zurückkehrten (siehe Tracks 5-8 sowie Tracks 19-20, Anhang 4). Abgesehen von der Tatsache, daß die Vögel nicht nach einem Tag zur Insel zurückkehrten, zeigten diese beiden Trips Charakteristika von LR-Trips.

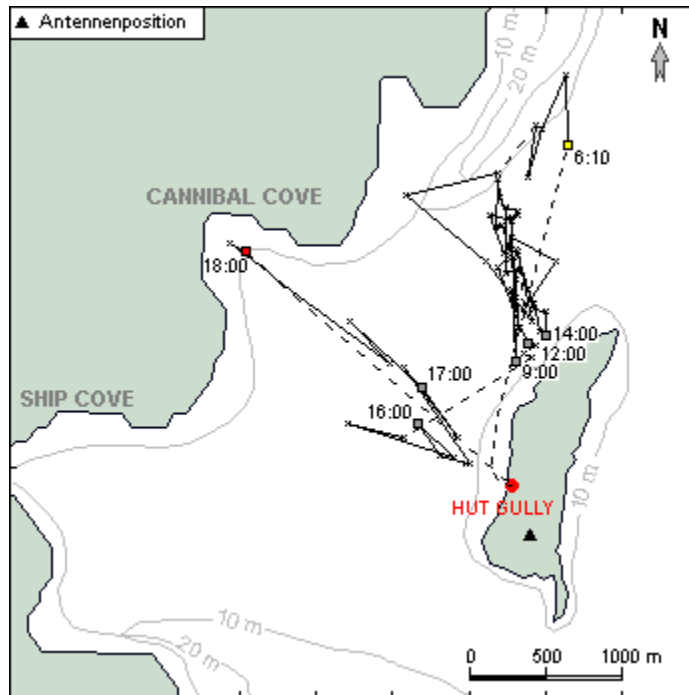


Abbildung 4.6 SR-Trip des Pinguins HG06-445 (männlich, 2 Küken) am 27.09.2000.
Wetter: ruhig, sonnig; Wind: mäßig bis frisch aus Südwesten.

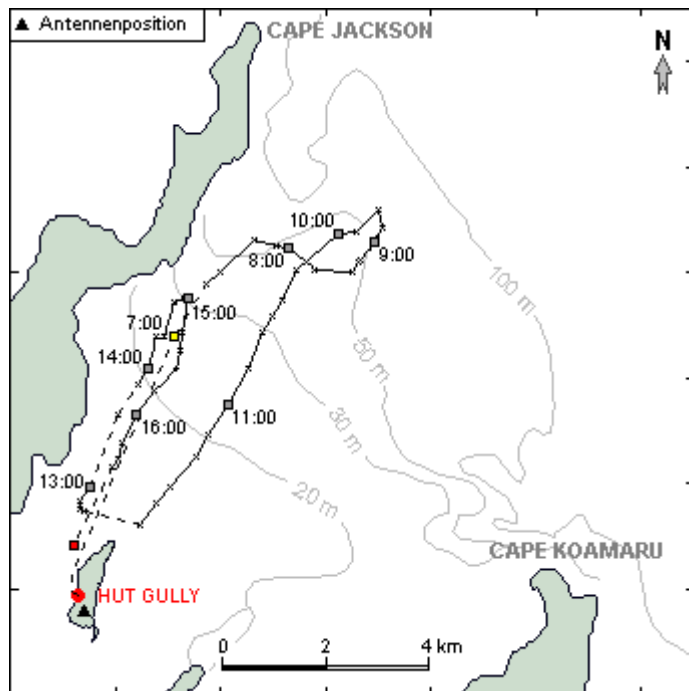


Abbildung 4.7 SR-Trip des Pinguins HG02-484 (männlich, 1 Ei) am 08.09.2000.
Wetter: regnerisch, Wind: Nordwest, zum Teil heftige Böen

Langzeit-Trips

3 Pinguine entfernten sich während der Inkubationsphase für mehrere Tage von der Insel und schwammen mit dem Wind in die Cook Strait hinaus. Abbildung 4.8 zeigt den ersten Tag (17.09.2000) eines Langzeit-Trips (6 Tage) eines Pinguins während der Inkubationsphase. Der von dem Vogel gewählte Kurs führte dem Südwind und der 100 m Tiefenlinie folgend nach Norden. Nach dem Positionsfix um 12:30 Uhr bewegte sich das Signal des Vogels aus dem Empfangsbereich der Station auf Motuara Island, so daß nur die Station auf Arapawa Island weiterhin auf den Vogel peilen konnte. Der grobe Kurs des Vogels wurde aus diesen Daten weiterhin als Nordnordwest ermittelt. Der Vogel war am nächsten Tag (18.09.) nicht mehr zu orten und kehrte erst am 23.09. zu seinem Nest zurück.

Zwei Pinguine (WG07-475 und HG09-484) unternahmen während der Kükenphase Langzeit-Trips. WG07-475 blieb dabei insgesamt 7 Tage von ihrem Nest mit einem Küken fern. Erstaunlicherweise schlug sich diese lange Abwesenheit nicht übermäßig in einer Gewichtsverringerung des Kükens nieder, so daß angenommen werden kann, daß der Nestpartner das Küken regelmäßig mit Nahrung versorgte. HG09-484 blieb für eine Nacht auf See; der Vogel hielt sich vornehmlich nördlich und nordwestlich von Cape Jackson auf See (Track 19 und Track 20, Anhang 4).

Zunächst wurde vermutet, daß das Jagdverhalten mit den im Queen Charlotte Sound vorherrschenden Windverhältnissen (vornehmlich Nordwest oder Südsüdwest – A.R. Tristram, pers. Komm.) insofern korreliert, daß die Pinguine bei Südwind in der Nähe der Insel bleiben, während sie bei Nordwestwinden vornehmlich die äußeren Bereiche des Queen Charlotte Sounds aufsuchen (Vergleiche dazu Abb. 4.6 und Abb. 4.7). Ebenfalls schien es zunächst, daß sich die Pinguine auf Langzeit-Trips hauptsächlich gegen den Wind zu orientierten. Bei späteren Vergleich der Peildaten mit der jeweiligen Windlage, stellte sich dies als falsch heraus: alle

Pinguine schwammen tatsächlich mit dem Wind (Abb. 4.8). Lediglich ein Vogel schien sich bei einer „ungewöhnlichen“ Wetterlage mit starken Südostwinden, zielgerichtet gegen den Wind zu orientieren (WG07-475, siehe Track 21, Anhang 4). Bei der Auswertung der Daten fiel jedoch auf, daß ein anderer Vogel eine ähnliche Route bei Nordwestwinden gewählt hatte.

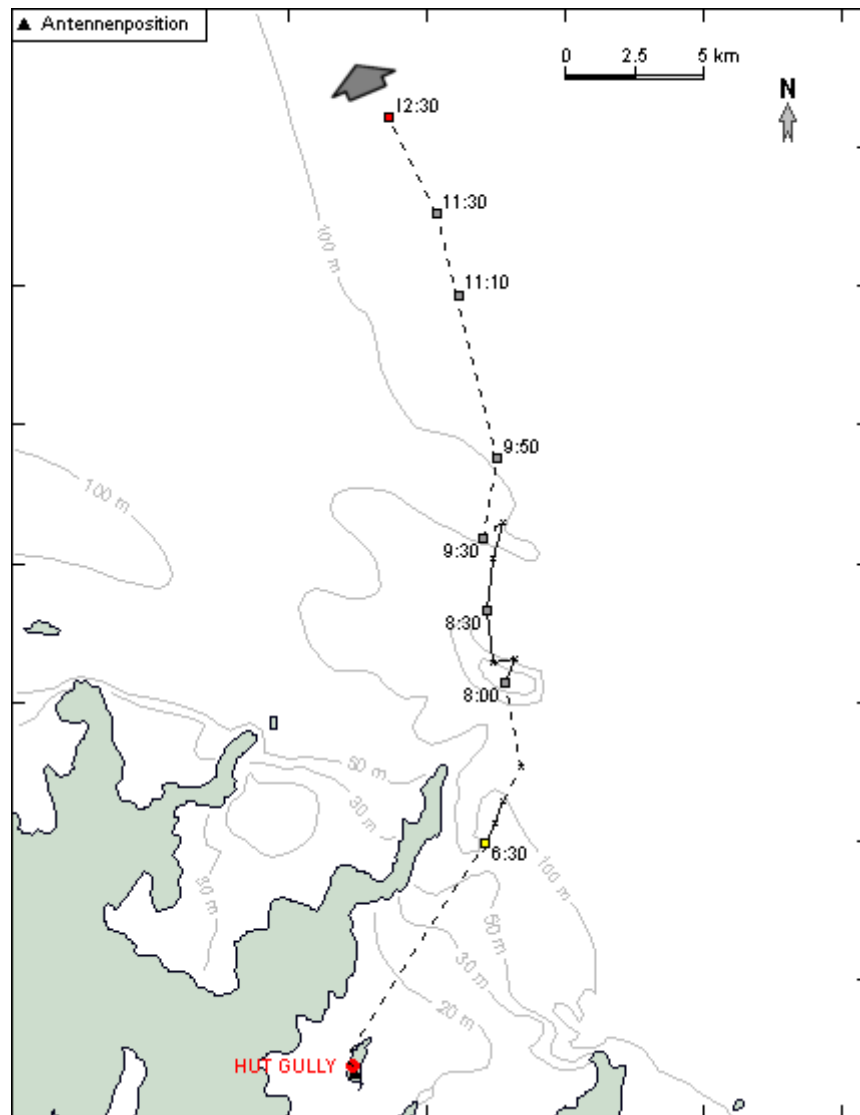


Abbildung 4.8 Erster Tag eines Langzeit-Trips (6 Tage) des Pinguins HG03-445 (weiblich, 2 Eier) am 17.09.2000. Ab 12:30 konnten die Signale des Pinguins nur noch auf Arapawa Island empfangen werden; der Pfeil deutet die weitere Bewegungsrichtung des Vogels an; Wetter: sonnig, Wind: Süd

4.1.3 Reichweiten und Reisedistanzen bei Ein-Tages-Trips

Oamaru

Die Reichweiten auf Ein-Tages-Trips der Pinguine in Oamaru unterscheiden sich entsprechend der Art des Trips: SR-Trips weisen dabei erheblich geringere Reichweiten auf, als LR-Trips. Mehr als 95% aller Pinguinpositionen, die während SR-Trips aufgenommen wurden, lagen innerhalb eines Radius‘ von 10 Km zur Kolonie; kein Pinguin entfernte sich weiter als 12,5 Km von seinem Nest (Abb. 4.9). Bei LR-Trips stellte sich die Situation anders dar: hier wurden Entfernungen eines Pinguin zu seiner Kolonie von bis zu 31 Km ermittelt. Trotz solcher Maximalewerte finden sich 80% der Pinguinpositionen auf LR-Trips nicht weiter als 20 Km von der Kolonie entfernt.

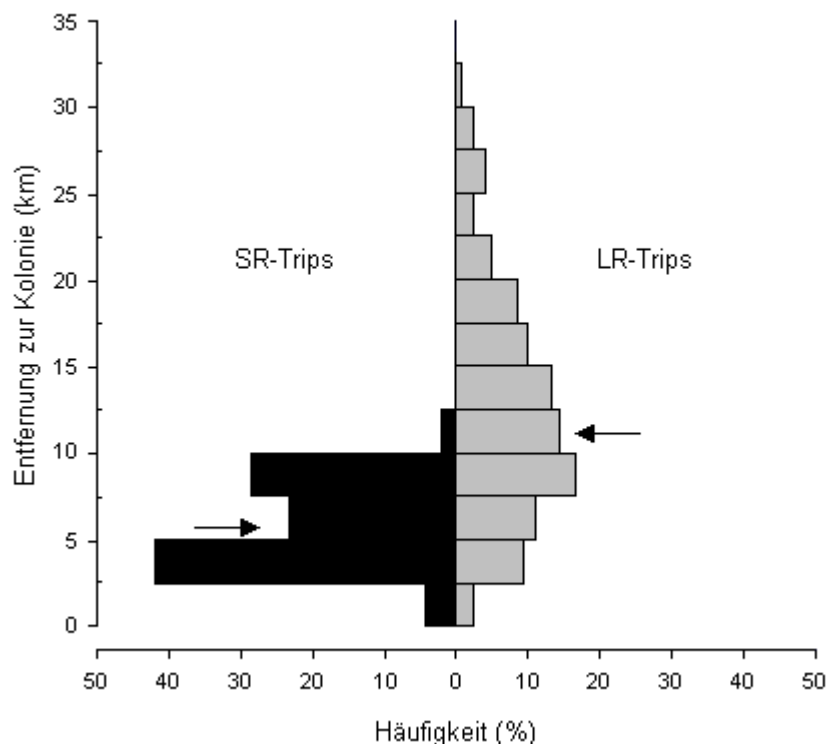


Abbildung 4.9 Häufigkeitsverteilung der Entfernungen von allen ermittelten Pinguinpositionen zur Kolonie: Vergleich zwischen SR-Trips (links – $n = 189$) und LR-Trips (rechts – $n = 287$); die Pfeile markieren den jeweiligen Medianwert (SR-Trips: 5212m, LR-Trips: 11625m)

Der Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Entfernungen von allen ermittelten Pinguinpositionen zur Kolonie zeigt dementsprechend die unterschiedlichen Reichweiten auf SR-Trips bzw. LR-Trips (Abb. 4.9). Aufgrund der bimodalen Verteilung wurde der Medianwert dem arithmetische Mittel als Maß für die „mittlere Reichweite“ vorgezogen.

Die Verteilung der Distanzen auf SR-Trips stellt sich mit einer geringeren Streuung (1,5 bis 12,2 Km; Median = 5212 m; $n = 187$) dar, als dies bei den weitgestreuten Werten für Distanzen auf LR-Trips der Fall ist (1,2 bis 30,9 Km; Median = 11625 m; $n = 287$). Im statistischen Vergleich drückt sich dieser Umstand durch eine hohe Signifikanz aus (Mann-Whitney-Test: $p < 0,001$; Mediandifferenz = 6143 m).

Die „Reisedistanzen“, also die an einem Tag zurückgelegten Wegstrecken, spiegeln diese Verhältnisse eindeutig wieder: auf SR-Trips legten die Pinguine durchschnittlich 38,2 Km zurück (S.F. = 3,3 Km; $n = 4$); auf LR-Trips betrug die durchschnittliche Reisedistanz 68,8 Km (S.F. = 3,6 Km; $n = 9$). Der statistische Vergleich ist ebenfalls durch hohe Signifikanz gekennzeichnet (Student'scher t-Test: $t = -5,77$; $P < 0,001$).

Motuara Island

Bei Betrachtung der Reichweiten von Zwergpinguinen auf Ein-Tages-Trips fällt auf, daß sämtliche dieser Trips auf einen engen Radius begrenzt sind. Betrachtet man die Distanzen zwischen Motuara Island und allen ermittelten Positionen von Zwergpinguinen auf SR-Trips, ist die linksschiefe Häufigkeitsverteilung auffällig (Abb. 4.10). Als Maß für den mittleren Radius der Pinguine auf Ein-Tages-Trips wird daher der Median dieser Verteilung dem arithmetischen Mittel vorgezogen. Der Median dieser Verteilung liegt bei lediglich 2680m ($n = 450$).

Die Pinguine von Motuara Island entfernen sich auf SR-Trips selten weiter als 6 Km (weniger als 20% aller Positionen) von der Insel, ein Großteil der aufgenommen Positionen ist nicht weiter als 3 Km (etwa 56% aller Positionen) von der Insel entfernt. Der Medianwert der liegt entsprechend bei 2546 m.

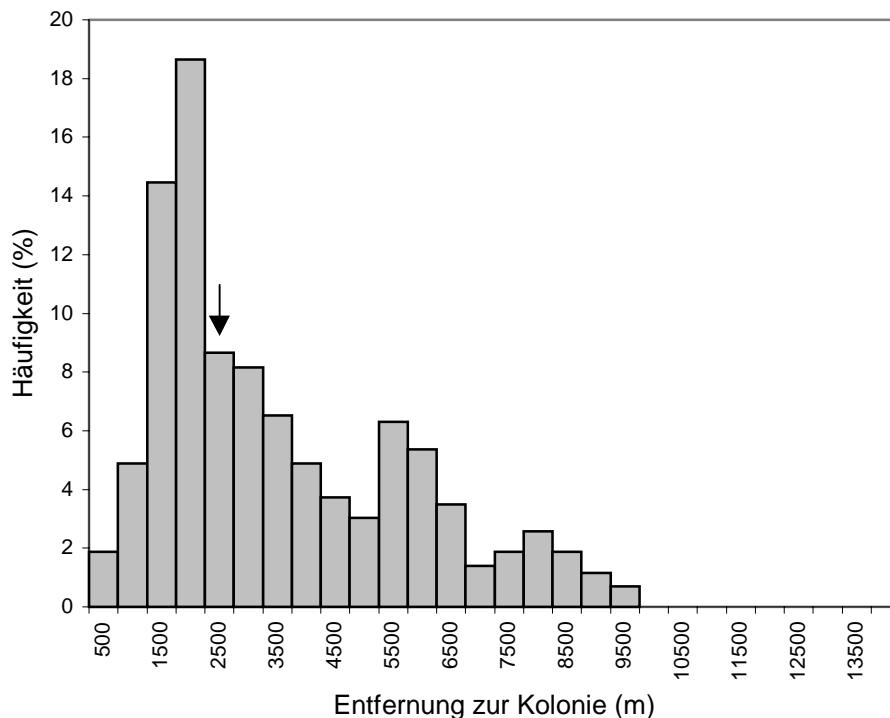


Abbildung 4.10 Häufigkeitsverteilung der Entfernungen von allen ermittelten Pinguinpositionen ($n = 429$) zur Kolonie bei 9 SR-Trips: der Pfeil markiert den Median (2546m) der Verteilung

Nur ein Pinguin (WG07-475), unternahm einen LR-Trip, auf dem der Vogel um Arapawa Island herum aus dem Queen Charlotte Sound in Richtung Südost hinaus schwamm. Die maximale ermittelte Distanz auf diesem Trip lag bei 13,1 Km. Da für eine Zeitspanne von 6 Stunden der Kontakt zu dem Vogels abriß, ist anzunehmen, daß er sich noch weiter von der Insel entfernte. Insgesamt scheinen LR-Trips bei Pinguinen von Motuara Island selten zu sein.

Der eingeschränkte Radius drückt sich auch in den „Reisedistanzen“, also der auf einem Ein-Tages-Trip zurückgelegten Wegstrecke aus. Das arithmetische Mittel der Reisedistanzen aus SR-Trips beläuft sich auf 24,8 Km (S.F. = 1,3 Km; $n = 7$; die Werte von 2 Trips wurden ver-

worfen, da die Pinguine nicht über den ganzen Tag verfolgt werden konnten). Die zurückgelegte Strecke des einzigen Pinguins auf einem LR-Trip belief sich auf mindestens 33,3 Km. Doch wie schon erwähnt konnten die Bewegungen des Pinguins nicht über den gesamten Tag hinweg verfolgt werden. Demnach ist auch hier anzunehmen, daß die tatsächliche Reisedistanz erheblich größer war.

Motuara Island vs. Oamaru

Der Vergleich von Reichweiten und Reisedistanzen der Pinguine von Motuara Island und Oamaru auf SR-Trips bringt erwartungsgemäß Unterschiede hervor (Abb. 4.11).

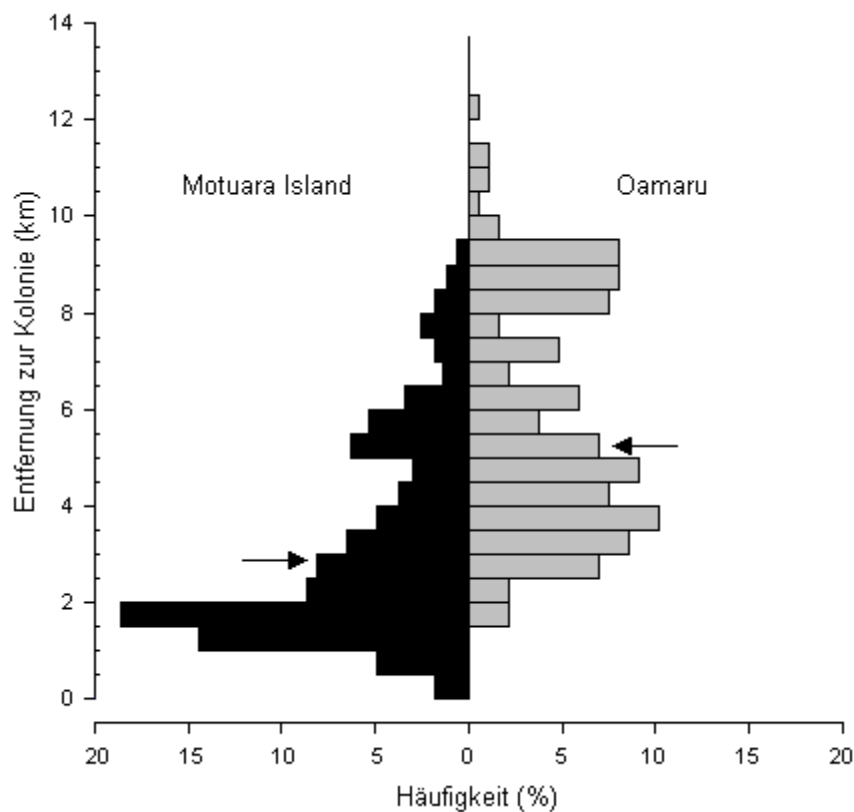


Abbildung 4.11 Häufigkeitsverteilung der Entfernung von allen ermittelten Pinguinpositionen zur Kolonie: Vergleich zwischen SR-Trips von Zwergpinguinen von Motuara Island (links – $n = 429$) und Oamaru (rechts – $n = 198$); die Pfeile markieren die jeweiligen Medianwerte (Motuara Island: 2546m, Oamaru: 5212m)

Die Zwergpinguine von Motuara Island blieben auf SR-Trips in der näheren Umgebung ihrer Kolonie (Median: 2546 m), während ihre Artgenossen in Oamaru auf SR-Trips größere Distanzen (Median: 5212 m) zwischen sich und ihre Kolonie brachten. Diese Differenzen sind statistisch signifikant (Mann-Whitney-Test: $p < 0,001$; Mediandifferenz = 2491 m).

Der Radius der Reichweite ist in Oamaru größer. Dies spiegelt sich auch im Vergleich der Reisedistanzen in beiden Studiengebieten wider: die Pinguine von Motuara Island legten auf SR-Trips im Schnitt 10 Km weniger zurück als die Vögel in Oamaru. Auch dieser Unterschied ist signifikant (Student'scher t-Test: $t = -4,74$; $P < 0,01$).

4.1.4 Reisegeschwindigkeiten

Aus der Pinguinposition und der Zeit ließen sich die durchschnittlichen „horizontalen Geschwindigkeiten“ zwischen zwei Positionsfixen berechnen. Die horizontale Geschwindigkeit sollte nicht mit der tatsächlichen Schwimmggeschwindigkeit des Pinguins verwechselt werden, da die vertikale Komponente der Pinguinbewegung (Tauchgänge) hierbei nicht berücksichtigt wird. Bei der Auswertung der Geschwindigkeitsdaten wurden Werte $<0,3 \text{ Km/h}$ ($0,1 \text{ ms}^{-1}$) vernachlässigt, da sie auf Verdriftung des Pinguins während einer Ruhephase an der Oberfläche schließen lassen und daher keine Pinguinaktivität reflektieren (Culik *et al.* 1998).

Oamaru

In Oamaru war die mittlere horizontale Geschwindigkeit der Zwergpinguine auf SR-Trips mit $2,31 \text{ Km/h}$ (S.F. = 0,12; $n = 177$) in etwa vergleichbar mit dem Wert der Pinguine von Motuara Island. Für LR-Trips ergab sich ein arithmetisches Mittel von $4,13 \text{ Km/h}$ (S.F. = 0,16; $n = 238$). Die mittlere Geschwindigkeit der Pinguine in Oamaru auf Langzeit-Trips lag bei $4,06 \text{ Km/h}$ (S.F. = 0,39, $n = 21$).

Bei der Betrachtung der Häufigkeitsverteilungen der Geschwindigkeiten in Abbildung 4.12, erkennt man ähnliche Verteilungen, wie bei den Pinguinen Motuara Islands. Die „bevorzugte“ Geschwindigkeit von Pinguinen in Oamaru lag bei SR-Trips eindeutig bei 2 Km/h . Außerdem wurden bei SR-Trips vereinzelt auch Höchstgeschwindigkeiten $>10 \text{ Km/h}$ registriert, die meist in den frühen Morgenstunden, also kurz nachdem der Vogel auf See gegangen war, auftraten. Die Geschwindigkeiten der LR-Trips sind weit gefächert und liegen zwischen 1 und 8 Km/h verteilt mit einer Gewichtung auf den Geschwindigkeitsklassen von 3 bzw. 4 Km/h . Bei Langzeit-Trips war 4 Km/h die häufigste Geschwindigkeitsklasse, wobei eine höhere Gewichtung auf den größeren Geschwindigkeiten (5 Km/h bis 7 Km/h) liegt.

