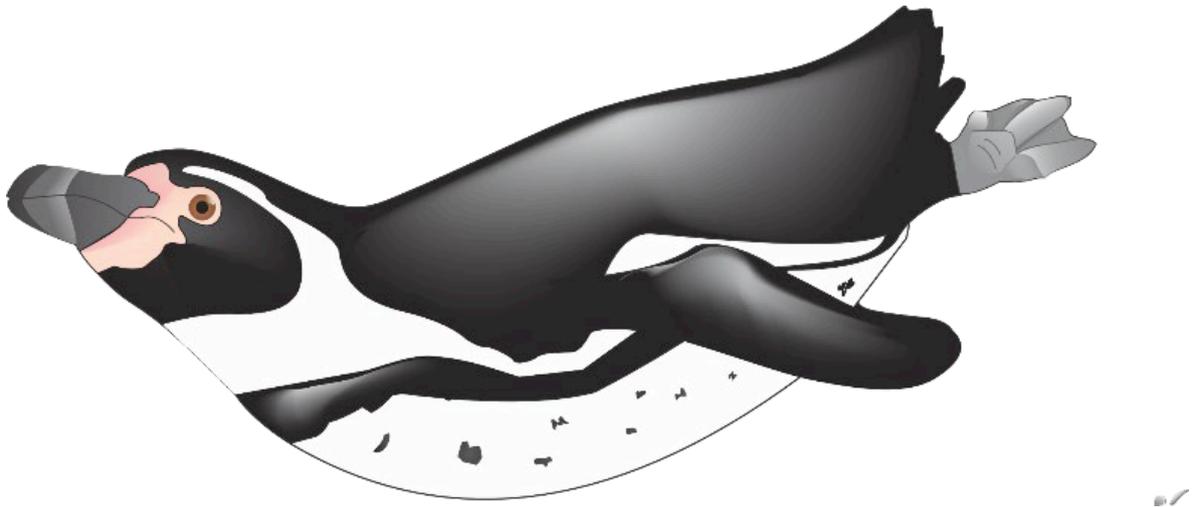


Bericht über Reproduktionsaspekte der Humboldt-Pinguin Kolonie auf den Ballestas-Inseln, Pisco, Peru



Bericht

Reproduktionsaspekte der Humboldt-Pinguin Kolonie auf den Ballestas-Inseln, Pisco, Peru



Danksagungen

Unser Dank gilt SPHENISCO und seinem gesamten Team, vor allem aber Gabriele Knauf, die es uns ermöglicht hat, diese Forschung durchzuführen, dafür schicken wir unseren Dank zum Himmel.

Diese Forschung konnte dank der Unterstützung des Frankfurter Zoos und des Vogelparks Marlow in Deutschland, beide Mitglieder von Sphenisco, durchgeführt werden.

Franco Sandoval, Spezialist der Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, für seine Unterstützung und Beratung bei der Entwicklung der Forschungsarbeit.

An Miguel Ipanaque Villegas und Antonio Álvarez Díaz, landwirtschaftliche Wächter der Ballestas-Inseln.

An Julio Reyes für seinen Rat und an das gesamte ACOREMA-Team.

Inhalt

Zusammenfassung.....	5
1. Einleitung	6
2. Ziele	7
3. Untersuchungsgebiet	7
4. Methodik	9
5. Ergebnisse und Diskussion.....	10
5.1 Charakterisierung Nester.....	11
5.2 Charakterisierung Unterkolonien	12
5.2.1 Unterkolonie X	12
5.2.2 Unterkolonie Z	14
5.2.3 Unterkolonie Y	15
5.3 Fortpflanzungserfolg	16
5.4 Identifikation von Bedrohungen	21
5.5 Aktivitäten zum Aufbau von Kapazitäten, Bildung und Sensibilisierung	22
6. Schlussfolgerungen.....	23
7. Empfehlungen.....	24
8. Bibliografische Hinweise	25
9. Anhänge	27

Zusammenfassung

Die Brutzeit der Humboldt-Pinguine variiert in unterschiedlichen Breitengraden seines Verbreitungsgebietes. Es liegen nur wenig repräsentative Daten über die Parameter ihrer Fortpflanzung vor. Das lässt Zweifel am Zustand ihrer Populationen aufkommen.