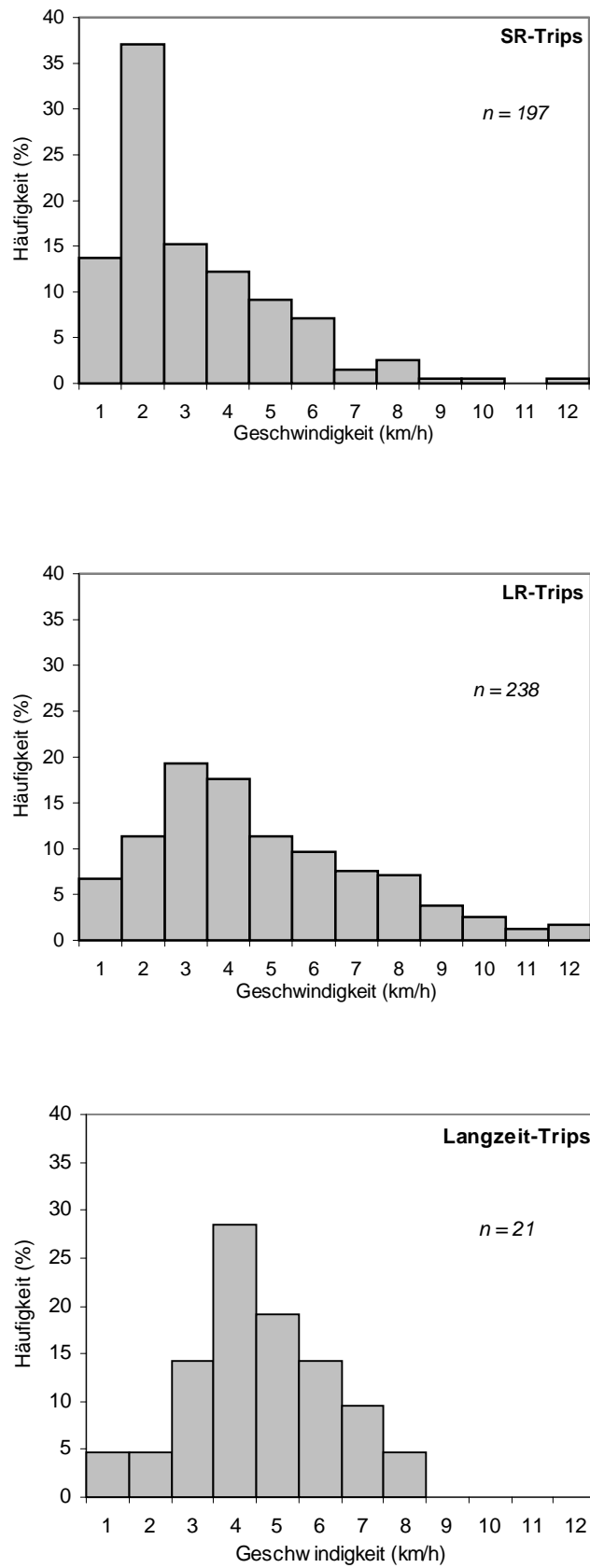


Abbildung 4.12 Häufigkeitsverteilung der horizontalen Geschwindigkeiten zwischen zwei Pinguinpositionen aufgenommen in Oamaru

Motuara Island

Zwergpinguine von Motuara Island zeigten auf SR-Trips eine mittlere horizontale Geschwindigkeit von 2,18 Km/h (S.F. = 0,08; $n = 312$). Es wurde nur ein LR-Trip registriert und die Daten hierfür sind unvollständig: die mittlere Geschwindigkeit des Pinguins betrug 4,79 Km/h (S.F. = 0,52; $n = 15$). Auf Langzeit-Trips liegt die Durchschnittsgeschwindigkeit erwartungsgemäß höher als auf SR-Trips: 4,18 Km/h (S.F. = 0,15; $n = 268$).

Abbildung 4.13 zeigt die Häufigkeitsverteilung der horizontalen Geschwindigkeiten zwischen aufeinanderfolgenden Positionsfixen. Auf SR-Trips bewegen sich die horizontalen Geschwindigkeiten vornehmlich zwischen 1 und 3 Km/h. Bei Langzeit-Trips ist der Bereich der bevorzugten Geschwindigkeit enger gesteckt und liegt bei 3 Km/h. Auffällig ist auch, daß bei Langzeit-Trips durchaus maximale Geschwindigkeiten von 10 Km/h und mehr erreicht werden. Bei Betrachtung der Daten für den einzigen aufgenommenen LR-Trip läßt sich erahnen, daß die Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen Geschwindigkeiten sich in etwa wie bei den Langzeit-Trips darstellt. Jedoch sind zu wenig Daten für LR-Trips vorhanden, als daß hier statistisch vertretbare Aussagen gemacht werden könnten.

Motuara Island vs. Oamaru

Vergleicht man die mittleren Geschwindigkeiten und Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Geschwindigkeitsklassen, fallen keine bemerkenswerten Unterschiede auf. Lediglich die „bevorzugte“ Geschwindigkeit der Pinguine in Oamaru von 2 Km/h sticht hervor. Zum Vergleich der mittleren Horizontalgeschwindigkeiten in beiden Studiengebieten, wurden die Verteilungen der Geschwindigkeiten jeder Tripart zunächst mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalität überprüft und dann mittels Student'schem t-Test auf Signifikanz getestet. Dieser statistische Vergleich fiel für alle Trip-Arten nicht signifikant aus (Tab. 4.1).

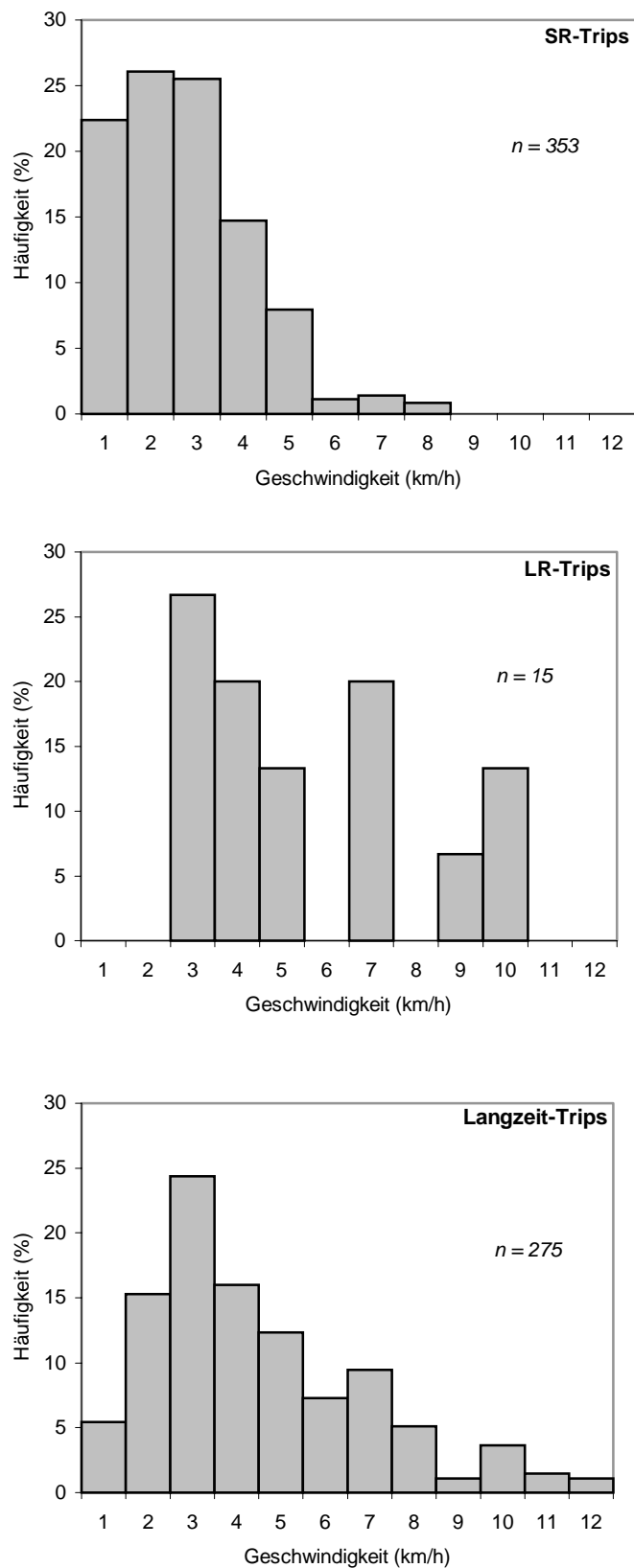


Abbildung 4.13 Häufigkeitsverteilung der horizontalen Geschwindigkeiten zwischen zwei Pinguinpositionen aufgenommen auf Motuara Island

Tabelle 4.1 Horizontalgeschwindigkeiten von Zwergpinguinen: Vergleich der 3 auftretenden Jagdtrip Arten (SR, LR, Langzeit) zwischen zwei Populationen auf Motuara Island/Marlborough Sounds und in Oamaru; zur statistischen Auswertung wurde der Student'sche t-Test angewendet, nachdem die Verteilungen über den Kolmogorov-Smirnoff-Test auf Normalität überprüft worden waren; MW: Mittelwert, SA: Standardabweichung.

	Motuara Island				Oamaru				t-Test		
	<i>n</i>	MW	SA	Bereich	<i>n</i>	MW	SA	Bereich	<i>d.f.</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
SR-Trip Geschwindigkeiten (km/h)	312	0,607	0,379	0,101–2,162	177	0,643	0,460	0,116–2,818	487	0,95	> 0,05
LR-Trip Geschwindigkeiten (km/h)	15	1,333	0,146	0,625–2,277	238	1,148	0,046	0,103–3,257	251	0,99	> 0,05
Langzeit-Trip Geschwindigkeiten (km/h)	268	1,162	0,041	0,239–3,201	21	1,128	0,108	0,218–2,057	287	0,23	> 0,05

4.2 DISKUSSION

Bislang wurden eintägige Jagdgänge während der Kükenphase von Zwergpinguinen pauschal als „Ein-Tages-Trips“ bezeichnet (Weavers et al. 1991, Weavers 1992). Diese undifferenzierte Einteilung erwies sich für diese Arbeit als unzureichend. Vielmehr konnten – besonders in Oamaru – zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten von Ein-Tages-Trips unterschieden werden.

- **SR-Trips:** Die Vögel bleiben meist in der Nähe der Küste. Diese Trips zeichneten sich durch geringe Nettogeschwindigkeiten (horizontale) der Pinguine aus; diese liegt in der Regel unterhalb von 2,9 Km/h ($0,8 \text{ ms}^{-1}$). Die Gesamtdistanz, die ein Pinguin auf einem solchen Trip zurücklegt, liegt in der Regel zwischen 15 und 35 Km.
- **LR-Trips:** Auf solchen Trips entfernen sich die Pinguine mehr als 15 Km von ihrer Kolonie. Dementsprechend zeigen die Pinguine hohe Nettogeschwindigkeiten ($>3,6 \text{ Km/h}$ bzw. $1,0 \text{ ms}^{-1}$) und legen große Distanzen im Laufe des Tages zurück (in der Regel zwischen 50 und 80 Km).

In beiden Studiengebieten wurden Langzeit-Trips registriert. Besonders im Verlauf der Inkubationsphase, tendierten die Pinguine dazu Jagdrouten zu wählen, bei denen sie sich für mehrere Tage von ihrer Kolonie entfernten. Auf Motuara Island wurden in Gegensatz zu Oamaru auch 2 Langzeit-Trips von Pinguinen aufgezeichnet, die bereits Küken zu versorgen hatten. Dabei ist auffällig, daß sich einer dieser Vögel nicht aus dem Empfangsbereich der Antennen bewegte.

Ein auffälliger Unterschied zwischen den Jagdstrategien bei Pinguinen von Motuara Island und ihren Artgenossen aus Oamaru ist die unterschiedliche Gewichtung der Häufigkeiten von Jagdtrips mit geringer Reichweite (SR-Trips) und von Jagdtrips mit großer Reichweite (LR-Trips). Während in den Marlborough Sounds von 11 Ein-Tages-Trips lediglich 1 Trip die Kriterien für einen LR-Trip erfüllten, stellte es sich in Oamaru so dar, daß von 13 aufgenommenen Ein-Tages-Trips 9 Jagdtrips mit großer Reichweite (LR-Trips) waren, und nur 4 als SR-Trips klassifiziert werden konnten. Prozentual ausgedrückt waren mehr als 90% der Ein-Tages-Trips der Pinguine von Motuara Island SR-Trips, in Oamaru hingegen entsprachen nur 30% aller aufgenommenen Ein-Tages-Trips den Kriterien eines SR-Trips.

LR-Trips waren bei Vögeln von Motuara Island selten zu beobachten. Die Ursache hierfür ist darin zu sehen, daß Pinguine, die den Queen Charlotte Sound verließen, in der Regel am Abend nicht zur Insel zurückkehrten und diese Trips somit als Langzeit-Trips eingestuft wurde. In Oamaru bringen Zwergpinguine hingegen im Laufe eines Tages oftmals große Distanzen hinter sich, kehren aber trotzdem am Abend in ihre Kolonie zurück.

Eine mögliche Erklärung für diese unterschiedlichen Jagdmuster ist wahrscheinlich in der unterschiedlichen Topographie und Bathymetrie der beiden Studiengebiete zu finden. Zwergpinguine jagen vornehmlich in flachen Küstengewässern, was mit der Verbreitung ihrer Hauptbeutearten zu tun hat; nur selten werden Vorstöße der Pinguine in Gewässer jenseits der Tiefenlinie von 200 m registriert (Gales & Stahel 1987, Weavers 1992). Korrelationen zwischen Gewässertiefe und Ausbreitung von Beutearten sind auch für afrikanische Brillenpinguine bekannt (Wilson 1985). Dementsprechend würde der Ausgang des Queen Charlotte Sound für die Pinguine von Motuara Island eine natürliche Barriere darstellen: die Randbereiche des Sounds zeichnen sich durch einen steilen Tiefegradienten aus. Innerhalb eines schmalen Bereiches fällt der Grund des Queen Charlotte Sounds von 20 m auf über 100 m ab

(siehe Abb. 4.3). Die größten Beutedichten finden sich vornehmlich in flachen Geässerbereichen (Wilson 1995). Demnach würde die Cook Strait, die jenseits der Verbindungslinie Cape Jackson – Cape Koamaru liegt, ein äußerst unattraktives Jagdgebiet für die Zwergpinguine darstellen. Weiterhin wird der Radius der Pinguine von Motuara Island auf Ein-Tages-Trips durch das Festland und Arapawa Island begrenzt. Dementsprechend bliebe den Pinguinen nur noch die Möglichkeit, weiter in den Queen Charlotte Sound hinein zu schwimmen. Dieses Verhalten wurde aber überhaupt nicht registriert. Statt dessen hielten sich die Vögel hauptsächlich in den flacheren Bereichen (< 50m) des äußeren Queen Charlotte Sounds auf und zeigten eine Präferenz für die Bereiche, mit weniger als 20m Wassertiefe (siehe auch Abb. 3.1 bzw. Abb. 3.2). Warum die Pinguine diese Möglichkeit nicht wahrnehmen, ist nicht leicht zu erklären. Vielleicht bieten die wiederum zunehmenden Tiefen südlich von Motuara Island nur mangelhafte Beutegründe. Es wäre aber auch möglich, daß inter- aber auch intraspezifische Konkurrenz dieses Gebiet für die Pinguine unattraktiv machen (Wilson 1995). Die Marlborough Sounds sind Lebensraum, für eine Vielzahl von Seevogelarten, wie Sturmtauchern, Tölpeln, Seeschwalben etc. die ebenso wie die Pinguine auf Schwarmfische jagen (Moon 1996). Ferner sind die inneren Bereiche des Queen Charlotte Sounds ebenfalls von Zwergpinguinen besiedelt. Angeblich sind Zwergpinguinkolonien auf Inseln, die weiter innerhalb des Sounds liegen, größer und erfolgreicher als dies auf Motuara Island der Fall ist (Z. Battersby, pers. Komm.).

In Oamaru stellt sich die Situation anders dar. Das Küstenschelf erstreckt sich bis zu 50 Km von der Küste in den Südpazifik, so daß hier keine drastischen Tiefenänderungen in den Küstengewässern zu finden sind. Die 50 m Tiefenlinie liegt bis zu 30 Km von der Küste entfernt. Ferner gibt es keine Landmassen, welche das Ausbreitungsgebiet der Pinguine begrenzen. Die Pinguine in Oamaru entfernen sich auf SR-Trips zunächst von ihrer Kolonie, bevor sie in ei-

nem Entfernungsradius von 4 bis 8 Km zu ihrer Kolonie nach Beute jagen. Dadurch gelangen die Vögel selten oder gar nicht in tieferes Gewässer jenseits der 20 m Tiefenlinie (siehe Abb. 3.6).

Obwohl zunächst vermutet wurde, daß das Jagdverhalten der Zwergpinguine von Motuara Island vom Wind abhängt, konnte dies nach der Datenauswertung nicht bestätigt werden. In Oamaru scheint der Wind hingegen keine Rolle für die Bewegungsrichtungen der Pinguine zu spielen. In diesem Zusammenhang sollte kurz die starke Südost-Strömung in der Cook-Strait erwähnt werden, die aus dem Einfluß von Wassermassen aus der Tasman See in den Pazifik resultiert (Bearman 1989). Die Strömung könnte die Beutesuche für Zwergpinguine im Bereich der Cook Strait energetisch ungünstig gestalten. Jedoch wurden Langzeit-Trips von Pinguinen registriert, auf denen die Vögel weit in die Cook Strait vordrangen (Abb. 4.8). Hier könnte der Südwind tatsächlich eine Rolle gespielt haben, in dem er den Pinguinen das Vorankommen gegen die Strömung erleichterte; speziell in der Oberflächenschicht der Wassermassen, hat Wind einen großen Einfluß auf die Strömungsgeschwindigkeiten (Bearman 1989). Nördlich des Queen Charlotte Sounds finden sich in der Cook Strait entlang der 100 m Tiefenlinie zahlreiche Untiefen, die vielleicht zu lokalem Auftrieb und daraus resultierend höherer Beutedichte führen. Möglicherweise stellen diese Untiefen attraktive Jagdgründe dar – wenn die Pinguine sie erreichen können. Ein anderer Faktor, der Jagdrouten von Zwergpinguinen beeinflusst ist die Rauheit der See (Reilly 1983, Weavers 1992), doch auch hier fanden sich in beiden Studiengebieten keine Anzeichen für eine auffällige Beeinflussung des Jagdverhaltens der Vögel.

Vorausgesetzt Pinguine jagen mit einer konstanten Schwimmgeschwindigkeit und Beuteorganismen sind im Jagdgebiet gleichmäßig verteilt, steigt die erbeutete Menge proportional zur zurückgelegten Reisedistanz (Wilson & Wilson 1990, Radl & Culik 1999). Unter diesem Ge-

sichtspunkt scheint es wahrscheinlicher, daß Zwergpinguine um Oamaru mehr erbeuten, als Pinguine von Motuara Island. Zum einen sind die zurückgelegten Strecken auf SR-Trips in Oamaru im Schnitt mehr als 10 Km größer, als dies bei Pinguinen von Motuara Island der Fall ist. Hinzu kommt auch noch, daß Ein-Tages-Trips in Oamaru vornehmlich aus LR-Trips bestehen, die durch große Reisedistanzen charakterisiert sind, was eine höhere Wahrscheinlichkeit, Beute zu finden, bedeutet (Wilson & Wilson 1990, Watanuki *et al.* 1993).

Nach welchem Muster Zwergpinguine auf SR-Trips oder LR-Trips gehen ist nur schwer zu bestimmen. Dies hängt womöglich direkt von dem Vermögen der Pinguine ab, Beute zu lokalisieren (Weavers 1992, Croxall & Davis 1998). Wie dies physiologisch vonstatten geht ist noch nicht verstanden. Pinguine gelten als primär visuelle Jäger (Wilson *et al.* 1993). Ergebnisse von Untersuchungen an Humboldt Pinguinen lassen jedoch die Vermutung zu, daß sich die Vögel olfaktorisch orientieren (Culik *et al.* 2000). Daß Pinguine in der Tat in der Lage sind Geruchsstoffe, wie zum Beispiel Dimethylsulfid (DMS), olfaktorisch wahrzunehmen, ist erwiesen (Hagemann 2000). Ob ein solcher Zusammenhang das Jagdverhalten der Pinguine von Motuara Island beeinflußt, kann nicht gesagt werden; in Oamaru scheint die Windrichtung keine Rolle für die Bewegungsrichtung der Pinguine zu spielen.

Die Jagdmuster der Pinguine in Oamaru sprechen eher für ein eher zufallsgetriebenes Jagdverhalten: die Vögel begannen in der Regel ihre Jagd-Trips in die gleiche Richtung. Auf den aufgezeichneten SR-Trips änderten die Pinguine zu einem Zeitpunkt am frühen Morgen oder Vormittag plötzlich die Richtung, um sich danach in einem eng gesteckten Gebiet auf „Zick-Zack-Bahnen“ fortzubewegen. Diese Gebiete werden durch die oben erwähnten „Punktakkumulationen“ gekennzeichnet (siehe Abb. 4.6). Die Zwergpinguine in Oamaru jagen hauptsächlich eine Sprottenart, die oft in dichten Schwärmen zu finden ist (Fraser 1999). Möglicherweise markieren eng beieinander liegende Positionen ein Gebiet, in dem der Pinguin auf

eine solche Schule („prey patch“) getroffen ist. Demgegenüber bewegen sich die Pinguine auf LR-Trips gradlinig von der Kolonie weg oder beschreiben einen großen Bogen (siehe Abb. 4.4 bzw. Abb. 4.5). Ähnliche Jagdmuster werden von Humboldtpinguinen berichtet, wobei gradlinige Jagdtrips durch eine geringere Jagderfolgswahrscheinlichkeit in der Nähe der Kolonie erklärt werden (Culik *et al.* 1998). Möglicherweise kommt es zu einem LR-Trip, wenn ein Pinguin wenige Stunden nach Verlassen der Kolonie nicht auf die oben erwähnten „prey patches“ stößt, was eine konzentrierte Jagd in einem bestimmten Gebiet rechtfertigen würde. Daher werden große Distanzen zurückgelegt und immer wieder kleinere Beutemengen aufgenommen (siehe auch Wilson & Wilson 1990).

Wilson (1995) charakterisiert typisches Jagdverhalten von Pinguinen anhand ihres Tauchschemas. Dabei markieren längere Tauchphasen Perioden intensiver Beutesuche bzw. Beuteaufnahme in größeren Tiefen. Dieses Tauchverhalten konnte anhand der Signalqualität für Pinguine auf SR-Trips bestätigt werden. LR-Trips schienen dagegen eher dem von Wilson beschriebenen „Reise“-Schema zu entsprechen. Dies könnte die oben genannte Hypothese unterstützen. Das die Entscheidung eines Pinguins einen SR-Trip oder eine LR-Trip zu unternehmen, vom Alter der Küken und damit vom gesteigerten Futterbedarf abhängt, wie es für antarktische Pinguine berichtet wird (Culik 1994), kann in diesem Fall wohl ausgeschlossen werden, da einzelne Individuen innerhalb weniger Tage beide Trip-Arten alternierend unternahmen.

Wohin die Zwergpinguine während der Langzeit-Trips schwimmen, konnte in beiden Studienangeboten oftmals nicht bestimmt werden. Weavers (1992) ermittelte bei einem Pinguin eine maximale Reichweite von mehr als 700 Km, jedoch außerhalb der Brutsaison. Die Reichweiten der Pinguine während der Brutsaison sollten erheblich geringer sein, da die Dauer des Trips aufgrund der Nestpflichten eingeschränkt ist.

Auf Motuara Island scheinen „kürzere“ Langzeit-Trips ein Ersatz für LR-Trips darzustellen. Von insgesamt 6 registrierten Langzeit-Trips wurden 2 von Vögeln mit Küken unternommen. Zwei Langzeit-Trips konnten mehr oder weniger vollständig verfolgt werden und zeigten, daß die Pinguine durchaus den Queen Charlotte Sound verlassen und in den Gewässern um Cape Jackson herum zu jagen. Die Pinguine kehrten aber trotz der Brutpflichten nie am selben Tag zur Insel zurück. Seevögel investieren angesichts Nahrungsknappheit primär in den Erhalt der eigenen Körpervfassung, was auf Kosten der Überlebenswahrscheinlichkeit und Wachstum des Nachwuchses geht (Barret & Rikardsen 1992, Tveraa *et al.* 1997). Möglicherweise treibt Beutemangel die Pinguine von Motuara Island zuweilen aus dem Queen Charlotte Sound heraus; diese Trips scheinen energetisch nur als Langzeit-Trips Sinn zu machen.