Verbesserte Schätzungen der Geburtenrate, der Entwicklung der Jungtiere, der Überlebensrate der Jungtiere und der Sterblichkeit der erwachsenen Tiere sind erforderlich, um Prognosen für die Population und deren Erfolg zu verbessern.

In der Studie werden Ergebnisse über Fortpflanzungsparameter des Humboldt-Pinguins vorgestellt. Die Studie liefert fachliche Informationen, die geeignet sind, zum Management dieser Pinguinart beitragen können. Die Kolonie auf den Ballestas-Inseln, besteht aus drei (03) Unterkolonien: 1. Unterkolonie X mit 106 Individuen und 46 Nestern, 2. Unterkolonie Z mit 35 Individuen und 9 Nestern und 3. Unterkolonie Y mit 45 Pinguinen und 12 Nestern.

Unterkolonie X ist die größte der Ballestas-Inseln und weist den größten Fortpflanzungserfolg auf, was möglicherweise mit besseren Raum- und Flächenbedingungen sowie besseren Plätzen zum Nestbau im Vergleich zu Kolonie Y und Kolonie Z zusammenhängt.

Hinsichtlich touristischer Aktivitäten lässt sich feststellen, dass die Aktivitäten sich nicht direkt auf das Brüten auswirken, da die Tiere auf dem Gipfel im Zentrum der Insel nisten. In der Mauserzeit sammeln sich die Pinguine jedoch alle in unteren Bereichen und warten darauf, alle Federn zu wechseln. Dabei laufen sie Gefahr, aufgrund von Stress ins Wasser zu gehen, ohne dass ihr Gefieder darauf vorbereitet ist.

I. Einführung

Der Humboldt-Pinguin ist eine in der Region des Humboldt-Stroms (oder Peruanischen Stroms) endemische Art, die nur entlang der mehr als 4.700 km langen Küste auf Inseln vor Peru und Chile vorkommt. (McGill et al. 2021). Diese Vogelart steht an der Spitze des Nahrungsnetzes in marinen Ökosystemen und spielt eine wichtige Rolle in der Ökologie der Gebiete, in denen sie lebt. Die Art ist nützlich zur Überwachung der Umweltverschmutzung in marinen und terrestrischen Umgebungen, da sie sich auf dem Meer ernährt und an Land nistet (Celis et al. 2014).

In Peru wurden mehrere Studien über den Humboldt-Pinguin durchgeführt, hauptsächlich in Punta San Juan, einem Gebiet im Süden Perus. Die geomorphologischen Merkmale und die Lage dieses Ortes ermöglichen den Zugang zu den Kolonien und bietet die Möglichkeit, die Pinguine zu studieren. Neben Punta San Juan gibt es einige vereinzelte Bemühungen auf anderen Inseln oder Guano-Punkten, aber Entfernung, schwieriger Zugang und begrenzte Handhabungsmöglichkeiten schränken den Spielraum für weitere Forschung ein.

Dieses Szenario wurde von McGill et al. (2021) auf dem Workshop zur Bewertung der Lebensfähigkeit der Population und des Lebensraums des Humboldt-Pinguins analysiert, der 2019 in Peru stattfand. An dem Workshop nahmen die wichtigsten Forscher und Manager dieser Pinguinart teil. Unter anderem wurde erörtert, dass nicht genügend Informationen über Populationsparameter wie Fortpflanzungserfolg, Ausbreitung und Sterblichkeit von Erwachsenen und Jungtieren sowie das Geschlechterverhältnis im gesamten Verbreitungsgebiet der Art vorliegen. Schließlich sind die vorhandenen Datensätze standortabhängig, da sie auf Untersuchungen in nur einer Kolonie in Peru und einigen wenigen Kolonien in Chile beruhen. Der ermittelte Informationsbedarf wurde durch die Aktion „Erhöhung der Repräsentativität der Kolonien zusätzlich zu Punta San Juan (Peru) für eine langfristige Überwachung des Fortpflanzungserfolgs und anderer wichtiger demografischer Parameter in Chile und Peru“ angegangen. Die Aktion zielt darauf ab, langfristige Studien an drei oder vier Standorten durchzuführen, um spezifische Daten über die wichtigsten Pinguin-Brutkolonien zu erhalten

ACOREMA hat diese Studie in Angriff genommen, um Daten zu gewinnen und einen Beitrag zum Erreichen der definierten Ziele zu leisten. Die Lage der Kolonien bereitete jedoch Schwierigkeiten bei der Entwicklung von Logistik, Infrastruktur und Mobilität. So musste nach Alternativen und Methoden gesucht werden, mit denen diese Einschränkungen überwunden werden konnten. Es wurde beschlossen, eine Drohne einzusetzen, die es uns ermöglichen würde, die Kolonien mit minimalen Auswirkungen zu erreichen.

Der Einsatz einer Drohne für die vorliegende Studie wurde unter verschiedenen Gesichtspunkten analysiert. Beispiele wie die von Tovar-Sánchez et al. (2021) durchgeführte Forschung haben gezeigt, dass der Einsatz von Drohnen in der Antarktisforschung zu außergewöhnlicher wissenschaftlicher Produktivität führt. Außer diesen Erfahrungen haben auch andere Forschungsarbeiten gezeigt, dass der Einsatz dieser Technologie in verschiedenen Bereichen effizienter, wirtschaftlicher und weniger störend für die Tierwelt sein kann.

Wie Sweeney et al. (2016) betonen, bietet der Einsatz von Drohnen im Feld Vorteile für die Betreiber und die zu untersuchenden Tiere, bei sorgfältigem Einsatz ist der Einsatz von Drohnen für Forscher sicher und gefährdet die Tiere nicht, da sie nicht invasiv ist. Außerdem deckt der Einsatz große Landflächen ab. Darüber hinaus betonen Hodgson et al. (2018), dass der Einsatz von Drohnen die Möglichkeit schafft, genauere Zählungen mit Fotos aus dem Feld durchzuführen und so direkte Zählfehler zu minimieren.

Die vorliegende Studie wurde auf den Ballestas-Inseln in der Provinz Pisco im Süden Perus mit dem Ziel durchgeführt, Informationen über Fortpflanzungsparameter des Humboldt-Pinguins

durch den Einsatz neuer Technologien zu erhalten. Es ist die erste offizielle Erfahrung in Peru, die dieses Thema mit dieser Art von Ausrüstung angeht.

2. Ziele

2.1 Allgemeines Ziel

Generieren von Informationen über die Reproduktionsaspekte der Humboldt-Pinguin-Kolonie auf den Ballestas-Inseln, Pisco, Peru.

2.2 Spezifische Ziele

- Erfassen von Informationen über den Fortpflanzungserfolg der Humboldt-Pinguin-Kolonie auf den Ballestas-Inseln
- Identifizieren der Hauptbedrohungen des Humboldt-Pinguins in der Kolonie auf den Ballestas-Inseln.