Die Pinguine in Oamaru zeigten auf Langzeit-Trips eine primär nordwärts gerichtete Orientierung. Möglicherweise spielen hier, wie vermutet, die großen Flußsysteme eine Rolle, die nördlich von Oamaru in den Pazifik münden (Waitaki River, Rangitata River, Ashburton River etc.). Über die Flußsysteme werden vermehrt Nährstoffe in den Ozean eingetragen, die erhöhte Primärproduktion bedingen können, die sich wiederum auf die Produktivität der Fischpopulationen auswirkt (Sommer 1998). Dies könnte letztlich den Zwergpinguinen zu Gute kommen. Abbildung 4.14 zeigt die durchschnittlichen Chlorophyll-A Konzentrationen um Neuseeland für August 2000, also dem Zeitraum, während dem die Langzeit-Trips in Oamaru aufgenommen wurden.

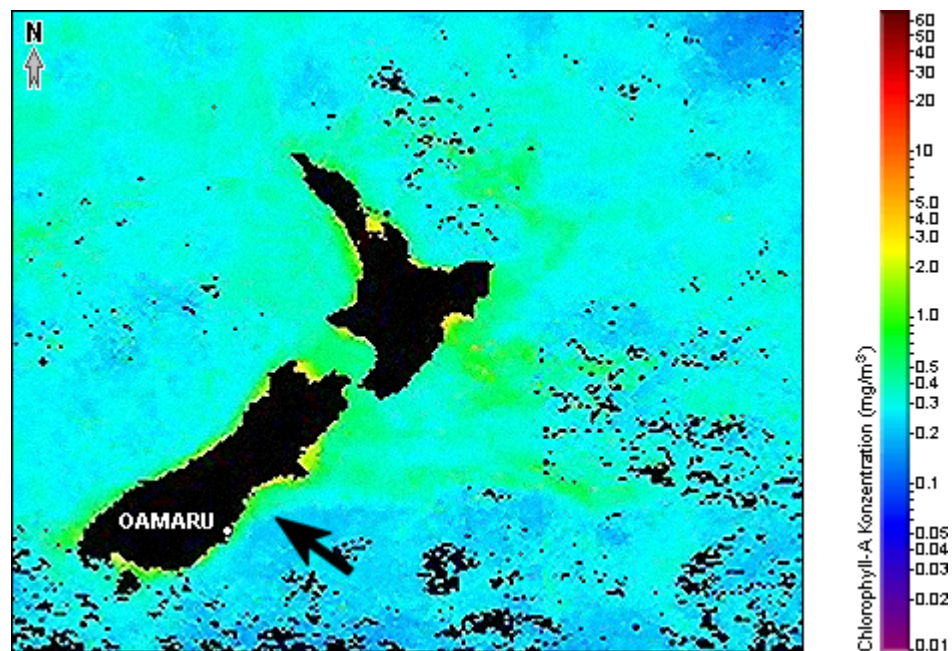


Abbildung 4.14 Chlorophyll-A Verteilung um Neuseeland: gemittelte Konzentrationen für August 2000, Pfeil markiert Chlorophyll-A Band vor der Küste von Nord-Otago und Canterbury (NASA 2001)

Im August 2000 bedingten heftige Regenfälle einen starken Sediment- und Nährstofftransport in die Küstengewässer der Regionen Nord-Otago und Canterbury. Dieser Eintrag machte sich durch eine erhöhte Primärproduktion bemerkbar, die sich als erhöhte Chlorophyll-A Konzentration niederschlug. Die nordwärtige Strömung entlang der Westküste der Südinsel Neuseelands bedingte dabei ein Band hoher Chlorophyll-A Konzentrationen in den Küstengewässern, was auf eine hohe Primärproduktion schließen läßt. Diese Band wird erst auf Höhe der Banks Peninsula im Bereich der subtropischen Konvergenz in den Pazifik abgelenkt. Südlich von Oamaru sind die Chlorophyll-A Konzentrationen dagegen gering.

Die mittleren Reisegeschwindigkeiten stellen sich in beiden Studiengebieten ähnlich dar. Die ermittelten horizontalen Reisegeschwindigkeiten sind dabei vergleichbar mit den von Weavers (1992) aufgenommenen Geschwindigkeiten. Im Vergleich der Häufigkeitsverteilungen zeigt sich jedoch, daß die Pinguine von Motuara Island und Oamaru auf SR-Trips eher im Bereich von 2 Km/h eine bevorzugte horizontale Reisegeschwindigkeit aufweisen. Auf SR-

Trips liegt diese Geschwindigkeit bei 3 bis 4 Km/h (Abb. 4.11 bzw. Abb. 4.13). Bethge *et al.* (1998) ermittelten in Schwimmkanalversuchen für australische Zwergpinguine eine energetisch günstige und dementsprechend bevorzugte Schwimgeschwindigkeit von 6,5 Km/h ($1,8 \text{ ms}^{-1}$). Dabei wurden Fahrtenschreiber eingesetzt, die ebenfalls die vertikale Komponente, also die Tauchbewegungen der Pinguine, berücksichtigten. Nimmt man an, daß Zwergpinguine ungeachtet der Tripart diese „optimale Geschwindigkeit“ einzuhalten versuchen, deuten geringere Geschwindigkeiten auf einen größeren Anteil, der durch die Radiotelemetrie nicht erfaßbaren, vertikalen Komponente hin. Je weiter sich aber die horizontale Geschwindigkeit der optimalen Schwimgeschwindigkeit nähert, desto geringer stellt sich der Anteil tieferer Tauchgänge dar. Demnach zeichnen sich besonders SR-Trips durch ausgiebige Tauchgänge aus, wohingegen sich LR-Trips und besonders Langzeit-Trips durch eine zunehmend horizontale Bewegung des Pinguins auszeichnen.

Kapitel 5

Zwergpinguine: *küstennahe oder küstenferne Jäger?*

Zahlreiche Arten von Seevögeln zeigen über die Jahre hinweg Variationen ihres Reproduktionsaufwandes, um ihr Reproduktionspotential auch in der Zukunft zu gewährleisten (Olson 1987, Costa, Croxall & Duck 1989, Tveraa *et al.* 1997). In Zeiten mit schlechter Nahrungssituation investieren die erwachsenen Vögel oftmals primär in den Erhalt des eigenen Körpergewichts, was sich dann negativ auf die Überlebenswahrscheinlichkeit oder das Wachstum des Nachwuchses auswirken kann (Barret & Rikardsen 1992, Tveraa *et al.* 1997). Alternativ können die Elterntiere aber auch versuchen, die Nahrungsknappheit durch größere Anstrengungen zu kompensieren (Renner 1998).

Vergleicht man unter diesem Gesichtspunkt die beiden Kolonien von Motuara Island und Oamaru, so scheinen die Vögel in den Marlborough Sounds einen großen Nachteil gegenüber ihren Artgenossen im Süden zu haben: ein eingegrenztes Jagdgebiet in unmittelbarer Nähe ihrer Nester. Die natürlichen Grenzen des Queen Charlotte Sounds lassen den Zwergpinguinen wenig Raum zur Jagd. Die einzige Möglichkeit auf eine schlechte Beutesituation zu reagieren, ist es, den Queen Charlotte Sound für mehrere Tage zu verlassen. Dies kann sich dann unter Umständen negativ auf die Brut auswirken. Die vorangegangenen Arbeiten mit den Pinguinen auf Motuara Island unterstützen diese Theorie: in drei Brutsaisons wurden zahlreiche Nestdesertionen registriert, die mit verlängerten Jagdtrips erklärt wurden (Renner 1998, Numata *et al.* 2000). Auch der Hungertod von Küken weist auf Beuteknappheit hin – ob die El-

ternvögel dabei ihre Nester aufgaben oder die Küken einfach nicht mit genügend Nahrung versorgen konnten, ist dabei allerdings offen.

Die Zwergpinguine in Oamaru hingegen haben die Möglichkeit, bei ungünstigen Beuteverhältnissen nahe ihrer Kolonie einen längeren eintägigen Jagdtrip zu unternehmen, der sie vielleicht nicht unbedingt in beutereiche Meeresgebiete bringt, aber doch die Wahrscheinlichkeit erhöht, daß Beuteorganismen gefunden werden. Die Möglichkeit alternativ auf Ein-Tages-Trips mit großer Reichweite zu gehen, scheint sich für die Pinguine in Oamaru auszuzahlen: verhungerte Küken sind selten (Numata 1999, Houston, unveröffentlichte Daten). Selbst Jahre mit klimatischen Variationen, wie El Niño oder La Niña Ereignissen, schlagen sich hauptsächlich in der Anzahl der gelegten Eier nieder; die Überlebensrate der Pinguinküken ist hingegen seit Jahren stabil (Fraser 1999, Numata 1999, D. Houston, unveröffentlichte Daten).

Kann man also die Zwergpinguine hinsichtlich des Jagdverhaltens zwischen *küstennahen* oder *küstenfernen* Jägern unterscheiden? Mit Sicherheit läßt sich die grobe Kategorisierung von Croxall & Davis (1998) nicht einhalten: keine der beiden untersuchten Populationen zeigte ein zielgerichtetes, küstenfernes Jagdverhalten, wie es bei beispielsweise bei Adélie Pinguinen zu beobachten ist (Davis 1988, Wilson 1995, Croxall & Davis 1998). Doch der grundlegende Gedanke (unterschiedliche Jagdreichweiten) kann durchaus auch auf die Zwergpinguine angewendet werden. Mit einer abgewandelten Terminologie könnte man zwischen *nestnahen* und *nestfernen* Jägern unterscheiden.

Dabei stellen die Pinguine in Oamaru eher die Gruppe der *nestnahen* Jäger, obwohl sie sich auf den Ein-Tages-Trips erheblich weiter von ihrer Kolonie entfernen als die Pinguine von Motuara Island. Doch während der Kükenaufzucht wurden ausschließlich Ein-Tages-Trips

registriert, so daß ihre maximale Reichweite durch die Tageslänge begrenzt wurde (Numata *et al.* 2000, eigene Beobachtung).

Die Vögel von Motuara Island scheinen in gewissen Situationen keine andere Wahl zu haben, als sich ebenfalls weiter von ihren Nestern zu entfernen, und zwar so weit, daß diese *nestfernen* Jagdtrips nicht innerhalb eines Tages durchgeführt werden können. Der Anteil dieser weitreichenden Trips ist jedoch gering, so daß angenommen werden kann, daß die Vögel in erster Linie versuchen, in der unmittelbaren Umgebung ausreichend Nahrung für sich und die Küken zu finden. Kommt es dennoch dazu, daß einer der Elternvögel auf einen Langzeit-Trip geht, muß dies nicht unbedingt negative Folgen für die Brut haben, da auch „alleinerziehende“ Pinguine erfolgreich Küken aufziehen können (Houston, pers. Komm., eigene Beobachtung). Jedoch scheint es, als könnten Fluktuationen nicht bekannter biotischer oder abiotischer Faktoren den Jagderfolg der Zwergpinguine kurzfristig beeinträchtigen, was den Bruterfolg drastisch reduzieren kann: die „Hungerphase“ (Abb. 4.3) die im Verlaufe der Datenaufnahme auf Motuara Island registriert wurde, ist ein Beispiel hierfür. Ob das Kükensterben dabei in vermehrten Langzeit-Trips der Elterntiere begründet liegt, kann mangels Daten nicht bestätigt werden. Das das Kükensterben durch eine veränderte Beutesituation (Menge oder Qualität) verursacht wurde, ist wohl anzunehmen, da alle Nestareale gleichermaßen betroffen waren. In einer solchen Situation ist es durchaus denkbar, daß den Zwergpinguinen keine andere Wahl bleibt, als auf längere, *nestferne* Trips zu gehen.

Eine wichtige Schlußfolgerung aus der vorliegenden Arbeit ist die Flexibilität der Verhaltensmuster, mit denen die Zwergpinguine auf ihren Lebensraum reagieren. Die natürlichen Begebenheiten der Lebensräume im Queen Charlotte Sound schließen ein Jagdverhalten, wie sie die Pinguine in Oamaru an den Tag legen, grundsätzlich aus. Dennoch haben sich Artgenossen diesen Lebensraum erschlossen, was nur durch eine entsprechende Anpassung des

Jagdverhaltens erreicht werden kann. Möglicherweise ist die Zusammensetzung sowie das Vorkommen von Beuteorganismen in beiden Studiengebieten ebenfalls variabel. So steht den Pinguinen in Oamaru besonders eine Fischart als Hauptbeute zur Verfügung; die Vögel von Motuara Island müssen hingegen allem Anschein nach mit einer schwankenden Nahrungssituation fertig werden.

Wenn man den Bruterfolg der Zwergpinguine auf Motuara Island über die letzten Jahre vergleicht, so fällt auf, daß der Bruterfolg grundsätzlich niedrig ist. Damit werfen sich weitere Fragen auf:

Sind die schlechten Bruterfolge durch klimatische Variationen zu erklären die einen negativen Einfluß auf die Abundanz von Beuteorganismen hatten?

Wenn die Beutesituation um Motuara Island unbeeinflusst von solchen Schwankungen eingeschränkt ist, warum brüten die Pinguine überhaupt im äußeren Queen Charlotte Sound?

Aufgrund der morphologischen Differenzen zwischen den Pinguinen auf Motuara Island und den Vögeln in Oamaru kann man phylogenetische Einflüsse in den Verhaltensmustern nicht vollständig ausschließen. Daraus ergibt sich eine besonders interessante Frage:

Gibt es Differenzen im Verhalten und Bruterfolg bei Zwergpinguinen auf Motuara Island und Artgenossen, die weiter innerhalb des Queen Charlotte Sounds brüten?

Literaturverzeichnis

- Bannasch, R., Wilson, R. P. & Culik, B. M. (1994). *Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins*. Journal of Experimental Biology **194**: 83-96.
- Bannasch, R. (1995a). *Hydrodynamics of penguins - an experimental approach*. "The penguins: ecology and management". P. Dann, Norman, I. & Reilly, P. Chipping Norton, Surrey Beatty & Sons: 141-176.
- Bannasch, R. (1995b). *Erfolgsgeheimnisse der Unterwasserflieger*. "Biologie der Polarmeer". G. Hempel and I. Hempel. Jena, G. Fischer: 302-315.
- Barret, R. T. & Rikardsen, F. (1992). *Chick growth, fledging periods and adult mass loss of Atlantic puffins *Fratercula arctica* during years of prolonged food stress*. Colonial Waterbirds **25**: 24-32.
- Basher, R. E. (1998). *El Nino event: impacts, responses and outlook for New Zealand*, Ministry of Research, Science and Technology.
- Bearman, G. (1989). *Ocean Circulation*. Oxford, Pergamon Press.
- Bethge, P., Nicol, S., Culik, B. M. & Wilson, R. P. (1997). *Diving behaviour and energetics in breeding little penguins (*Eudyptula minor*)*. Journal of Zoology **242**: 483-502.
- Boersma, P. D. & Davis, L. S. (1997). *Feeding chases and food allocation in Adélie penguin, *Pygoscelis adeliae**. Animal Behaviour **54**: 1047-1052.
- Croxall, J. P. & Davis, L. S. (1998). *Penguins: Paradoxes and Patterns*. Marine Ornithology **26**.
- Culik, B. M., Wilson, R. P. & Bannasch, R. (1994). *Extrenal devices: how important is shape*. Marine Biology **118**: 353-357.
- Culik, B. M., Luna-Jorquera, G., Oyarza, H. & Correa, H. (1998). *Humboldt penguins monitored via VHF telemetry*. Marine Ecology Progress Series **162**: 279-286.
- Culik, B. M., Hennicke, J. & Martin, T. (2000). *Humboldt penguins outmanoeuvring El Niño*. Journal of Experimental Biology **203**: 2311-2322.
- Cullen, J. P., Monatgue, T. L. & Hull, C. (1992). *Food of Little Penguins *Eudyptula minor* in Victoria: Comparison of Three Localities between 1985 and 1988*. Emu **91**: 318-341.
- Dann, P. (1988). *An experimental manipulation of clutch size in the little penguin (*Eudyptula minor*)*. Emu **91**: 318-341.

- Dann, P. & Cullen, J. M. (1989). *The maximum swimming speed and theoretical foraging range of breeding little penguins Eudyptula minor at Phillip Island, Victoria*. *Corella* **13**(2): 34-37.
- Dann, P. (1992). *Distribution, population trends and factors influencing Penguins Eudyptula minor on Phillip Island*. *Emu* **91**: 263-272.
- Davis, L. S. (1984). *Timing of nest relief and its effect on breeding success in Adélie penguins (Pygoscelis adeliae)*. *Condor* **84**: 178-183.
- Davis, L. S., Ward, G. D. & Sadleir, R. M. F. S. (1988). *Foraging by Adélie penguins during the incubation period*. *Notornis* **35**: 15-23.
- Edge, K.-A., Jamieson, I. G. & Darby, J. T. (1999). *Parental investment and the management of an endangered penguin*. *Biological Conservation* **88**: 367-378.
- Fraser, M. M. (1999). *Seasonal Variation in the Diet of Blue Penguins (Eudyptula minor) at Oamaru*. Department of Marine Sciences. Dunedin, University of Otago.
- Gales, R. P. (1987). *Growth Strategies in Blue Penguins Eudyptula minor minor*. *Emu* **87**: 212-219.
- Gales, R. P. (1988). *Sexing adult Blue Penguins by external measurements*. *Notornis*(35): 71-75.
- Gales, R. P., Willimas, C. & Ritz, D. (1990). *Foraging behaviour of the little penguin, Eudyptula minor: initial results and assessment of instrument effect*. *Journal of Zoology London* **220**: 61-85.
- Gales, R. P. & David, P. (1990). *Seasonal and Local Variation in the Diet of the Little Penguin, Eudyptula minor, in Tasmania*. *Australian Wildlife Research* **17**: 231-259.
- Hagemann, S. (2000). *Nachweis olfaktorischer Sinnesleistung bei Humblodtpinguinen*. Diplomarbeit, Institut für Meereskunde. Kiel, Universität Kiel.
- Hobday, D. K. (1992). *Abundance and Distribution of Pilchard and Australian Anchovy as Prey Species for the Little Penguin Eudyptula minor at Philip Island, Victoria*. *Emu* **91**: 342-354.
- Hocken, A. G. (2000). *Cause of death in blue penguins (Eudyptula m. minor) in North Otago, New Zealand*. *New Zealand Journal of Zoology* **27**: 305-309.
- Kinsky, F. C. (1970). *Annotated checklist of the birds of New Zealand. Including the birds of the Ross Dependency. For the Ornithological Society of New Zealand, Inc*. Wellington, AH & AW Reed Ltd.
- Kinsky, F. C. & Falla, R. A. (1976). *A subspecific revision of the Austrasian Blue Penguin (Eudyptula minor)*. *National Museum of New Zealand Records* **1**: 105-126.

- Mickelson, M. J., Dann, P. & Cullen, J. M. (1992). *Sea Temperature in Bass Strait and Breeding Success of the Little Penguin Eudyptula minor at Philip Island, South-eastern Australia*. Emu **91**: 355--368.
- Moon, G. (1996). *The Reed Field Guide to New Zealand Birds*. Auckland, Reed.
- NASA (2001). *SeaWiFS Project*, Earth Science Enterprise. **2001**
URL: <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/SEAWIFS.html>
- Nautical Know How, I. (2000). *How to Calculate the Distance to the Horizon*, Nautical Know How, Inc. **2001**.
- Numata, M. (1999). *Nest attendance patterns of Little Penguins (Eudyptula minor): conflicts between breeding and foraging*. MSc thesis, Department of Zoology. Dunedin, University of Otago.
- Numata, M., Davis, L. S. & Renner, M. (2000). *Prolonged foraging trips and egg desertion in little penguins (Eudyptula minor)*. New Zealand Journal of Zoology **27**: 277-289.
- Olsson, O. (1997). *Clutch abandonment: a state-dependent decision in King Penguins*. Journal of Avian Biology **28**: 264-267.
- Perriman, L., Houston, D. M., Steen, H. & Johannesen, E. (2000). *Climate fluctuation effects on breeding blue penguins (Eudyptula minor)*. New Zealand Journal of Zoology **27**: 261-267.
- Perriman, L. & Steen, H. (2000). *Blue penguins (Eudyptula minor) nest distribution and breeding success on Otago Peninsula, 1992 to 1998*. New Zealand Journal of Zoology **27**(269-275).
- Radl, A. & Culik, B. M. (1999). *Foraging behaviour and reproductive success in Magellanic penguins (Spheniscus magellanicus): a comparative study of two colonies in southern Chile*. Marine Biology **133**: 381-393.
- Reilly, P. N. & Balmford, P. (1975). *A breeding study of the little penguin, Eudyptula minor, in Australia*. "The Biology of Penguins". B. Stonehouse. London, Macmillan: 161-187.
- Reilly, P. N. & Cullen, J. M. (1981). *The little penguin (Eudyptula minor) in Victoria, II: Breeding*. EMU **81**: 1-19.
- Reilly, P. N. (1983). *Fairy Penguins and earthy people*. Melbourne, Lothian.
- Reilly, P. N. (1994). *Penguins of the World*. Oxford, Oxford University Press.
- Renner, M. (1998). *Survival of Little Penguin chicks*. MSc thesis, Department of Zoology. Dunedin, University of Otago.
- Renner, M. & Davis, L. S. (im Druck). *Survival analysis of Little penguin (Eudyptula minor) chicks on Motuara Island, New Zealand*. Ibis.

- Rogers, T., Eldershaw, G. & Walraven, E. (1995). *Reproductive Success of Little Penguins, Eudyptula minor, on Lion Island, New South Wales*. Wildlife Research **22**: 709-715.
- Serventy, D. L., Serventy, V. & Warham, J. (1971). *The handbook of Australian Seabirds*, AH & AW Reed Ltd.
- Stahel, C. & Gales, R. P. (1987). *Little penguin: Fairy penguins in Australia*. Kensington, New South Wales University Press.
- Turbott, E. G. (1990). *Checklist of the birds of New Zealand and the Ross Dependency, Antarctica*. Auckland, Random Century.
- Tveraa, T., Lorentsen, S.-H. & Sæther, B.-E. (1997). *Regulation of foraging trips and costs of incubation shifts in the Antarctic petrel (Thalassoica antarctica)*. Behavioral Ecology **8**(5): 465-469.
- Ulrich, S. (1998). *Biologische Meereskunde*. Berlin, Springer Verlag.
- Weavers, B. W., Downling, B. & Smout, A. D. (1991). *Radio-tracking the Little Penguin (Eudyptula minor) off Phillip Island south-eastern Australia: techniques and field data*. Heidelberg, Victoria, Australia, Arthur Rylah Institute for Environmental Research.
- Weavers, B. W. (1992). *Seasonal Foraging Ranges and Travels at Sea of Little Penguins Eudyptula minor, Determined by Radiotracking*. EMU **92**: 302-317.
- Williams, T. D. (1995). *The Penguins*. Oxford, Oxford University Press.
- Wilson, R. P. (1985). *The Jackass Penguin (Spheniscus demersus) as a pelagic predator*. Marine Ecology Progress Series **25**: 219-227.
- Wilson, R. P. & Wilson, M.-P. (1988). *Dead reckoning: a new technique for determining penguin movements at sea*. Meeresforschung **32**: 155-158.
- Wilson, R. P. & Wilson, M.-P. (1988). *A Peck activity record for birds fitted with devices*. Journal of Field Ornithology **60**(1): 104-108.
- Wilson, R. P. & Wilson, M.-P. (1989). *Tape: a package-attachment technique for penguins*. Wildlife Society Bulletin **12**(1): 77-79.
- Wilson, R. P., Spairani, H. J., Coria, N. R., Culik, B. M. & Adelung, D. (1990). *Packages for attachment to seabirds: what color do Adélie penguins dislike least*. Journal of Wildlife Management **54**(3): 447-451.
- Wilson, R. P. & Wilson, M.-P. (1990). *The foraging ecology of breeding Spheniscus penguins*. "Penguin biology". L. S. Davis and J. T. Darby. San Diego, USA, Academic Press: 181-206.
- Wilson, R. P., Wilson, M.-P., Link, R., Mempel, H. & Adams, N. J. (1991). *Determination of movements of african penguins Spheniscus demersus using a compass system: dead reckoning may be an alternative to telemetry*. Journal of Experimental Biology **157**: 557-564.

- Wilson, R. P., Pütz, K., Bost, C. A., Culik, B. M., Bannasch, R. & Reins, T. (1993). *Diel dive depth in penguins in relation to diel vertical migration of prey: whose dinner by candle-light?* Marine Ecology Progress Series **94**: 101-104.
- Wilson, R. P., Culik, B. M., Bannasch, R. & Lage, J. (1994). *Monitoring Antarctic environmental variables using penguins*. Mar. Ecol. Prog. Ser. **106**: 199-202.
- Wilson, R. P. (1995). *Foraging ecology*. "The penguins". T. D. Williams. Oxford, Oxford University Press: 81- 106.
- Wilson, R. P., Pütz, K., Peters, G., Culik, B. M., Scolaro, J. A., Charrassin, J.-B. & Ropert-Coudert, Y. (1997). *Long-term attachment of transmitting and recording devices to penguins and other seabirds*. Wildlife Society Bulletin **25**(1): 101-106.
- Wilson, R. P. & Culik, B. M. (1998). *The over-winter movements of a chinstrap penguin (Pygoscelis antarctica)*. Polar Record **34**: 107-112.
- Yorio, P. & Boersma, P. D. (1994). *Causes of nest desertion during incubation in the Magellanic penguin (Spheniscus magellanicus)*. Condor **96**: 1076-1083.
- Zimmerman, J. W. & Powell, R. A. (1995). *Radiotelemetry error: location error method compared with error polygons and confidence ellipses*. Canadian Journal of Zoology **73**: 1123-1133.