3. Untersuchungsgebiete

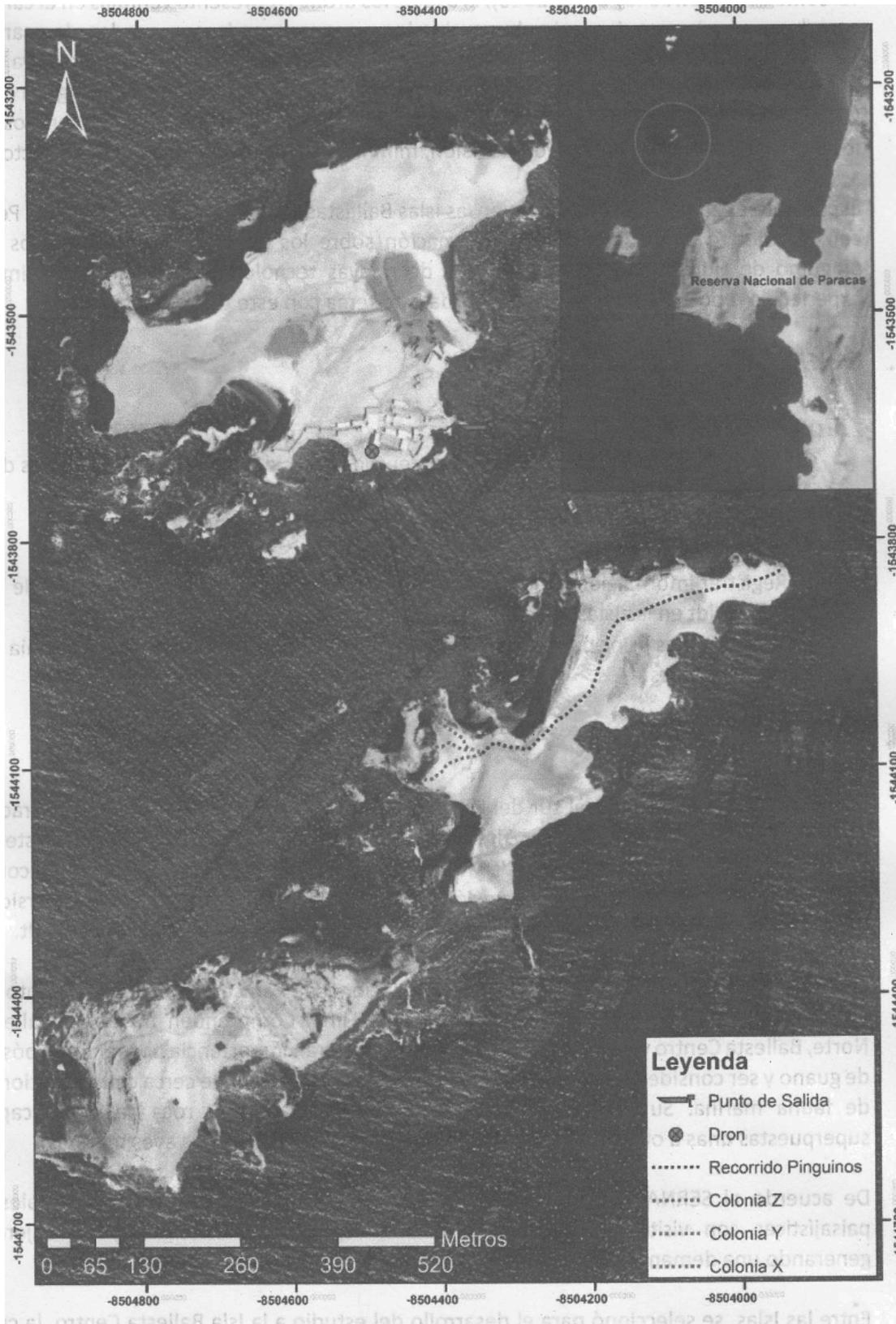
Die Ballestas-Inseln liegen im Süden Perus ($13^{\circ}44'09''S$ - $76^{\circ}23'47''O$), im Bezirk Paracas, in der Provinz Pisco, Region Ica. Die Inseln sind Teil der Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras, ein staatlich geschütztes Naturgebiet. Hauptziel dieses Naturgebietes ist es, zu gewährleisten, dass repräsentative Teile biologischer Vielfalt in Ökosystemen der Küsten (der marinen Küstenökosysteme) des kalten Humboldtstroms erhalten bleiben.