Anhang 2

Matlab Listings

Sämtliche hier aufgeführten Listings sind für Positionsberechnungen von Pinguinen in den Marlborough Sounds geschrieben. Für die Berechnungen der Positionen in Oamaru waren nur geringe Änderungen (Küstenliniendaten, Koordinaten der Antennenpositionen, Kolonie etc.) notwendig.

1. motuara.m

```
% MOTUARA.M - Plottet den Verlauf der Küstenlinie von Motuara Island und
% Queen Charlotte Sound

% Laden der Küstenvektor Datei - ASCII
% (zu Beziehen beim „Coastline Extractor“)

clf

load marlborough.txt;
map=marlborough;

% Verbinden der Küstendaten (benötigt JOIN_CST aus der Toolbox MAPSTUFF)
new=join_cst(map,.1);

% Auffüllen des Küstenpolygons (benötigt FILLSEG aus der Toolbox MAPSTUFF)
fillseg(new,[.8046 .8672 .8046],[0 0 .1]);

% Achsenskalierung egalisieren
axis equal

zoom on
hold on
```


2. analyze.m

```
% ANALYZE.M - Analysieren der Peildaten

nullA = data(:,3);           % Nullweite - Station A
nullB = data(:,6);           % Nullweite - Station B
timeaccA = data(:,4);        % Zeitgenauigkeit - Station A
timeaccB = data(:,7);        % Zeitgenauigkeit - Station B
timeacc = -999;              % Dummy-Wert
counter = 1;

% Finde Zeilen mit nur einem Peilwinkel: nur eine der Empfangsstationen hat
% eine korrekte Peilung zur vereinbarten Zeit
nodataA = find(isnan(data(:,2))); % Finde Zeilen mit NaN-Werten (Stat A)
data(nodataA,:) = [];           % Lösche die gefundenen Zeilen

nodataB = find(isnan(data(:,5))); % Finde Zeilen mit NaN-Werten (Stat B)
data(nodataB,:) = [];           % Lösche die gefundenen Zeilen

% Finde und lösche Zeilen bei denen die Peilwinkel mehr als 10 Minuten
% auseinander aufgezeichnet wurden
while counter < (length(data))+1
    if timeaccA(counter) > timeaccB(counter)
        int = timeaccA(counter)-timeaccB(counter);
    else
        int = timeaccB(counter)-timeaccA(counter);
    end
    timeacc = [timeacc; int];
    counter = counter + 1;
end
timeacc(1,:) = [];             % Lösche Dummy-Wert
badtiming = find(timeacc > 10); % Finde Zeilen mit Zeitabständen >10 min
data(badtiming,:) = [];       % Lösche diese Zeilen

% Weise gültige Werte zur weiteren Prozessierung den Variablen zu
hrs = data(:,1);
alpha = data(:,5);
beta = data(:,2);
```

3. motpos.m

```
% Positionsberechnung des Signals - MOTUARA ISLAND
%
% Es sind bekannt die Position der beiden Antennen (A & B) welche mit der
% Position des Signals (C) ein Dreieck bilden. Ferner sind bekannt, die
% korrespondierenden Winkel an der Basislinie (AB). Die Position des Si-
% gnals kann nun über eine Folge von Geradengleichungen errechnet werden.
%

clear all

% Manuelle Definition des Trip-Typs:
% 1 = Ein-Tages-Trip,
% 2 = Erster Tag - Langzeit-Trip
% 3 = Zwischentage - Langzeit-Trips
% 4 = Letzter Tag - Langzeit-Trip
trip = 2;

% Eingabe der Grunddaten (XY-Koordinaten der Antennen, abgelesene Winkel)
% Alle Koordinaten als Länge bzw. Breite im NZGM (New Zealand Grid Map)
% Format.

% Koordinaten Antenne - Motuara Island
Ay = 6011553;          % Motuara Island (lat)
Ax = 2617394;          % Motuara Island (lon)

% Koordinaten Antenne - Arapawa Island
By = 6009562.095;     % Arapawa Island (lat)
Bx = 2625042.873;     % Arapawa Island (lon)

% Koordinaten Startpunkt HUT GULLY
hgy = 6011878.214;
hgx = 2617284.848;

% Koordinaten Startpunkt T-GULLY
tgy = 5564408.561;
tgx = 2351058.103;
% Welcher Startpunkt entspricht dem Pinguin
colony = [hgx hgy];
colonyx = hgx;
colonyy = hgy;

% Intervall der Peilungen (in Sekunden)
bearint = 600;

% Plotten der Küstenlinie - Aufruf des Skripts moruara.m
motuara

% Plotten der Antennenpositionen
plot(Ax,Ay, 'k^','markersize',5,...
      'markeredgecolor','k','markerfacecolor','k')
plot(Bx,By, 'k^','markersize',5,...
      'markeredgecolor','k','markerfacecolor','k')
```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% SCHRITT 1: Vorprozessieren der Peildaten %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Manuelle Eingabe des Winkels der Basislinie in Bezug zum wahren Norden
%(über GPS Empfänger oder Karte zu bestimmt)
baseangle=103;

% Einlesen der Peilwinkel-Dateien (ASCII)
load t0809_hg02.txt
data = t0809_hg02;

% Aufruf des Analyse Skriptes analyze.m
analyze

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% ZWISCHENSCHRITT: Berechnen der Peilwinkel relativ zur Basislinie %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

if baseangle > 180
    crwest = baseangle;
    creast = crwest-180;
    crnorth = baseangle-90;
elseif baseangle < 180
    creast = baseangle;
    crwest = creast+180;
    crnorth = baseangle+90;
else
end

disp('Basislinie schneidet Kompaßrose bei:')
disp([crwest creast])
disp('Der 90°-Winkel zur Basislinie liegt bei:')
disp([crnorth])

% Berechnung des Steigungswinkels „angAB“ der Basislinie (Verbindungsline
% zwischen den Punkten A und B = Antennenpositionen
if baseangle < 181
    angAB = 90-baseangle;
else
    angAB = 270-baseangle;
end

% Berechnung des Steigungswinkels „angAC“ (Winkel der Geraden zwischen
% Punkt A (Antenne A) und C (Signal)
if alpha < 181
    angAC = 90-alpha;
else
    angAC = 270-alpha;
end

% Berechnung des Steigungswinkels „angBC“ (Winkel der Geraden zwischen
% Punkt B (Antenne B) und C (Signal)
if beta < 181
    angBC = 90-beta;
else
    angBC = 270-beta;
end

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% SCHRITT 2: Geradengleichung für die Gerade AC
%
% Ansatz: Der Steigungswinkel angAC ergibt die Steigung mAC der Geraden
% AC: mAC=tan(angAC). Daraus läßt sich die Steigungsfunktion der Geraden
% errechnen: AC(x) = mAC*x+pAC. Diese Gerade geht durch den Punkt A dessen
% Koordinaten bekannt sind, so daß Einsetzten der Koordinaten von A in die
% Funktion zur Errechnung von pAC benutzt werden können: pAC=y-(x*mAC).
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

mAC = tandeg(angAC);          % Steigung der Geraden AC
pAC = Ay-(Ax*mAC);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% SCHRITT 3: Geradengleichung für die Gerade BC
%
% Ansatz: Der Steigungswinkel angBC der Geraden BC kann aus den bekannten
% Steigungswinkel der Geraden AB und dem bekannten Winkel BETA berechnet
% werden: angBC = 180°-(atan(m)+BETA). Der errechnete Steigungswinkel kann
% - wie in Schritt 2 - benutzt werden um die Funktion BC(x) zu errechnen:
% BC(x) = mBC*x+pBC
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

mBC = tandeg(angBC);          % Steigung der Geraden BC
pBC = By-(Bx*mBC);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% SCHRITT 4: Berechnung der Koordinaten des Punktes C
%
% Ansatz: Im Punkt C schneiden sich die Geraden AC und BC, d.h. in diesem
% Punkt haben die Funktionen AC(x) und BC(x) den gleichen Wert:
% AC(x) = BC(x). Das Gleichsetzen der Funktionen liefert die X-Koordinate
% von C: mBC*x+pBC = mAC*x+pAC. Die Y-Koordinate errechnet sich durch Ein-
% setzen der X-Koordinate in eine der beiden Funktionen.
%
% Anmerkung: Die beiden FOR-Schleifen sind notwendig um die Problematik
% gleicher Matrizengrößen zu umgehen
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

lg = length(mAC);
Cx = -999;          % Dummy-Wert
Cy = -999;
for i = 1:lg
    Cxi = (pAC(i,:)-pBC(i,:))/(mBC(i,:)-mAC(i,:)); % Berechnen der
    Cx = [Cx; Cxi]; % X-Koordinate von C
end

Cx(1,:) = [];      % Dummy-Wert löschen

for i = 1:lg
    Cyi = mAC(i,:)*Cx(i,:)+pAC(i,:); % Berechnen der Y-Koordinate
    Cy = [Cy; Cyi]; % von C durch Einsetzen von Cy
end % in AC(y)
Cy(1,:) = [];

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% SCHRITT 5: Plotten des Tracks
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
hold on

% Aufruf des Skripts splitpos.m zum Plotten der Jagdroute
splitpos

% Titel des Plots setzen
title('Penguin HG02-484, male, breeder (eggs), 08-Sep-2000');

% Axen-Skalierung manuell festlegen
axis([2616000 2629000 6010000 6024000])

% Aufruf des Skripts mothome.m zum plotten der Route von/zur Kolonie
mothome

% Aufruf des Skripts postxt.m zum Beschriften des Tracks
postxt

```

4. mothom.m

```

% MOTHOM.M - Plotten der direkten Schwimmroute von/zur Kolonie

% Koordinaten Umleitung (3 manuell gewählte Küstennahe Koordinaten, damit
% Plot bei einigen Datensätzen nicht über Land verläuft)
start = [2617200 6011900; 2617150 6012000; 2617175 6012300];
finish = [2617175 6012300; 2617150 6012000; 2617200 6011900];

firstx = Cx(1); % Feststellen der ersten Koordinate des Tracks
firsty = Cy(1);

lastx = Cx(length(Cx)); % Feststellen der letzten Koordinate des Tracks
lasty = Cy(length(Cy));

% Plotten der Heimkolonie
plot(colonyx,colonyy, 'ro','markersize',5,...
     'markeredgecolor','r','markerfacecolor','r')

% Aufruf der Unterskripts mot_sta.m, mot_fin.m bzw. mot_int.m in
% Abhängigkeit des Trip-Typs
if trip == 1
    mot_sta
    mot_fin
elseif trip == 2
    mot_sta
elseif trip == 3
    mot_int
else
    mot_fin
end

```

5a. mot_sta.m

```

% Plotten der Route von der Kolonie zur ERSTEN Position
if firsty > 6012278
    con_start = [colony; start; firstx firsty];
else
    con_start = [colony; firstx firsty];
end
con_startx = con_start(:,1);
con_starty = con_start(:,2);

plot(con_startx, con_starty,...
      'linestyle',':', 'color','k', 'linewidth',1)

% Errechnen der zurückgelegten Strecke auf dieser Route (Pythagoras)
startdist = 0;
for i = 1:(length(con_start)-1)
    intdista = sqrt((con_startx(i)-con_startx(i+1))^2 + (con_starty(i)-
con_starty(i+1))^2);
    startdist = startdist + intdista;
end

```

5b. mot_int.m

```

% Plotten der Route von der LETZTEN Position am Vortag zur ERSTEN Position
% dieses Tages
interdist = 0;
if lastCx == firstx
    disp('Keine Startkoodrinatete vom Vortag.')
else
    con_int = [lastCx lastCy; firstx firsty];
    con_intx = con_int(:,1);
    con_inty = con_int(:,2);

% Plotten des Startpunktes
plot(lastCx, lastCy, 'o', 'markersize',5,...
      'markeredgecolor','k', 'markerfacecolor','y')

plot(con_intx, con_inty,...
      'linestyle','-.', 'color','k', 'linewidth',1)

% Errechnen der zurückgelegten Strecke auf dieser Route (Pythagoras)
for i = 1:(length(con_int)-1)
    intdistc = sqrt((con_intx(i) - con_intx(i+1))^2 + (con_inty(i) -
con_inty(i+1))^2);
    interdist = interdist + intdistc;
end
end

```

5c. mot_fin.m

```

% Wenn Langzeit-Trip, dann Aufruf des Skripts mot_int.m
if trip > 3
    mot_int
end

% Plotten der Route von der LETZTEN Position zur Kolonie
if lasty > 6012278
    if lastx < 2616000
        con_end = [lastx lasty; colony];
    else
        con_end = [lastx lasty; finish; colony];
    end
else
    con_end = [lastx lasty; colony];
end
con_endx = con_end(:,1);
con_endy = con_end(:,2);
plot(con_endx, con_endy,...
      'linestyle',':', 'color','k', 'linewidth',1)

% Errechnen der zurückgelegten Strecke auf dieser Route (Pythagoras)
enddist = 0;
for i = 1:(length(con_end)-1)
    intdistb = sqrt((con_endx(i)-con_endx(i+1))^2 + (con_endy(i)-
con_endy(i+1))^2);
    enddist = enddist + intdistb;
end

```

6. postxt.m

```

% POSTXT.M - Beschriften der Positionspunkte mit den korrespondierenden Zeiten
%
% Dieses Skript plottet an die mit OAMPOS bzw. MOTPOS aus den Peilwinkeln
% berechneten Positionen die Uhrzeit der jeweiligen Peilung.

hrst = num2str(hrs); % Konvertieren der Zeitdaten in strings

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Konvertieren der 'militärischen Zeit' zu 'ziviler Zeit' %
% (z.B. '0900' wird zu '9:00') %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
timesize = size(hrst);
if timesize(2) == 3
    time = '9:99';
    for i = 1:length(hrst)
        milstr = [hrst(i,1), ':', hrst(i,2), hrst(i,3)];
        time = [time; milstr];
    end
else
    time = '99:99';
    for i = 1:length(hrst)
        milstr = [hrst(i,1), hrst(i,2), ':', hrst(i,3), hrst(i,4)];
        time = [time; milstr];
    end
end
end
time(1,:) = [];

```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Berechnen der Position für die Punktbeschriftung %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Clg = length(Cy);
cr = 2;

% Beschriftung des ersten Datenpunktes
if Cx(1) < Cx(2)
    Cxt = -1000;
else
    Cxt = 200;
end

if Cy(1) < Cy(2)
    Cyt = -200;
else
    Cyt = 200;
end

Txa = Cx(1)+Cxt;
Tya = Cy(1)+Cyt;
text(Txa,Tya, time(1,:), 'fontsize',7);

% Beschriftung der Datenpunkte an unterbrochenen
% Linien (SPLITPOS.M muß zuvor ausgeführt sein!)
textm = marker+1;
textmark = sort([marker; textm]);

Cxt = 200;
Cyt = 200;

Txa = Cx(textmark)+Cxt;
Tya = Cy(textmark)+Cyt;
text(Txa,Tya, time(textmark,:), 'fontsize',7);

% Beschriftung des letzten Datenpunktes
if Cx(Clg) > Cx(Clg-1)
    Cxt = 200;
else
    Cxt = -1800;
end

if Cy(Clg) < Cy(Clg-1)
    Cyt = -200;
else
    Cyt = 200;
end

Txc = Cx(Clg)+Cxt;
Tyc = Cy(Clg)+Cyt;
text(Txc,Tyc, time(Clg,:), 'fontsize',7);
```


7. calcdist.m

```

% CALCDIST.M - Berechnen der Distanzen zwischen aufeinanderfolgenden
% Positionen
distances = -999; % Dummy-Wert

for i = 1:(length(Cx)-1)
    singledistance = sqrt((Cx(i)-Cx(i+1))^2 + (Cy(i)-Cy(i+1))^2);
    distances = [distances; singledistance];
end

distances(1,:) = []; % Dummy Wert löschen
fixes = [Cx Cy secs]; % Kombiniere X- und Y Koordinaten mit der
disp(distances) % entsprechenden Seit

% Berechne horizontale Geschwindigkeit zwischen zwei Positionen
counter2 = length(fixes)-1;
maxspeed = 3.3; % Höchstgeschwindigkeit Pinguin (m/s)
speeds = -999;

for i = 1:counter2
    timediff = secs(i+1)-secs(i);
    speed = distances(i)/timediff;
    speeds = [speeds; speed];
    disp('time - speed')
    disp(time(i,:))
    disp(speed)
    if speed > maxspeed
        j = i+1;

    disp('Critical fixes:')
    disp([time(i,:), ' and ', time(j,:)])

    end
end
speeds(1,:) = [];

% Aufruf des Skripts mothome.m zum Plotten der Heimrouten und deren
% Wegstrecke
mothome

% Berechnungen der totalen Reisedistanz
if trip == 1
    totdist = startdist+sum(distances)+enddist;
elseif trip == 2
    totdist = startdist+sum(distances);
elseif trip == 3
    totdist = interdist+sum(distances);
else
    totdist = interdist+sum(distances)+enddist;
end

% Berechne die mittlere Schwimmggeschwindigkeit
avgspeed = sum(speeds)/length(speeds);
avgkmh = avgspeed*60*60;

```

```

% Berechne die Entfernung zur Kolonie von jeder Position
homedist = 0;
hdist = -999;
for i = 1:(length(Cx))
    intdist = sqrt((colony(1)-Cx(i))^2 + (colony(2)-Cy(i))^2);
    hdist = [hdist; intdist];
    if intdist > homedist
        homedist = intdist;
        fix = i;
    end
end
hdist(1)=[];

% Bildschirmausgabe der berechneten Werte
disp('total distance swum')
disp(totdist)

disp('average swimming speed')
disp(avgspeed)
disp(avgkmh)

disp('maximun distance from colony')
disp(homedist)
disp('at')
disp(time(fix,:))

```

8a. tandeg.m

```

function answer = tandeg(x)

% ATANDEG Tangens der Elemente von X. X in Gradzahlen.

if x == 0
    answer = 0;
elseif x == 360
    answer = 0;
else
    answer = tan(pi/180*x);
end

```

8b. tandeg.m

```

function answer = atandeg(x)

% ATANDEG Inverstangens der Elemente von X. X in Gradzahlen.

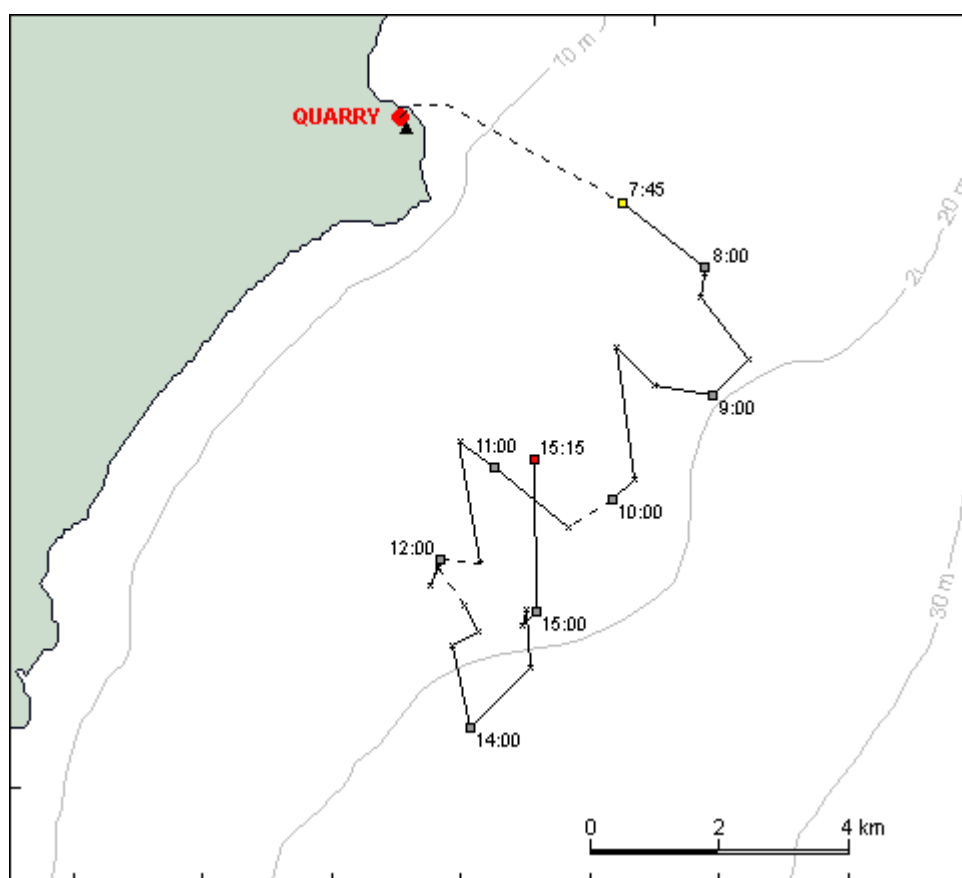
if x == 0
    x = 360;
end
answer = atan(x)*180/pi;
if answer < 0
    answer = -answer;
end

```

Anhang 3

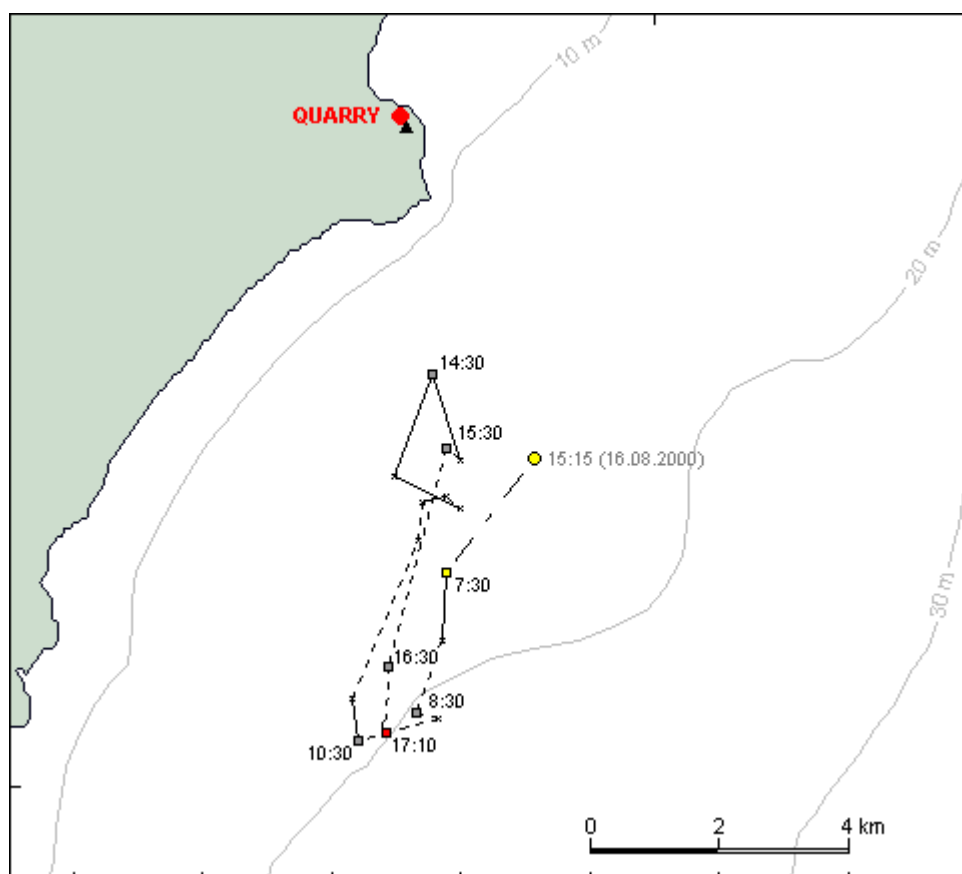
Pinguin Tracks - Oamaru

Track I-1



16. 08. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 24272,
männlich, Alter: 6.1+ Jahre, nicht brütend,
3 Tages-Trip: 1. Tag

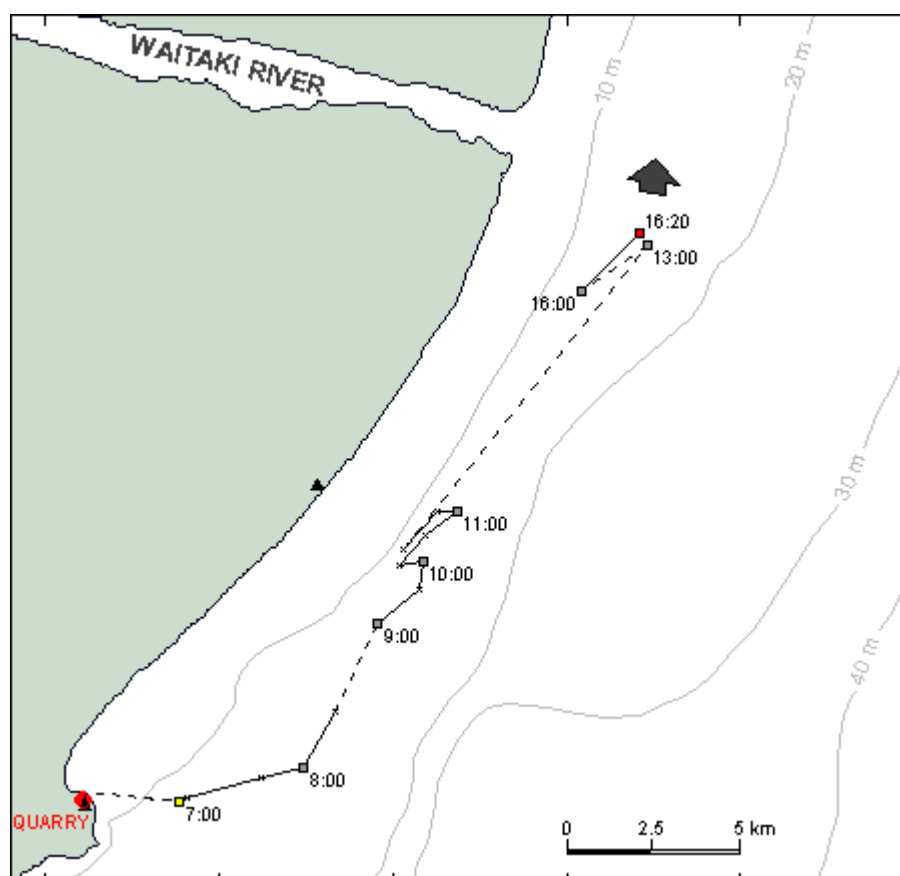
Track I-2



17. 08. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 24272,
männlich, Alter: 6.1+ Jahre, nicht brütend,
3 Tages-Trip: 2. Tag*

* Der 3. Tag dieses Trips konnte wegen Sturm nicht aufgenommen werden

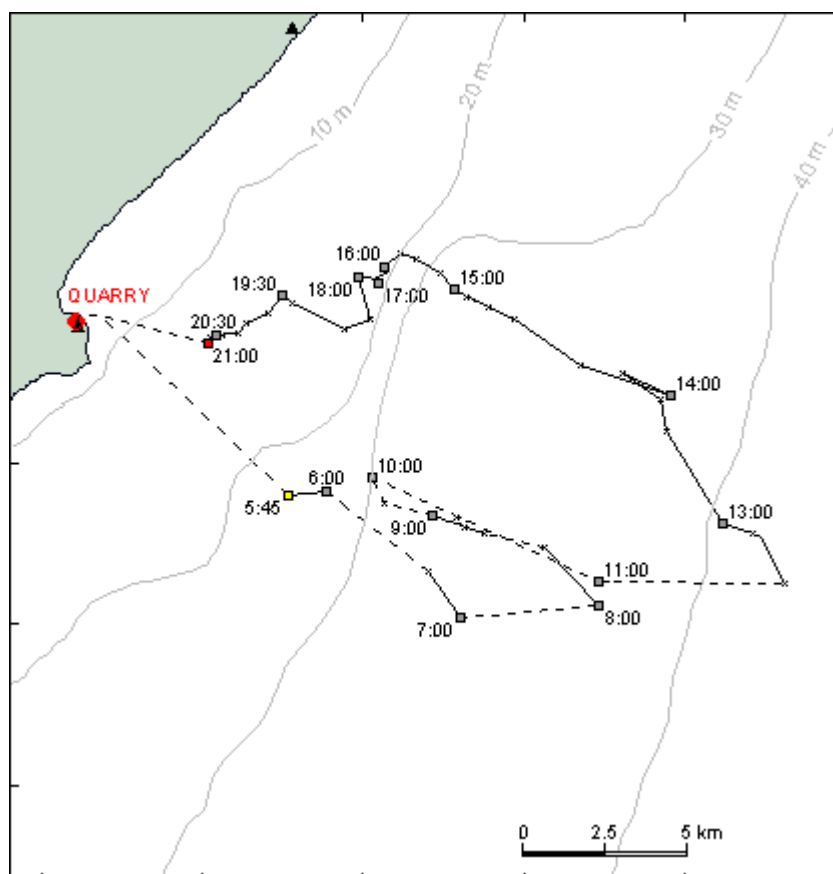
Track I-3



17. 08. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 22873,
weiblich, Alter: 8.3+ Jahre, brütend (2 Eier),
*Langzeit-Trip: 1. Tag**

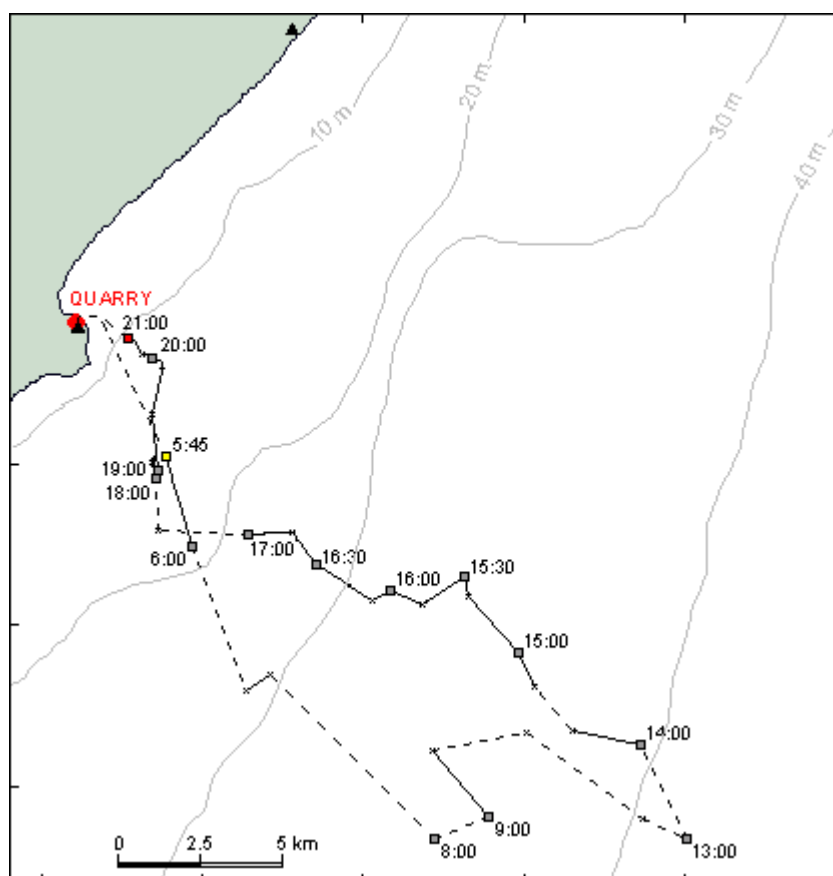
* Der Vogel ging auf einen 9 Tage andauernden Langzeit-Trip in Richtung Norden. Am 25. 10. 2000 konnte das Signal wieder aufgenommen werden: der Vogel kam aus Nördlicher Richtung und schwamm am Nachmittag an der Kolonie vorbei in Richtung Süden der Küste folgend. Der Vogel kehrte nicht zu seinem Nest zurück und das Gelege wurde aufgegeben.

Track II-1



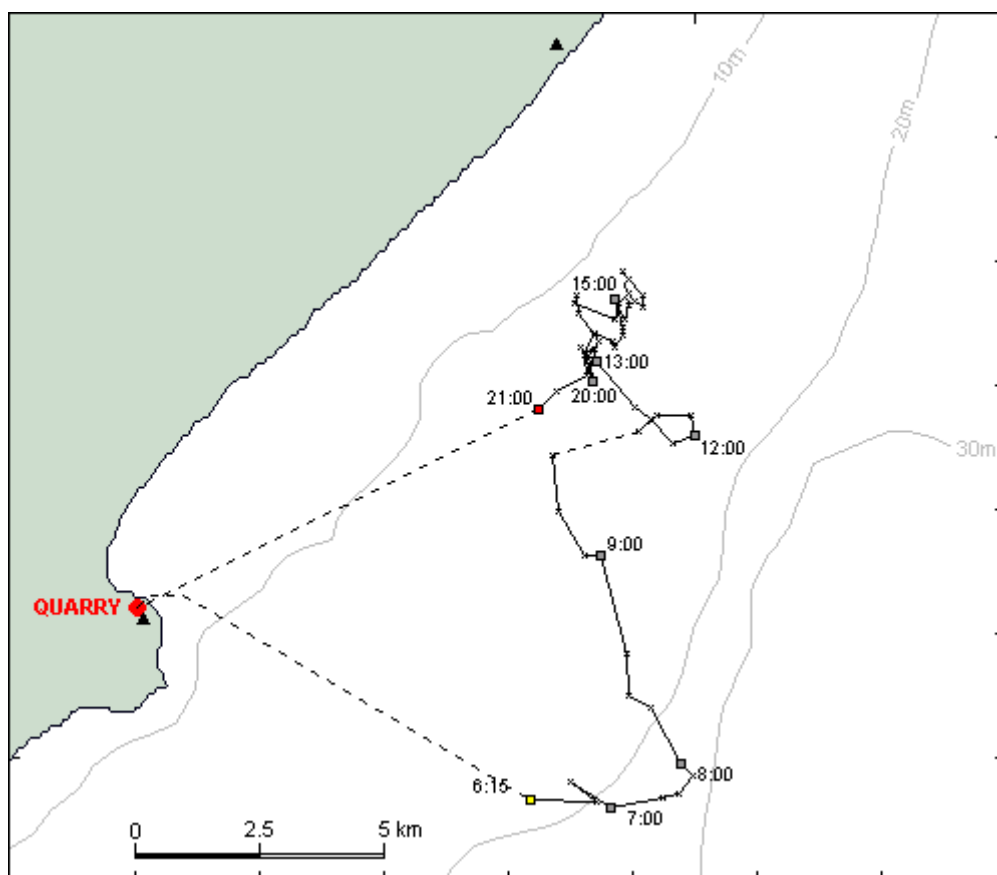
06. 12. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin Band 33250,
männlich, Alter: 1.8+ Jahre, brütend (2 Küken),
LR-Trip

Track II-2



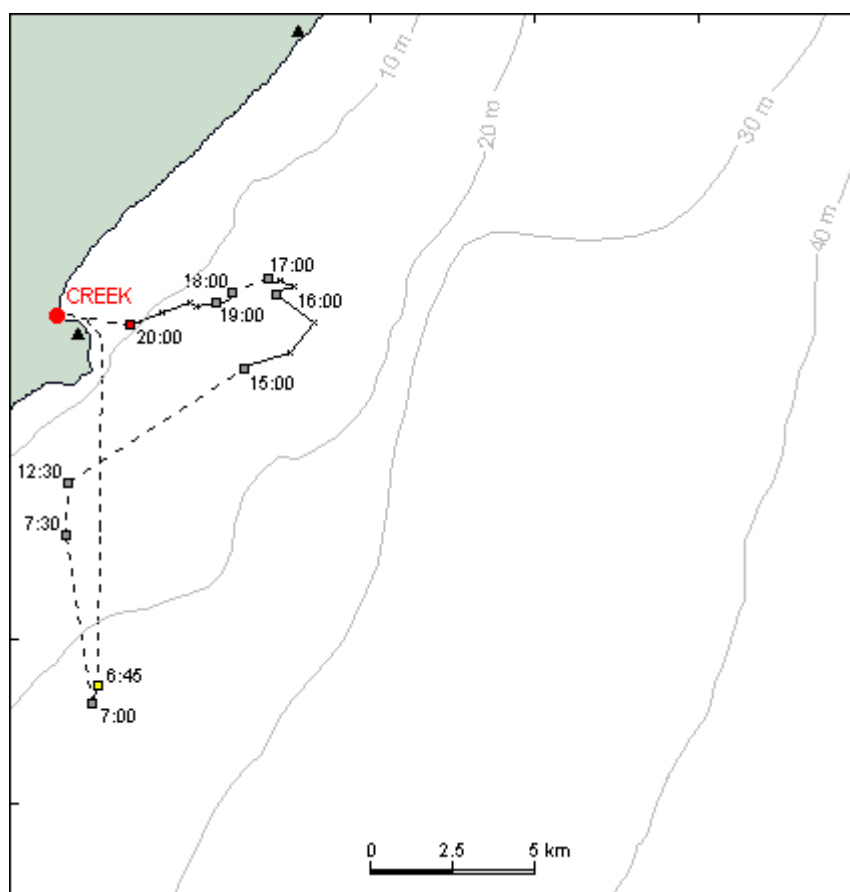
06. 12. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin Band 31767,
männlich, Alter: 2.8+ Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Track II-3



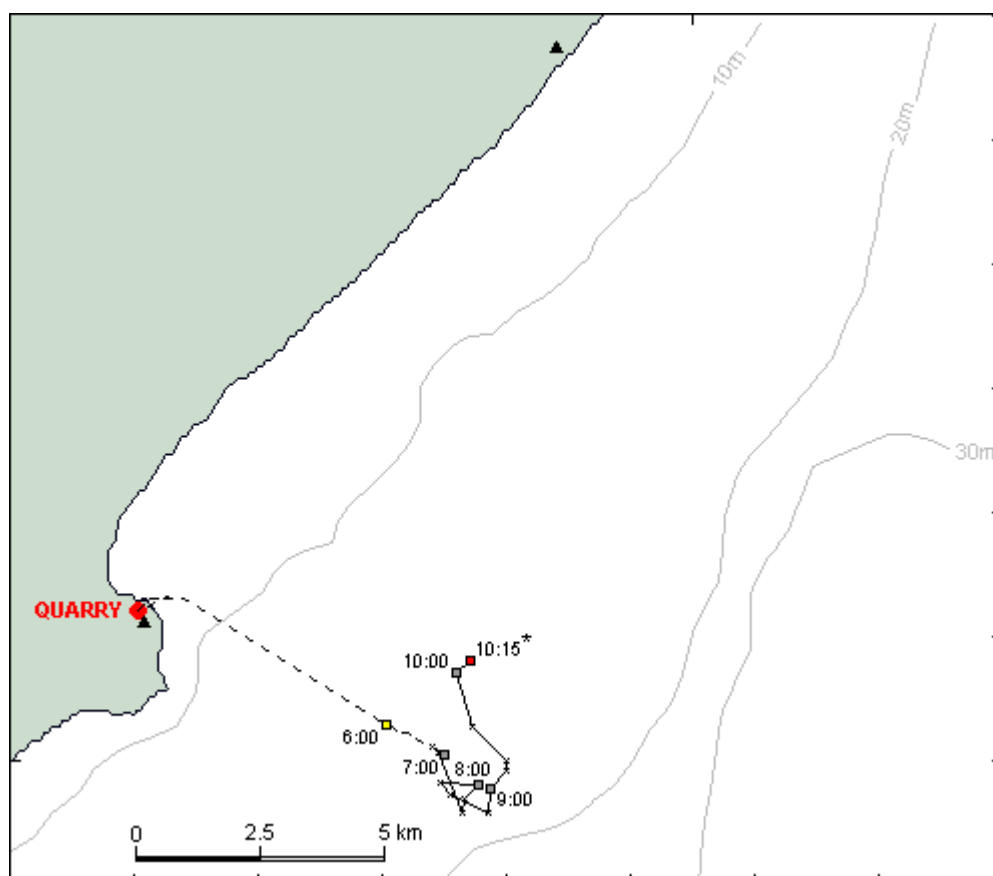
08. 12. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin Band 32250,
männlich, Alter: 1.8+ Jahre, brütend (2 Küken),
SR-Trip

Track II-4



08. 12. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin Band 25903,
weiblich, Alter: 4.8+ Jahre, brütend (1 Küken),
SR-Trip

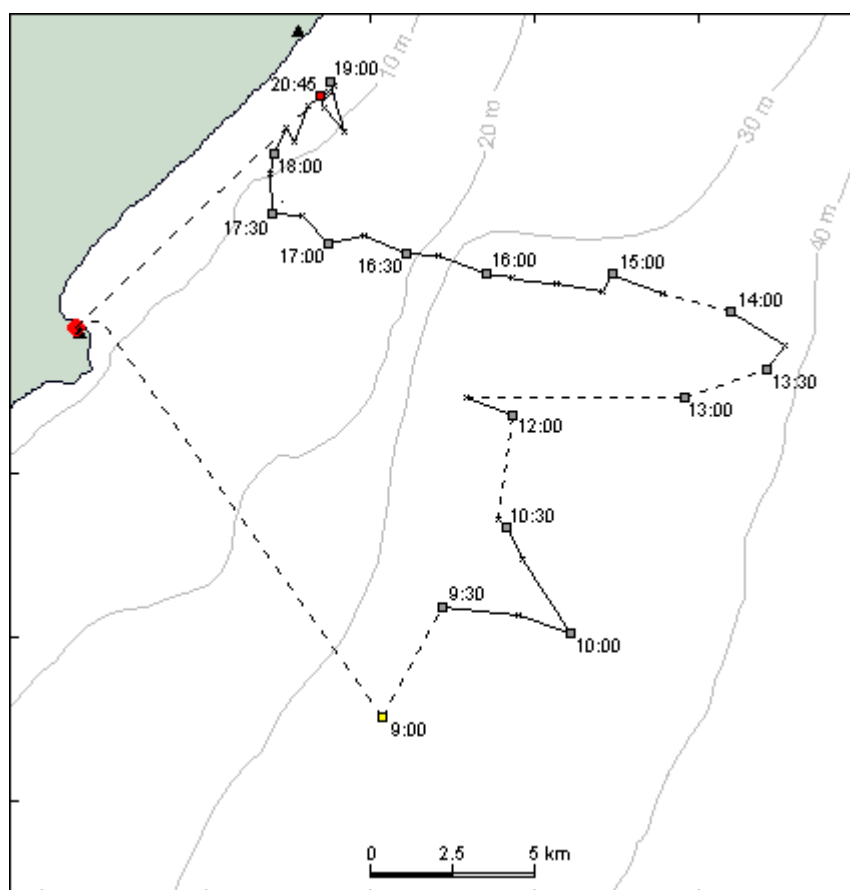
Track II-5



09. 12. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin Band 32250,
männlich, Alter: 1.8+ Jahre, brütend (2 Küken),
*1-Tages-Trip**

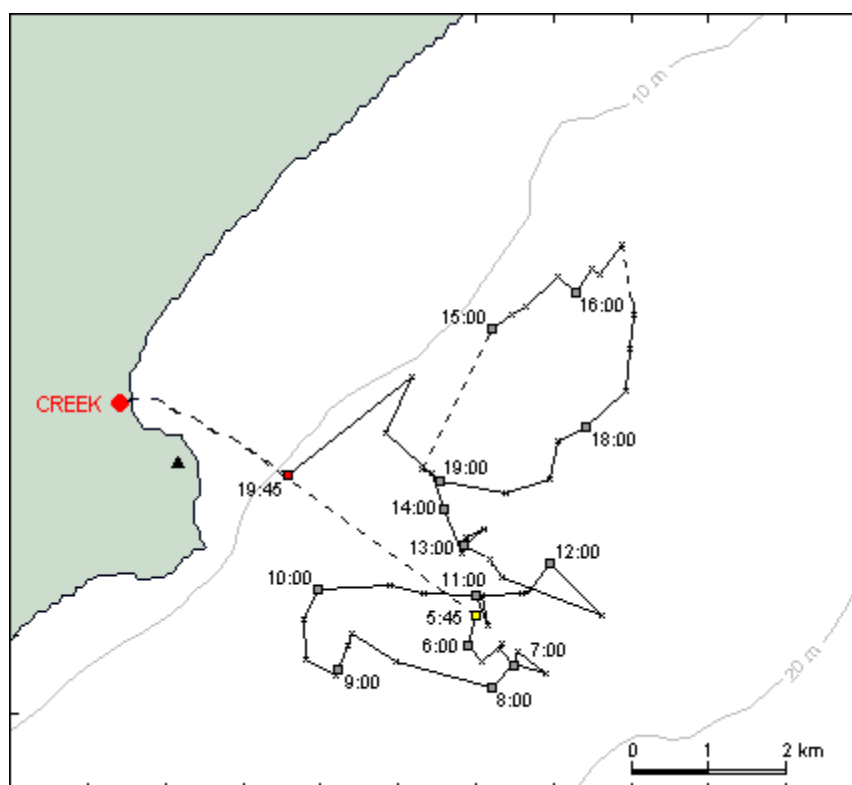
* Das Signal dieses Vogels war sehr gut zu verfolgen, verschwand jedoch plötzlich nach der 10:15 Peilung. Entweder der Sender fiel ab oder der Vogel wurde getötet (Predation, Fischernetz). Letzteres scheint Wahrscheinlich, da der Vogel in der folgenden Zeit nicht wieder am Nest aufgefunden wurde. Jedoch beide Küken flügelten drei Wochen später

Track II-6



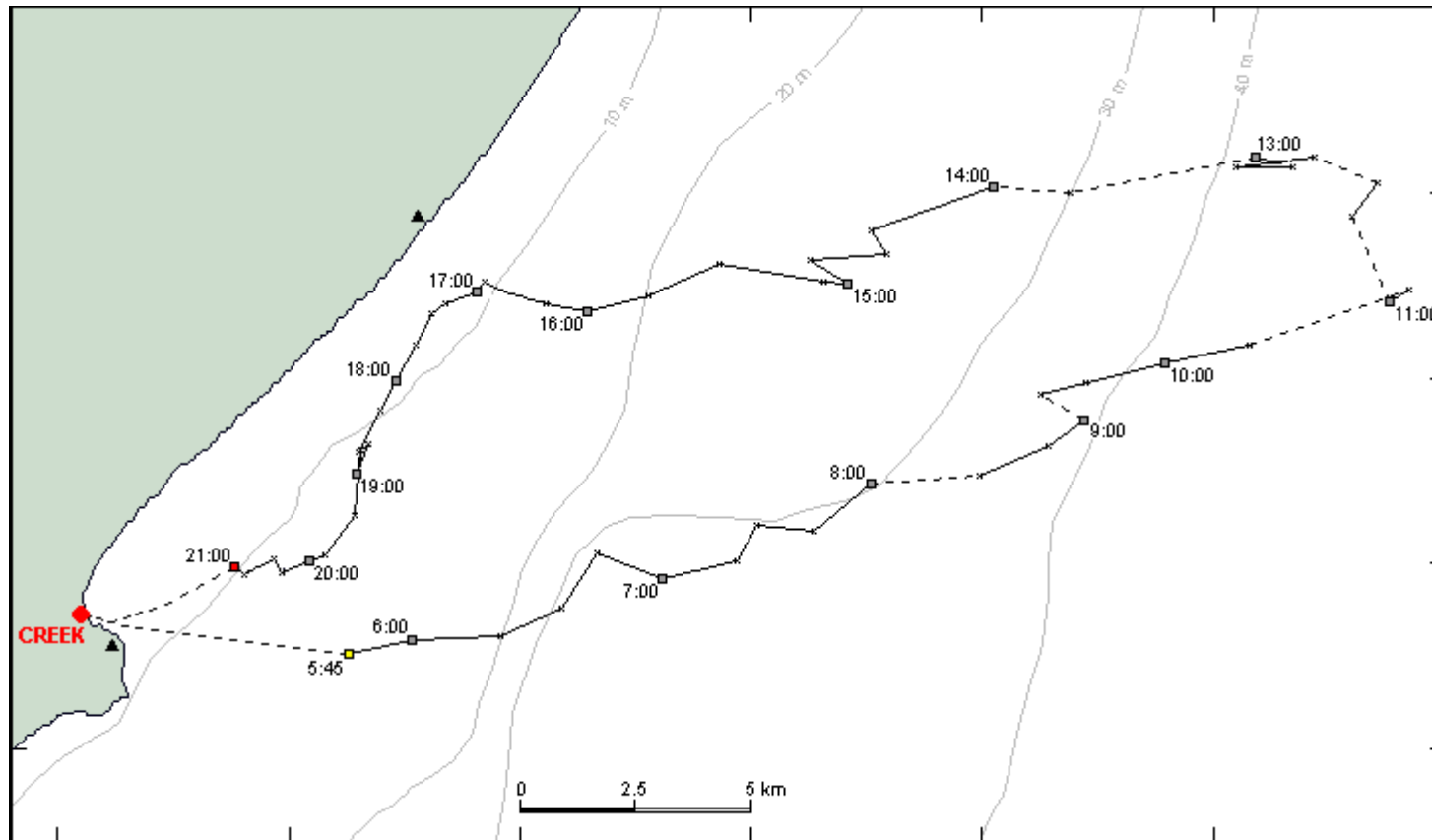
09. 12. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin Band 31767,
männlich, Alter: 2.8+ Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Track II-7