Die Ballestas-Inseln liegen vor der Reserva Nacional de Paracas im Departement Ica, etwa 250 km von Lima entfernt. Sie bestehen aus drei Inseln: Ballesta Norte, Ballesta Centro und Ballesta Sur. Die Inseln sind als Guano-Lagerstätte von großer Bedeutung und gelten als privilegierter Ort zur Beobachtung der Meeresfauna aus nächster Nähe. Ihre geologische Zusammensetzung besteht aus Kalksteinfelsen in übereinanderliegenden Schichten mit Ablagerungen von Guano (Seevogelkot).

Laut SERNANP (2012) werden die Ballestas-Inseln aufgrund ihrer natürlichen und landschaftlichen Merkmale von lokalen, regionalen, nationalen und ausländischen Touristen besucht. Starke Nachfrage hat die Inseln zum Hauptreiseziel an der peruanischen Küste gemacht.

Für die Durchführung der Studie wurde die Insel Ballesta Centro ausgewählt. Sie verfügt über Pinguin-Kolonien an der südlichen und südöstlichen Küste.

Abbildung 1: Karte der Ballestas-Inseln und Lage der untersuchten Gebiete.



4. Methodik

Für die Durchführung der Studie wurden zunächst Nester auf der Insel Ballesta Centro identifiziert. Dabei wurden Hintergrundinformationen von SERNANP genutzt, die im Rahmen der monatlichen Überwachung die touristischen Aktivitäten in verschiedenen Teilen der Inseln kontrollieren.

Das Gebiet weist ein unterschiedliches Relief auf. Die identifizierten Kolonien liegen 35 Metern über dem Meeresspiegel. Der Zugang ist schwierig und stellt bestimmte Anforderungen wie z.B. eine Mondplattform, das Vorhandensein von Treppen und eine festgelegte Route, die möglichst geringe Auswirkungen erzeugt. Aus diesen Gründen wurde **Es** eine Autel Robotics Evo II Pro Drohne verwendet, die folgende Eigenschaften hat:

- Kamera 1" CMOS-Sensor mit 20 Millionen effektiven – Pixeln.
- 35-mm-Objektiv (28,6 mm @ f/2,8), Blende f/2,2 & – f/11.
- Bis zu 8-facher Digitalzoom.
- Elektronische Verschlusszeit von 8 x 1/8000 s.
- Standbildauflösung 5472x3648.
- Videoauflösung 5472x3076 p30/p25/p24, **mit** HDR-Videoaufnahme.
- Omnidirektionales Hinderniserkennungssystem.
- Maximale Flugentfernung von 25 km.
- Die maximale Fahrzeit beträgt 35 Minuten.

In den untersuchten Kolonien gibt es Fortpflanzungsaktivitäten und nachweislich Nester. Für die Studie wurde jedes vorhandene Nest direkt einzeln identifiziert.

Für den Einsatz der Drohne wurden die Einrichtungen von AGRORURAL (Rural Agricultural Productive Development Programme) genutzt, die sich auf der Nord-Ballesta-Insel befinden und 401 m von „Ballesta Centro“ entfernt ist. Von Nord-Ballesta-Insel aus überflog die Drohne die Kolonie in einer Höhe von 10 Metern, stieg in Richtung der Pinguinkolonie auf, dabei erreichte **sie** eine Entfernung zwischen 100 und 30 Metern.

Die Annäherung an jedes Nest erfolgte langsam und vorsichtig, um die Pinguine nicht zu stören. Für jedes Nest wurden Informationen über das Vorhandensein von Eiern, Küken, Jungvögeln und erwachsenden Tieren durch hochauflösende Fotos und Videos gesammelt.

Nachdem wir die Informationen, Bilder und Videos gesammelt hatten, gingen wir zur Schreibtischarbeit über. Wir luden alle Bilder herunter, überprüften sie und wählten die mit der größten Klarheit aus. Anschließend wurde ein Windows-Bearbeitungsprogramm verwendet, um Bilder oder Merkmale, die hervorgehoben werden sollten, zu markieren.