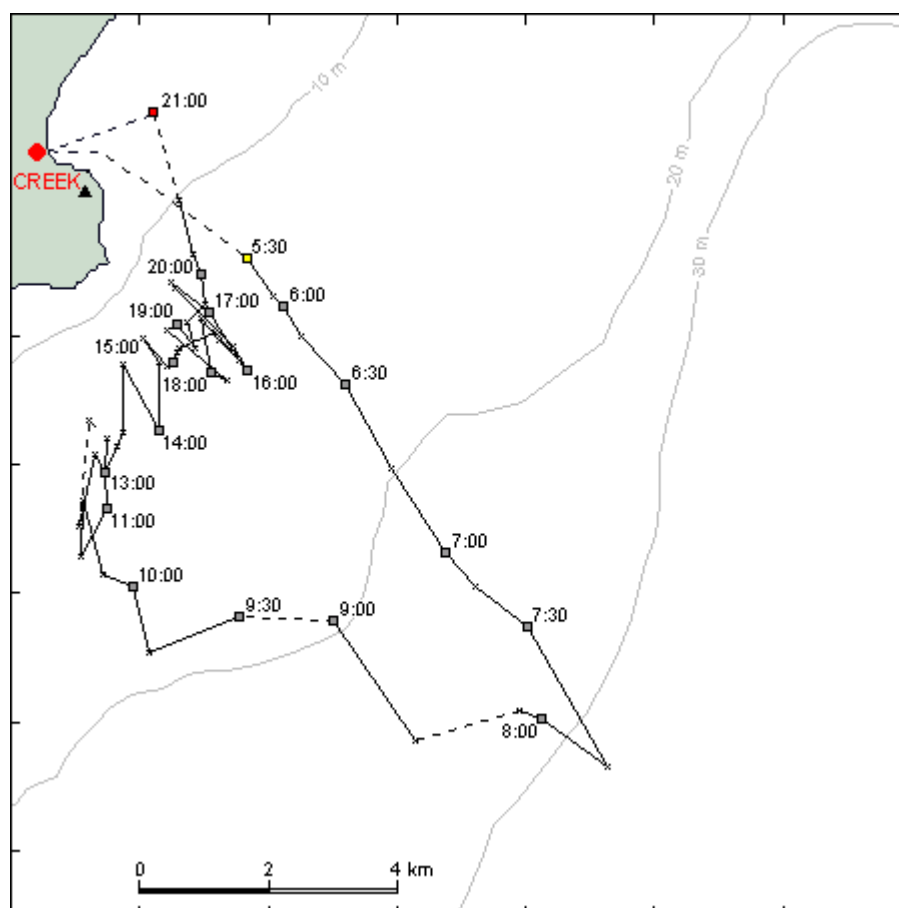
11. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 26601,
männlich, Alter: 4.0+ Jahre, brütend (1 Küken),
SR-Trip

Track II-8



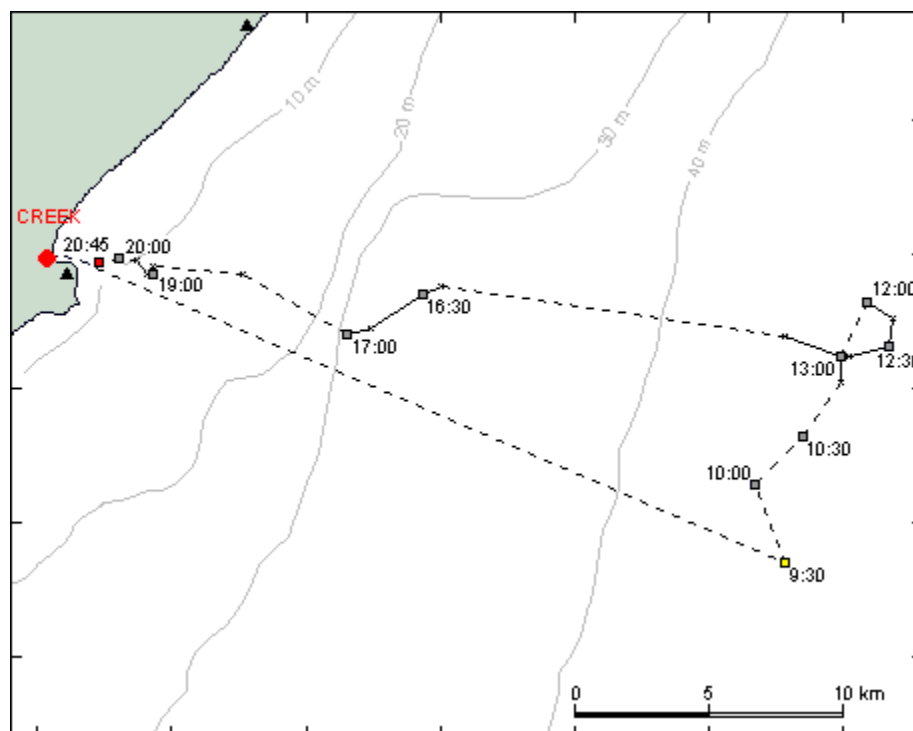
13. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 26237,
männlich, Alter: 5.1+ Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Track II-9



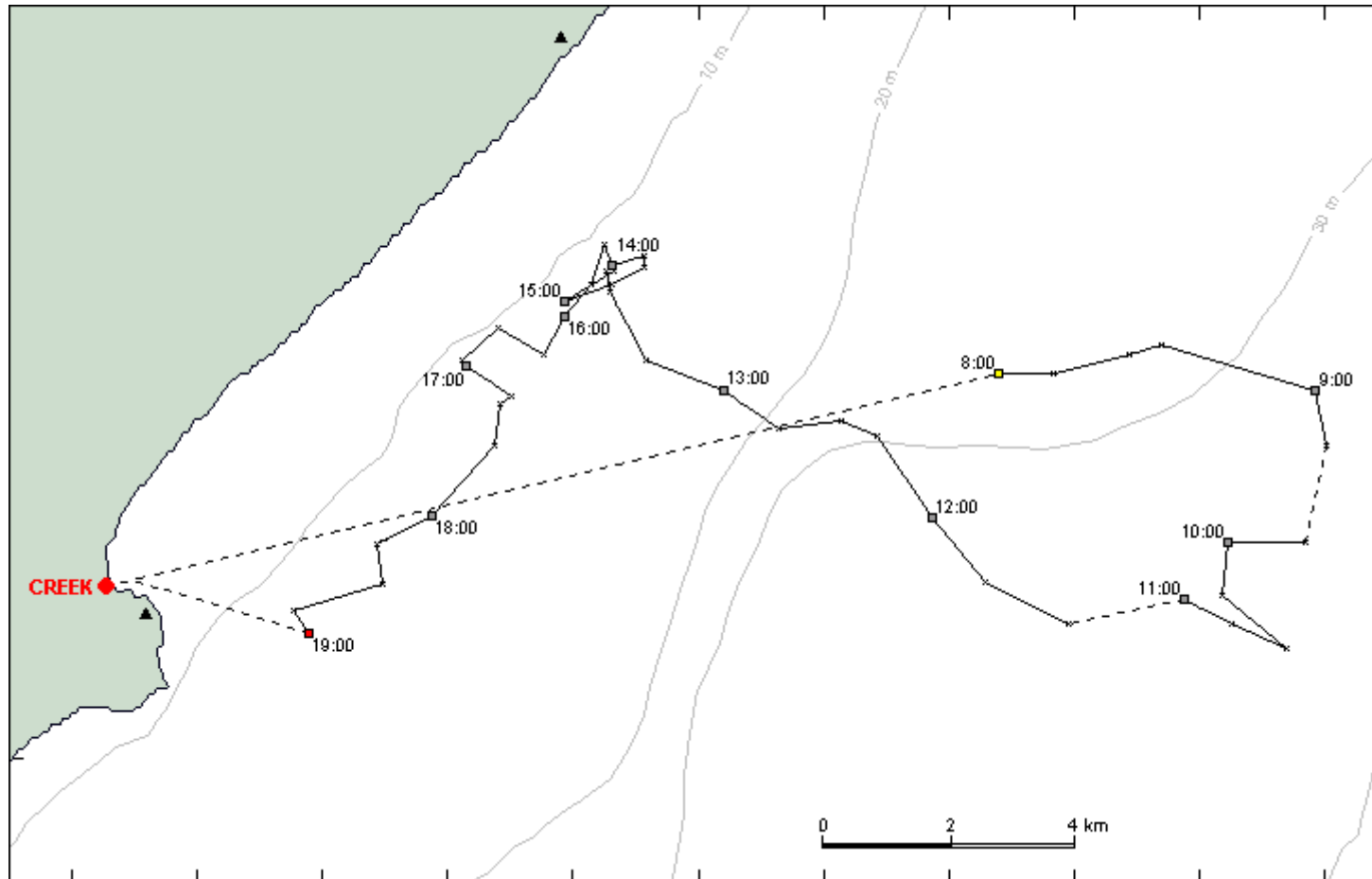
13. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 28511,
männlich, Alter: 4.2+ Jahre, brütend (1 Küken),
SR-Trip

Track II-10



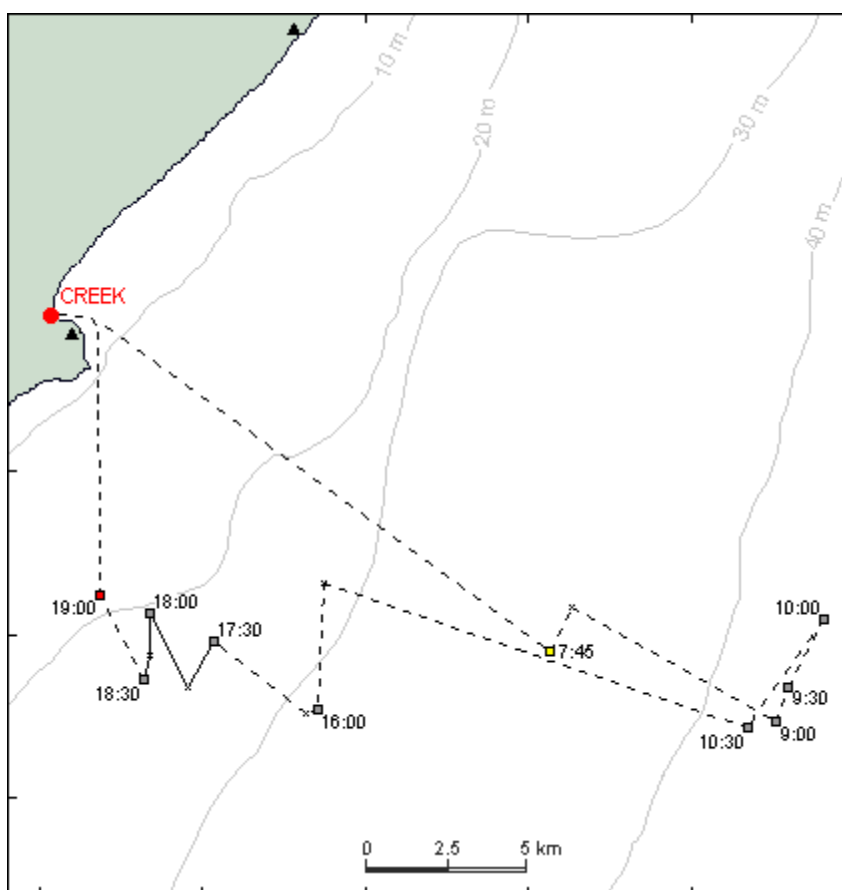
13. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 25358,
männlich, Alter: 5.6+ Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Track II-11



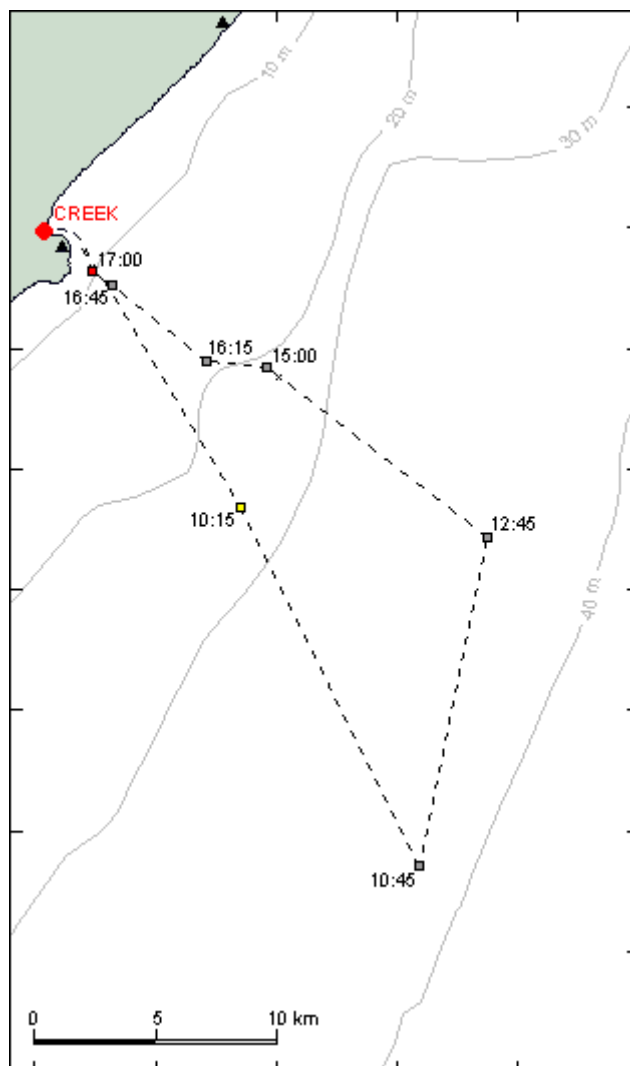
15. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 22952,
weiblich, Alter: 7.2+ Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Track II-12



15. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 28511,
männlich, Alter: 4.2+ Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Track II-13

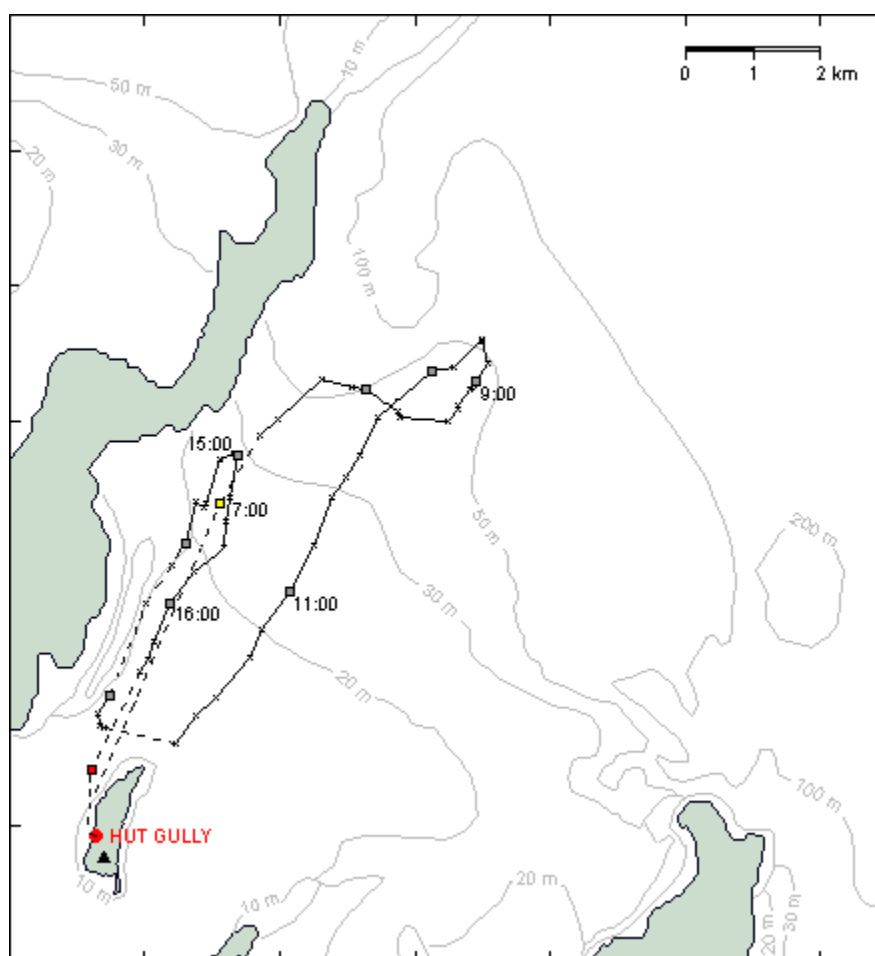


15. 12. 2000, Peilintervall: 15 min., Zwergpinguin Band 24377,
männlich, Alter: ? Jahre, brütend (1 Küken),
LR-Trip

Anhang 4

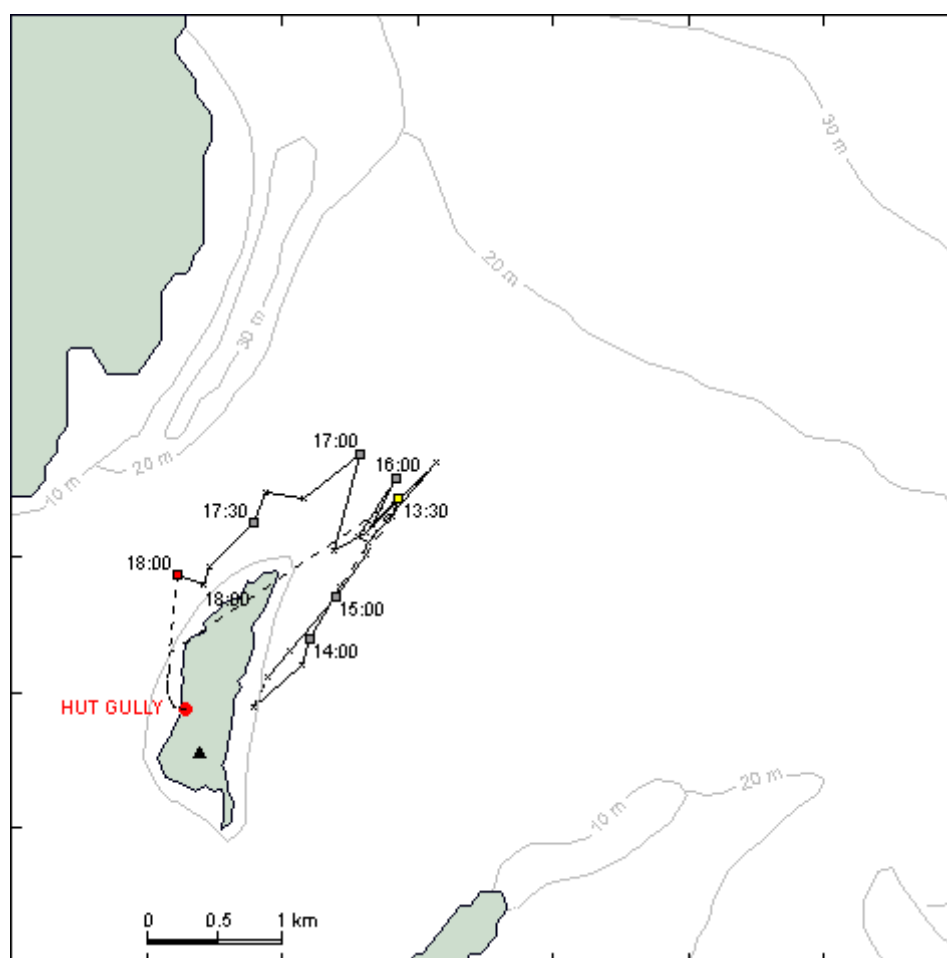
Pinguin Tracks – Motuara Island

Track 1



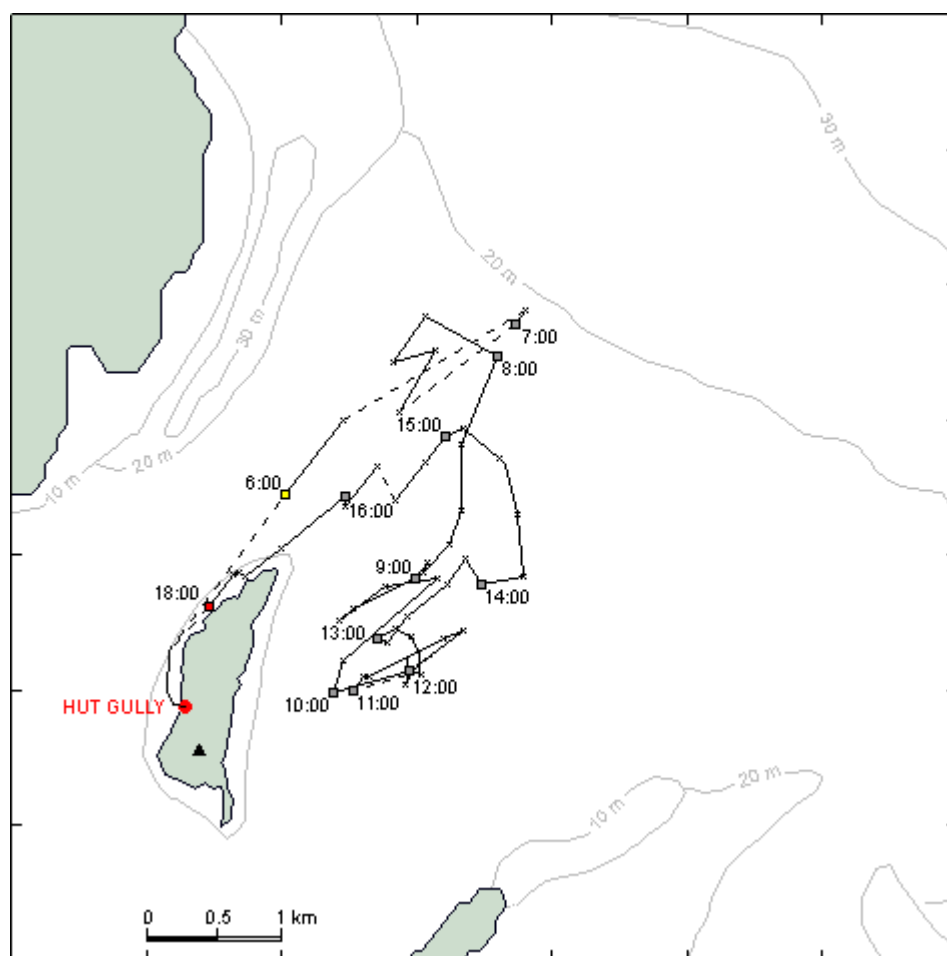
08. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484,
männlich, brütend (1 Ei), *SR-Trip*

Track 2



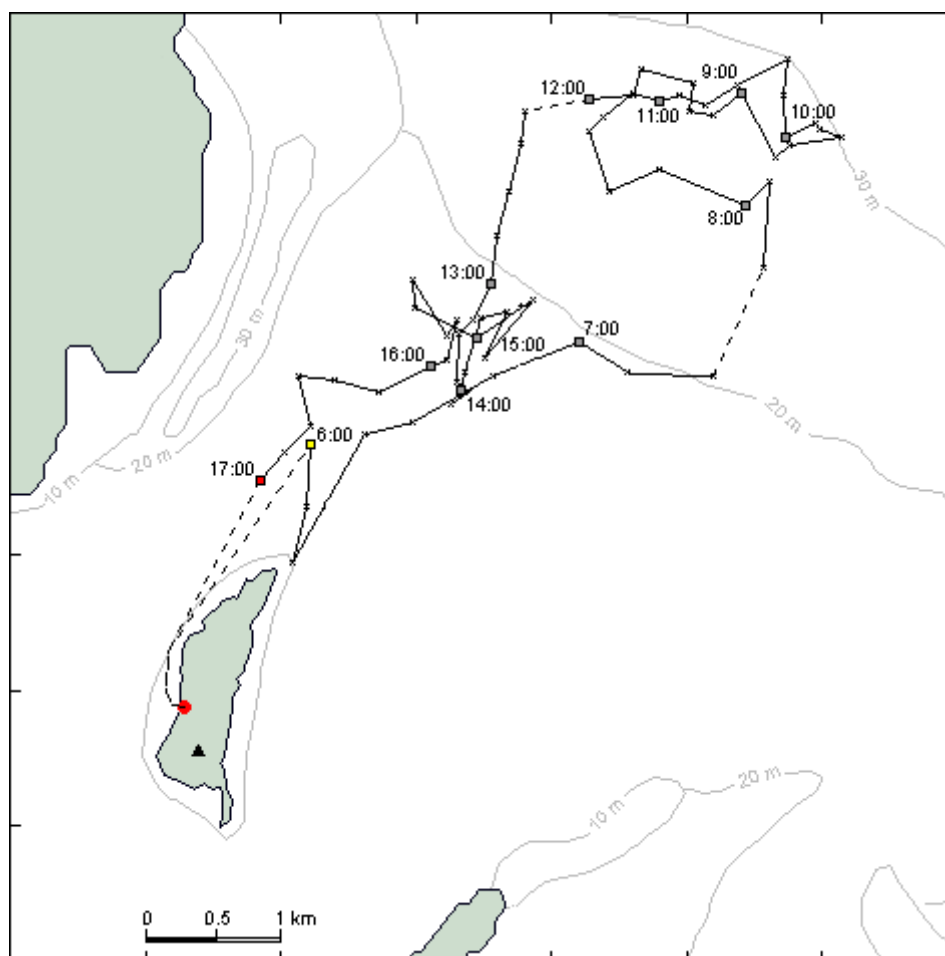
10. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484,
männlich, brütend (1 Ei), SR-Trip

Track 3



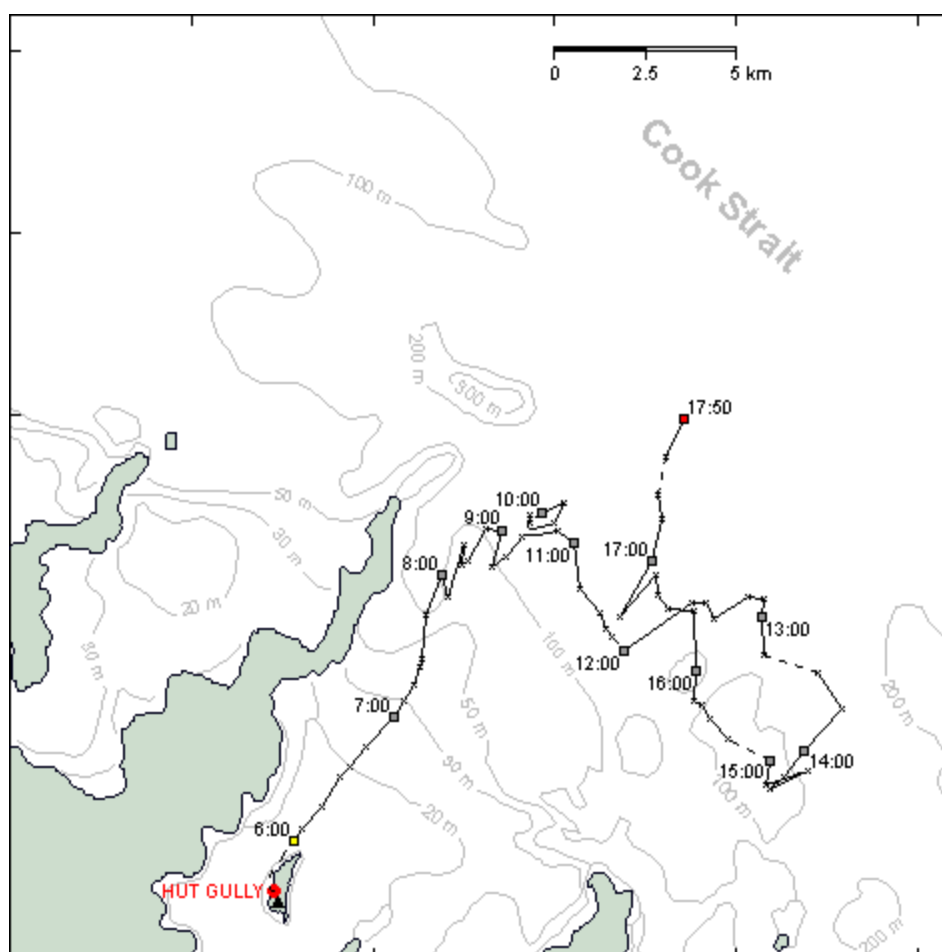
11. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484,
männlich, brütend (1 Ei), *SR-Trip*

Track 4



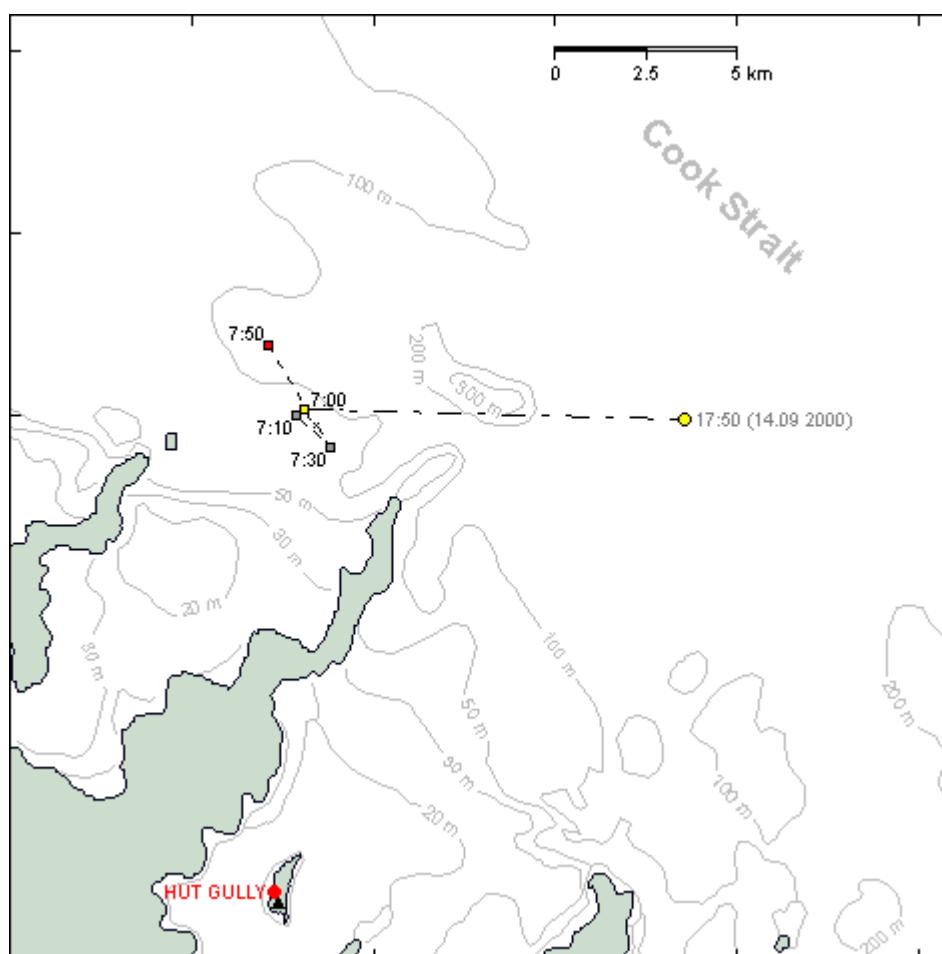
12. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484,
männlich, brütend (1 Ei), *SR-Trip*

Track 5



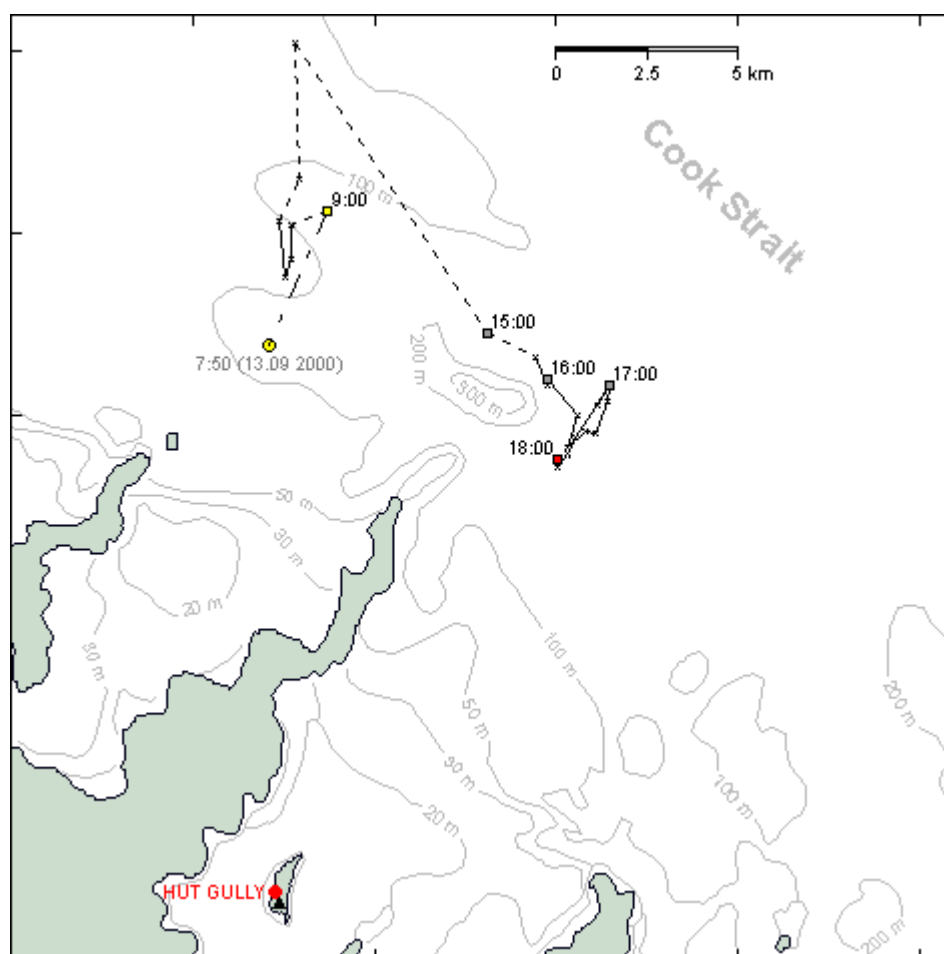
13. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484, männlich, brütend (1 Ei), Langzeit-Trip: 1. Tag

Track 6



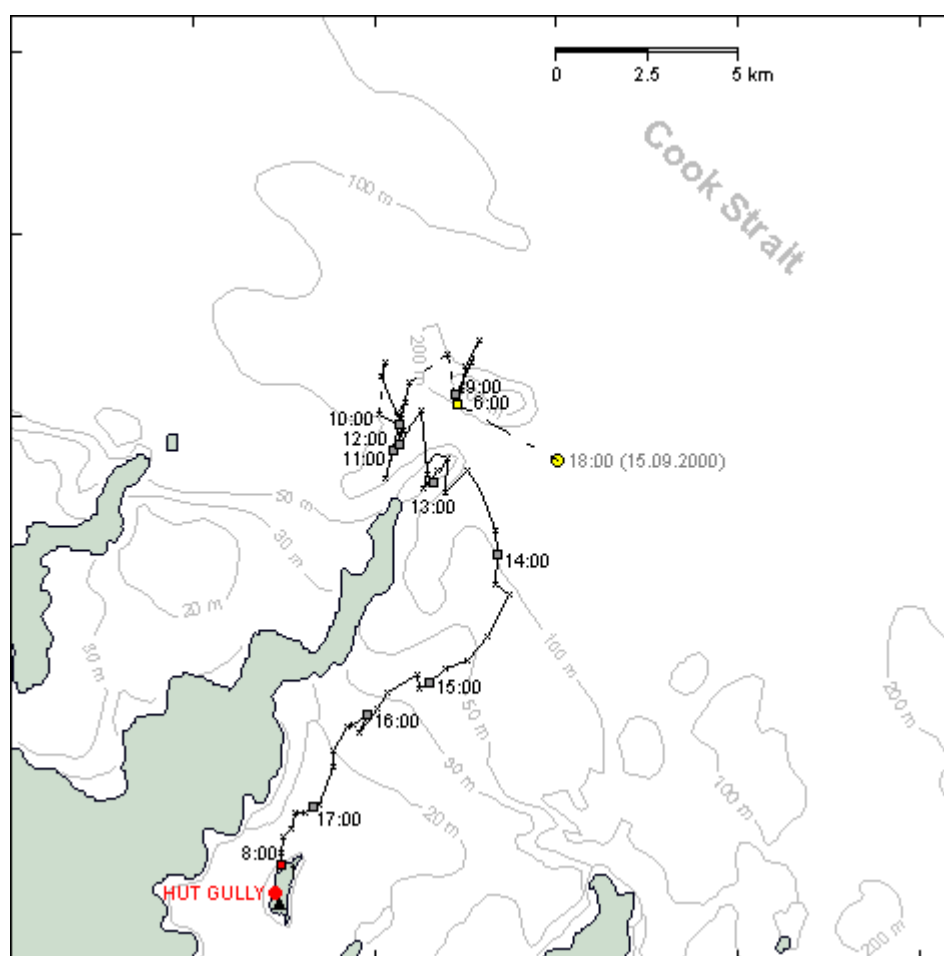
14. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484,
männlich, brütend (1 Ei), *Langzeit-Trip*: 2. Tag

Track 7



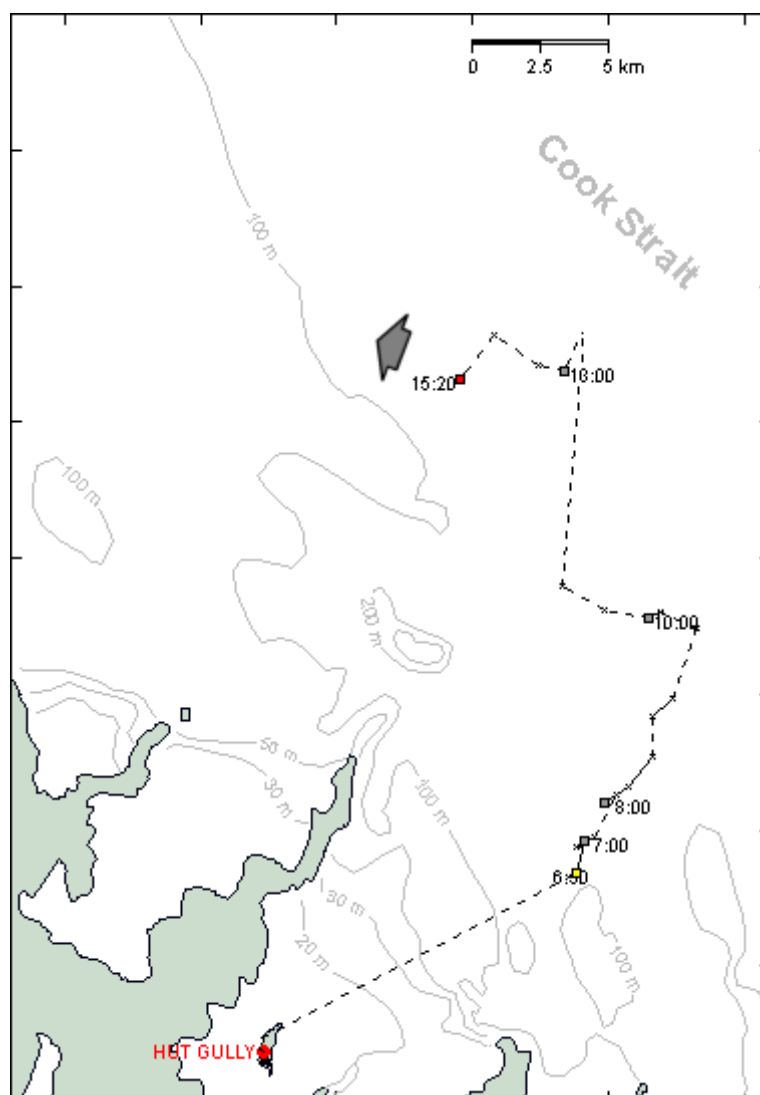
15. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484,
männlich, brütend (1 Ei), *Langzeit-Trip*: 3. Tag

Track 8



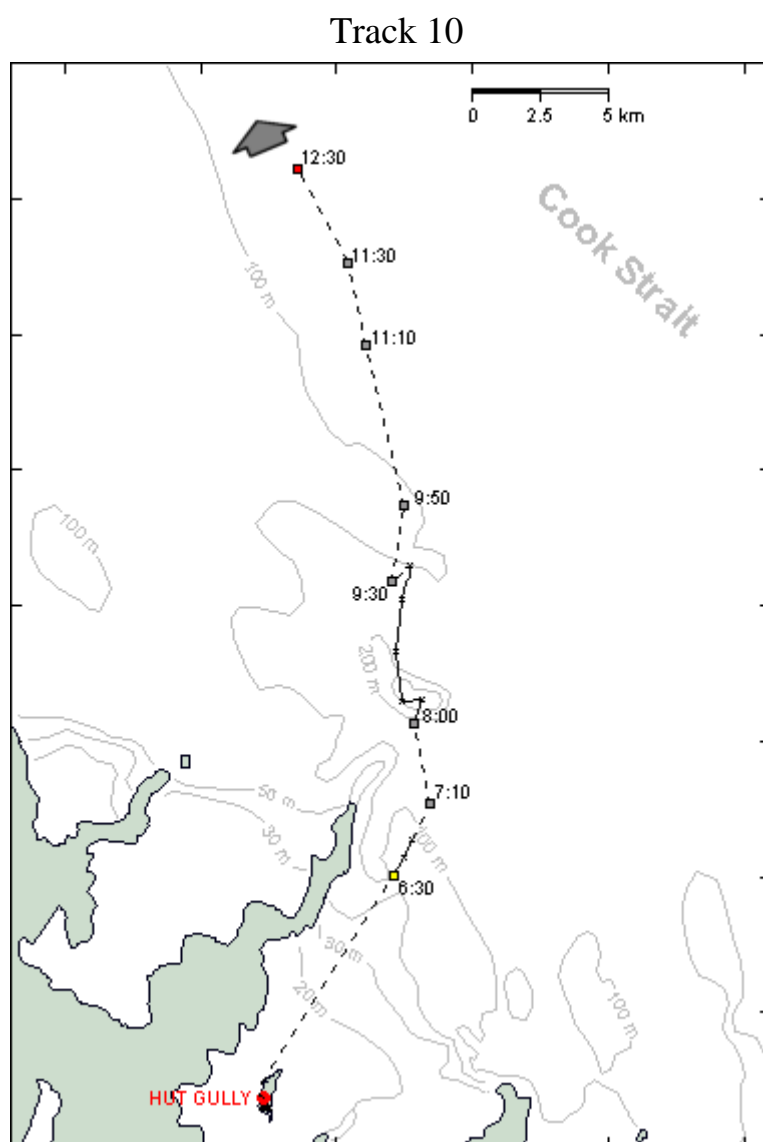
16. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG02-484, männlich, brütend (1 Ei), Langzeit-Trip: 4. (letzter) Tag

Track 9



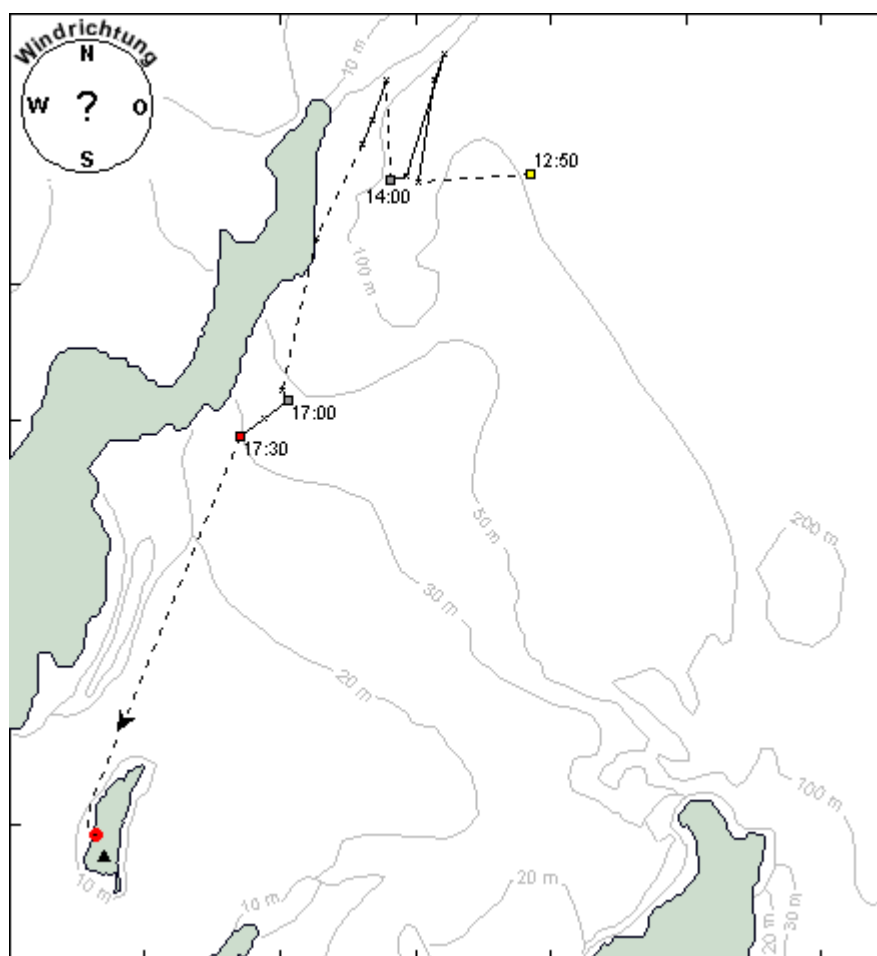
17. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG01-425, männlich, brütend (2 Eier), Langzeit-Trip: 1. Tag*

* Der Pinguin kehrte 4 Tage später (21.09.) zu seinem Nest zurück.



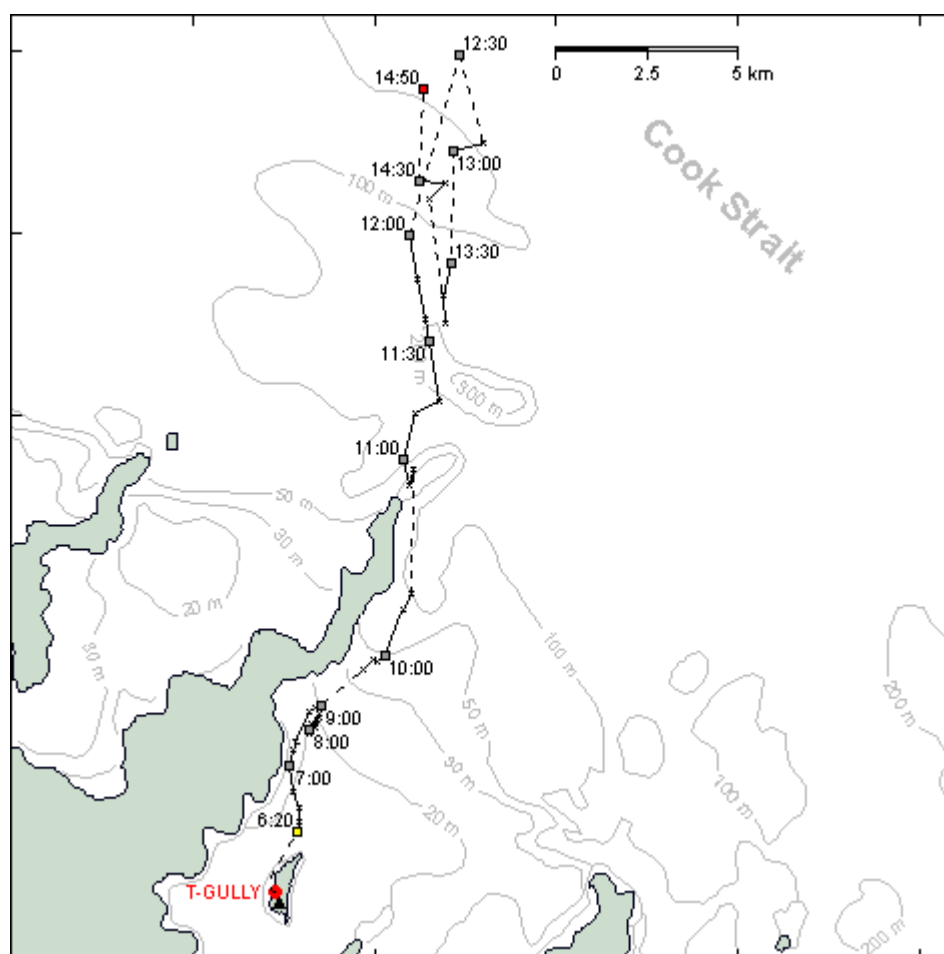
17. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG03-445, weiblich, brütend (2 Eier), Langzeit-Trip: 1. Tag

Track 11



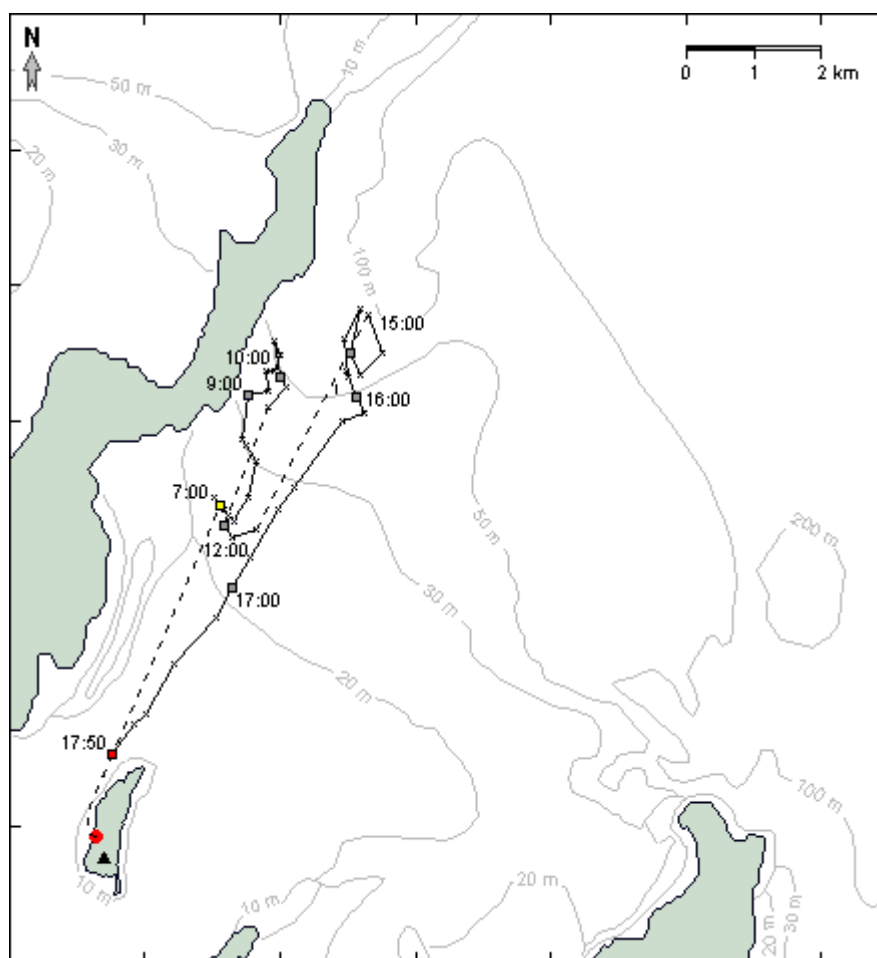
22. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG01-425,
männlich, brütend (2 Eier), Langzeit-Trip: 6. (letzter) Tag

Track 12



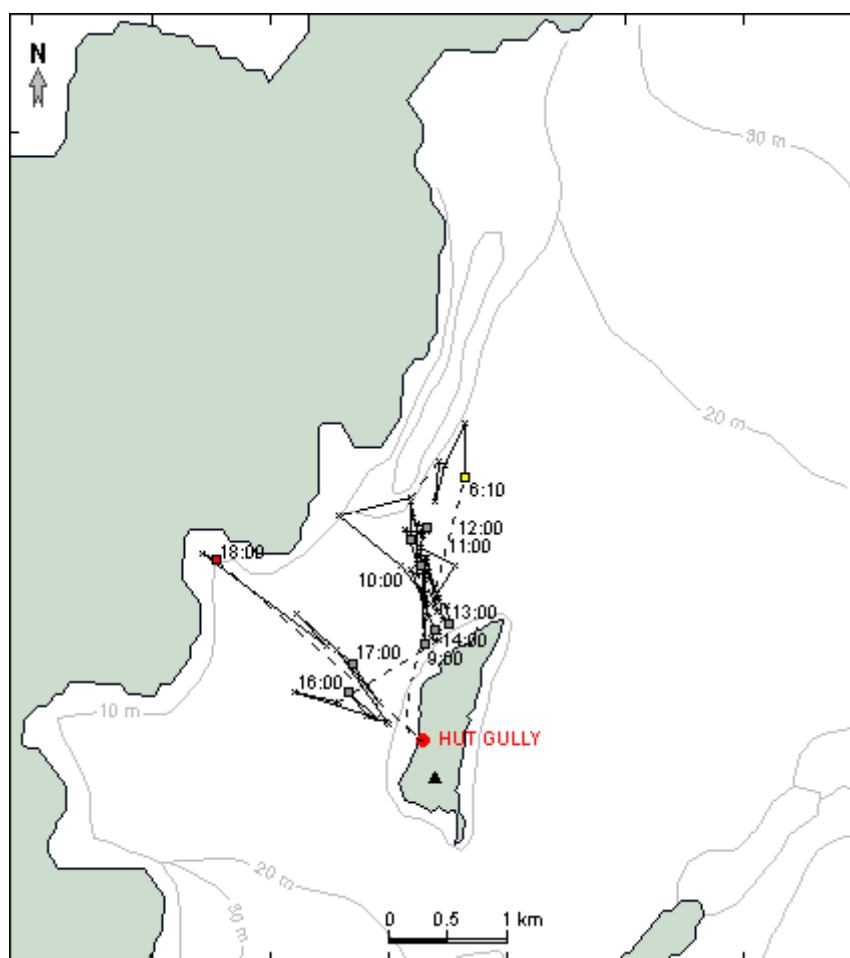
22. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin TG08-484, männlich, brütend (2 Eier), *Langzeit-Trip: 1. Tag*

Track 13



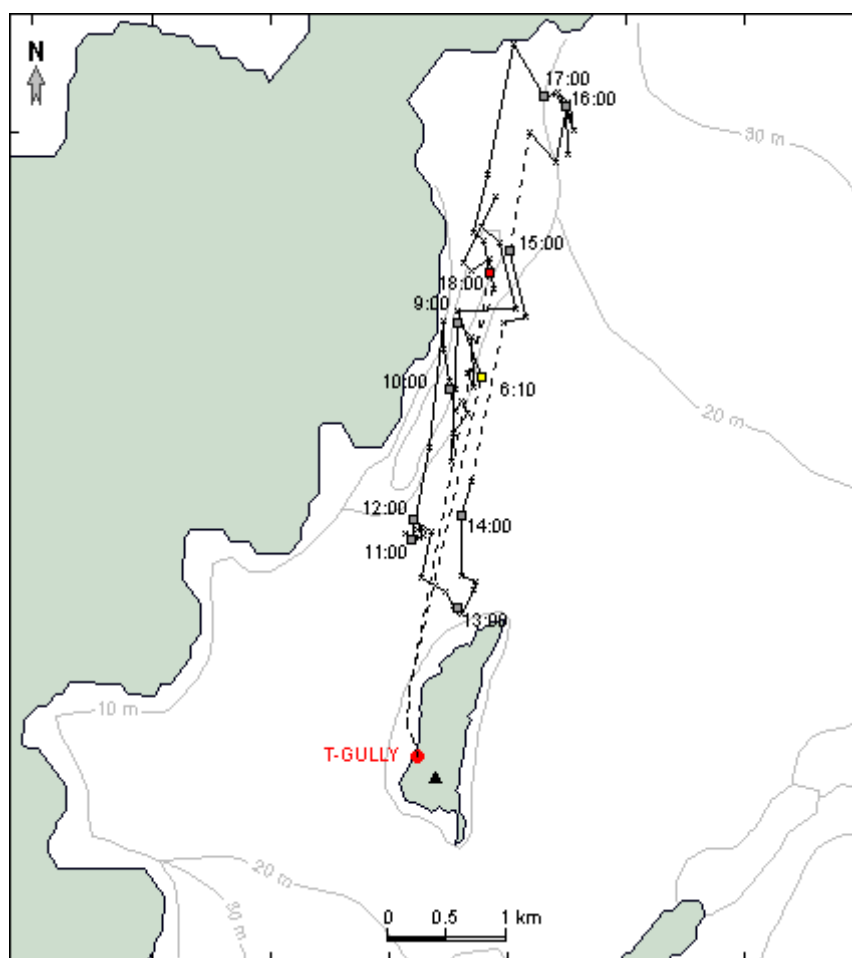
23. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG03-445,
weiblich, brütend (2 Küken), *SR-Trip*

Track 14



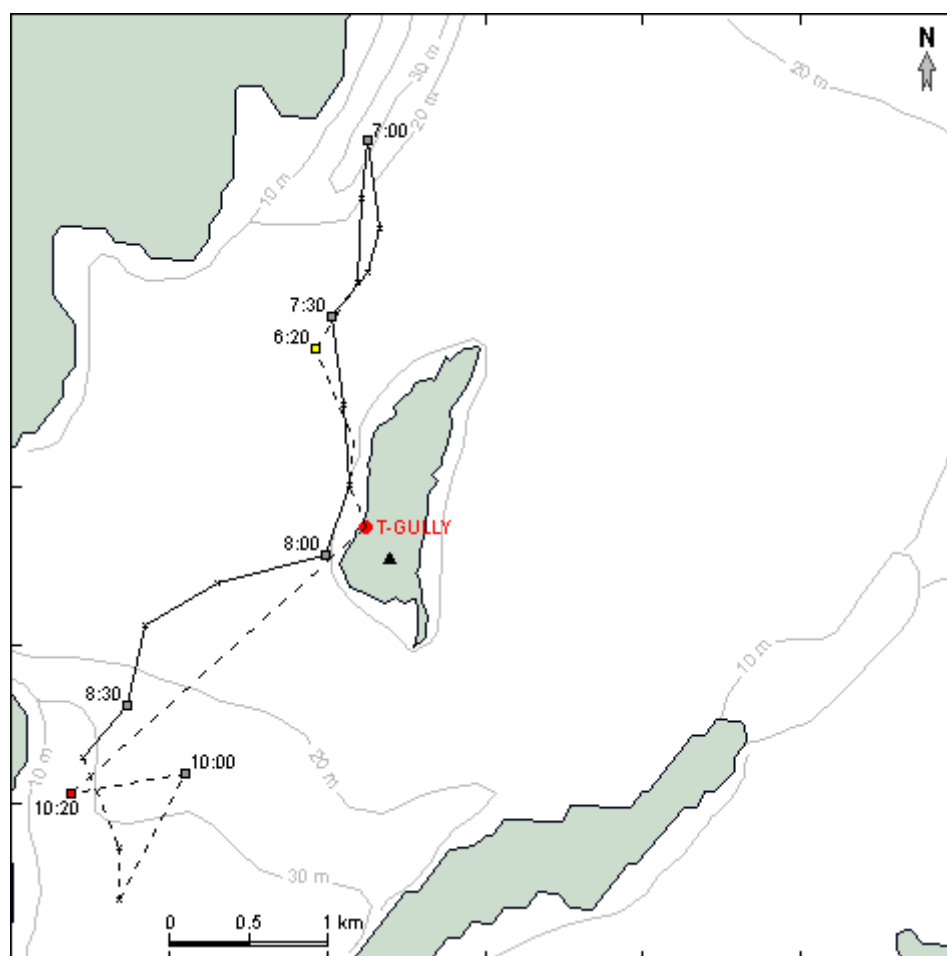
27. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG06-445,
männlich, brütend (2 Küken), SR-Trip

Track 15



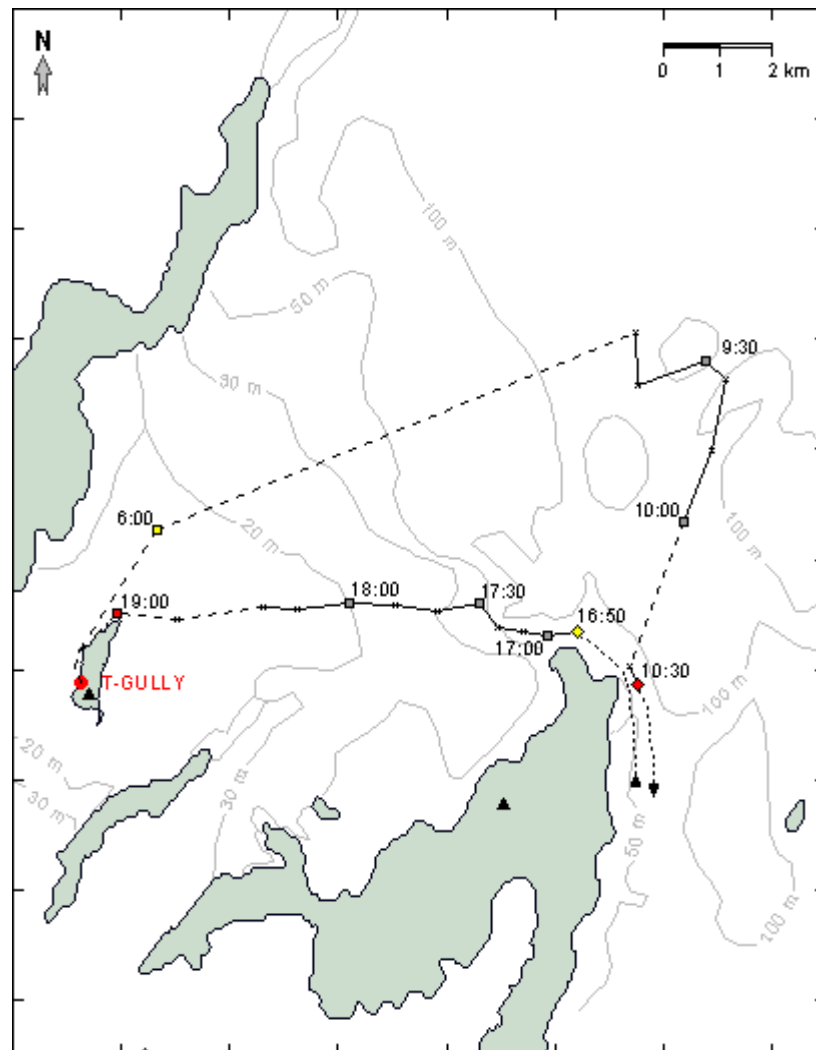
27. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin TG05-505,
männlich, brütend (2 Küken), SR-Trip

Track 16



30. 09. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin TG06-425,
männlich, brütend (2 Küken), SR-Trip

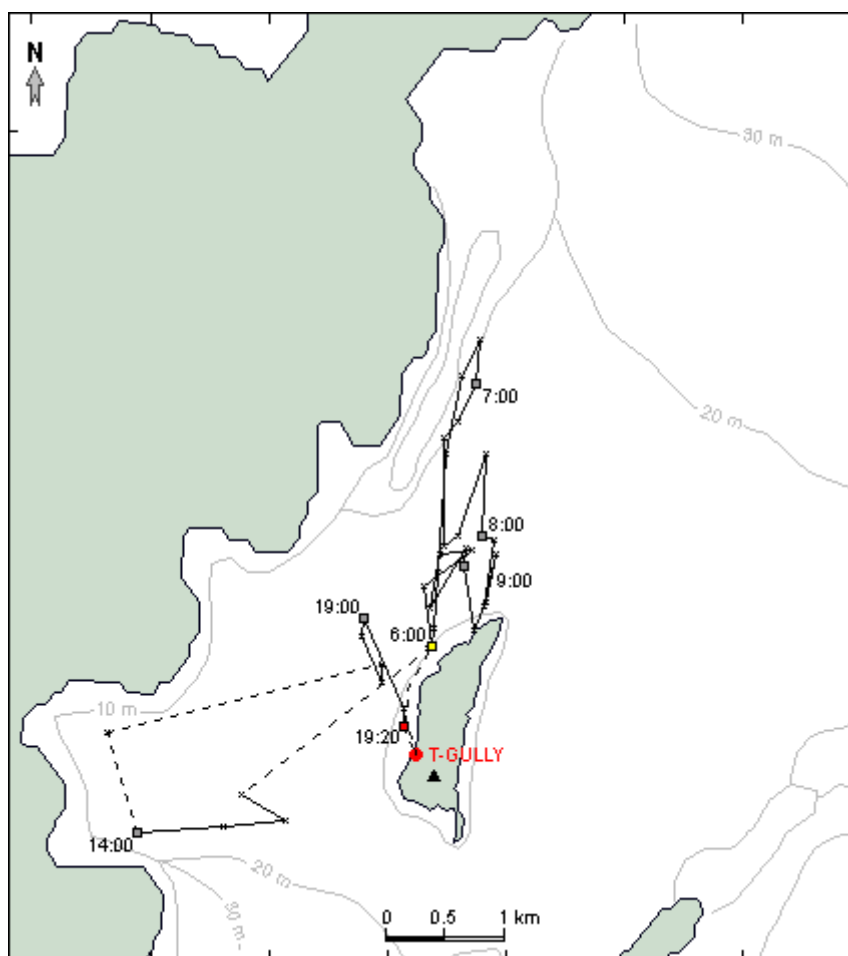
Track 17



24. 10. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin TG07-415, weiblich, brütend (2 Küken), *LR-Trip**

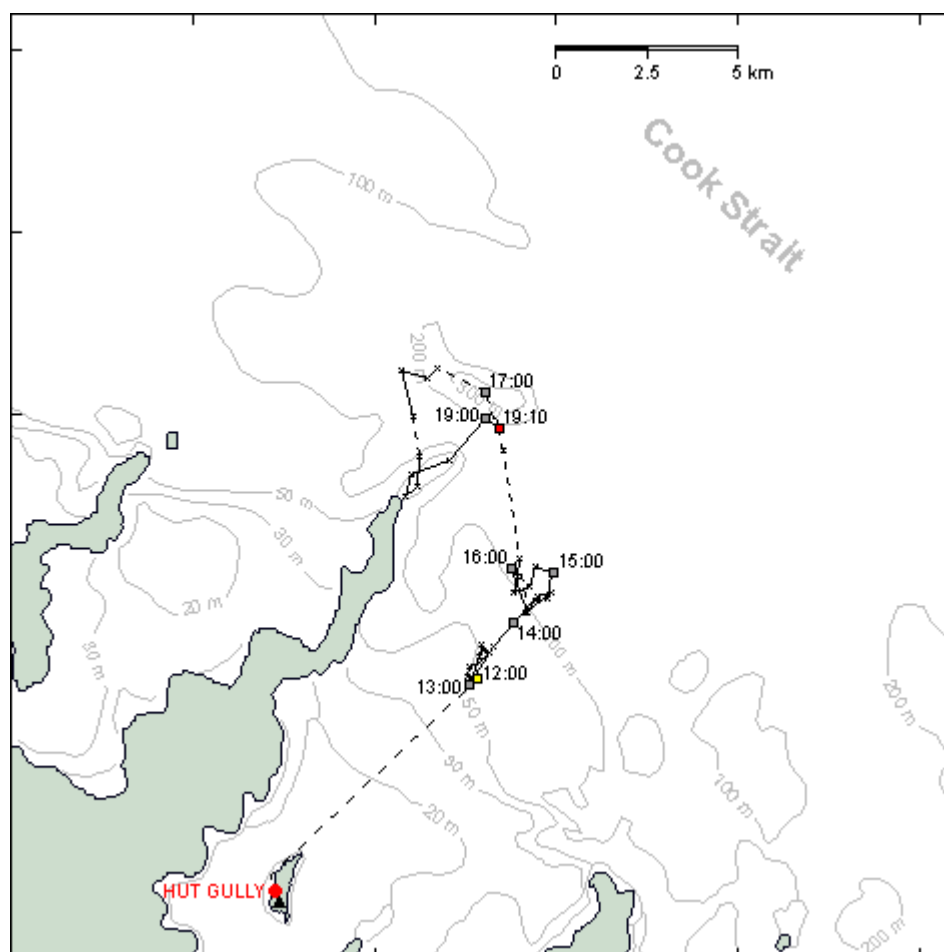
* Der Pinguin bewegte sich nach dem Positionsfix um 10:30 in den totalen Radioschatten der Empfangsstation auf Arapawa Island. Das Signal konnte jedoch eingeschränkt weiterhin auf Motuara Island empfangen werden. Dabei ergab sich, daß der Vogel sich noch weiter in Richtung Süd bewegte. Um 16:50 gelangte der Pinguin wieder in den Empfangsbereich von Arapawa Island. Dieser Track stellt den einzigen LR-Trip dar, der von einem Pinguin von Motuara Island unternommen wurde.

Track 18



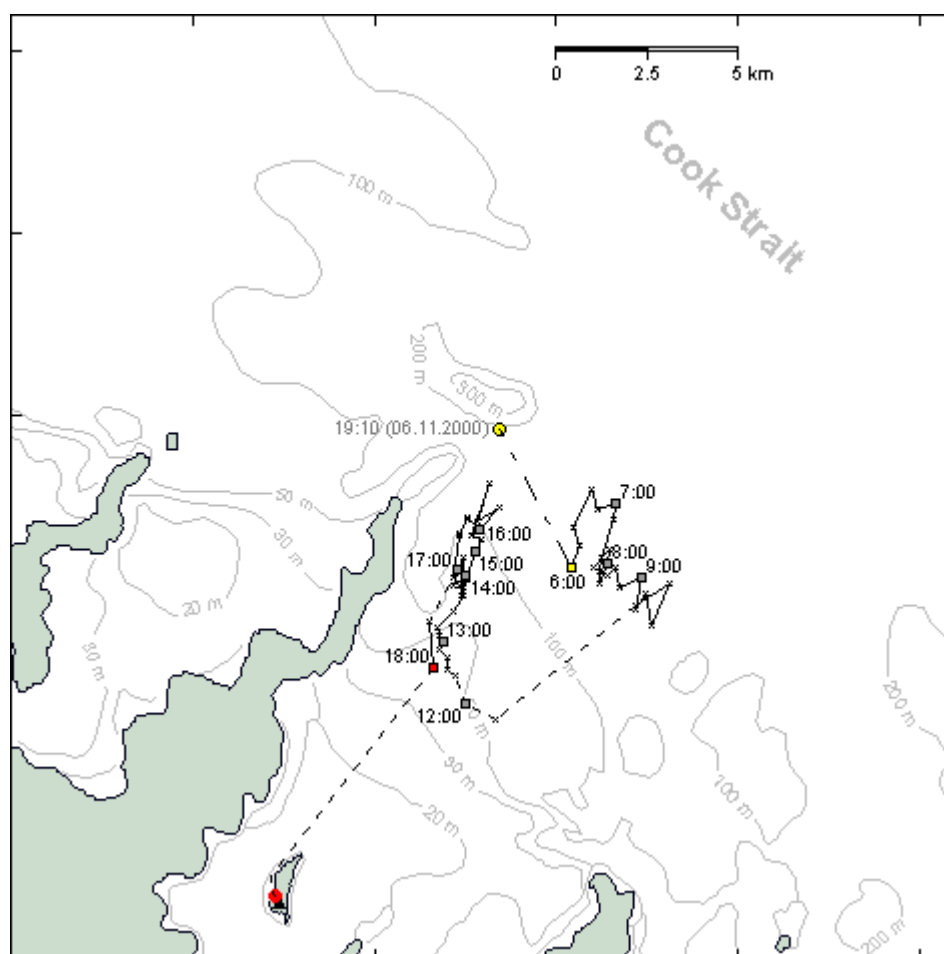
26. 10. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin TG07-415,
weiblich, brütend (2 Küken), *SR-Trip*

Track 19



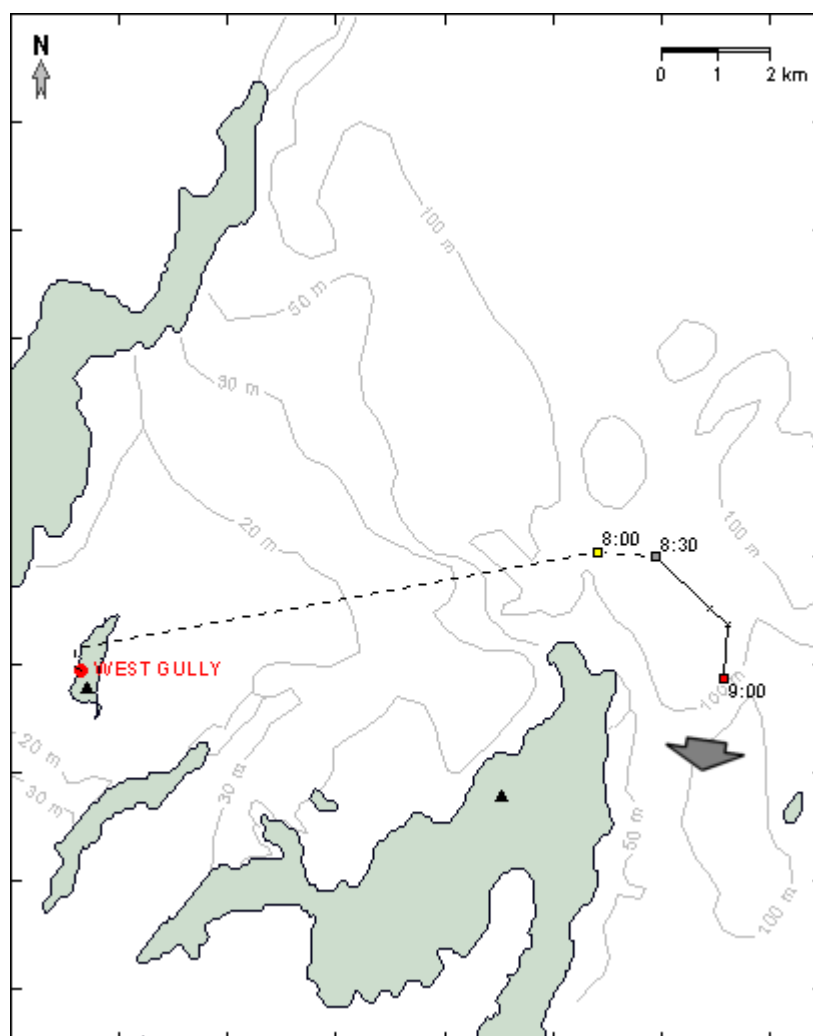
06. 11. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG09-484, männlich, brütend (2 Küken), *Langzeit-Trip: 1. Tag*

Track 20



07. 11. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG09-484, männlich, brütend (2 Küken), *Langzeit-Trip: 2.(letzter) Tag*

Track 21



09. 11. 2000, Peilintervall: 10 min., Zwergpinguin HG09-484, weiblich, brütend (2 Küken), *Langzeit-Trip: 1. Tag* *

* Der Pinguin kehrte 7 Tage später (16.11.) zurück zum Nest.