Anhand dieser Informationen lässt sich der Fortpflanzungserfolg bestimmen, **der** nach Clutton-Brock (1990) die Variable, die den Grad oder das Niveau des Erfolgs oder der Wirksamkeit des Fortpflanzungspaares bei der Weitergabe der Gene an die nächste Generation misst. Castro (2005) dagegen ist der Ansicht, dass der Erfolg anhand von Indikatoren ermittelt werden kann wie z.B. 1. Inkubationserfolg, der sich auf das Überleben der Eier bezieht, 2. Aufzuchterfolg, der sich auf das Überleben der Küken bezieht und 3. Bruterfolg, der sich auf die Anzahl der überlebenden Nestlinge bezieht, also der pro Nest vorhandenen Jungvögel. Für die Zwecke dieser Untersuchung werden die von Castro vorgeschlagenen Kriterien verwendet. Giraldo Amaro (2012) beschreibt, dass der Fortpflanzungserfolg anhand der Indikatoren Inkubationserfolg (Überleben der Eier), Aufzuchterfolg (Überleben der Küken) und Bruterfolg wie folgt ermittelt werden kann:

Inkubationserfolg (EI) (Schlupferfolg)	= $\frac{\text{Anzahl geschlüpfter Küken}}{\text{Anzahl gelegter Eier}}$
Aufzuchterfolg (EC) (erfolgreiche Elternschaft)	= $\frac{\text{Anzahl flügger Jungvögel}}{\text{Anzahl geschlüpfter Küken}}$
Bruterfolg (EA) (Nesterfolg)	= $\frac{\text{Anzahl der flüggen Jungvögel}}{\text{Anzahl aktiver Nester}}$

5. Ergebnisse und Diskussion

Die vorliegende Untersuchung wurde auf der zentralen Ballesta-Insel durchgeführt, die 8,24 Hektar groß ist, davon werden 0,013 Hektar (0,16 %) von Humboldt-Pinguinen als Nistgebiet genutzt. Das Gebiet ist dadurch charakterisiert, dass es das raueste und zerklüftetste der Insel ist. Das macht es für diese Kolonie ganz besonders. Für die Studie wurden 67 Nestern in der Kolonie identifizierten, die aufgrund ihrer Lage und Merkmale in drei Unterkolonien eingeteilt wurden und als "Z", eine zweite als "X" und die letzte als "Y" bezeichnet werden (Foto 1).



Foto 1: Zentrale Ballestas-Insel und die Lage der untersuchten Gebiete

5.1 Charakterisierung des Nestes

Als Ergebnis dieser Untersuchung wurden insgesamt 67 Nester identifiziert und auf die drei Unterkolonien verteilt.

Die Nester wurden nach ihren Merkmalen klassifiziert, für die Simeone et al. (2018) als Referenz herangezogen wurde. Es wurden jedoch einigen Anpassungen an auffällige Besonderheiten vorgenommen, die speziell für die Besonderheiten in dieser Studie gelten. Hervorgehoben wurden vor allem die Form der Nester, der Ort, an dem sie gebaut wurden, und Elemente, die sie umgeben. Die Nester wurden wie folgt identifiziert:

- a) Offenes oder freiliegendes Nest.
- b) Nest in Guano gegraben.
- c) In den Boden gegrabenes Nest.
- d) Felsenest.
- e) Von Felsen bedeckte Vertiefung oder Höhle.
- f) Durch Felsen geschützte Vertiefung oder Mulde.
- g) Mit Holz bedecktes Nest.

Im Folgenden wird jeder Nesttyp kurz beschrieben:

- a) Offenes oder freiliegendes Nest

Diese Art von Nestern ist eines der häufigsten in der Kolonie. Sie werden in kleinen Spalten oder Vertiefungen angelegt, die keine Deckung bieten.

- b) In Guano gegrabene Höhlen

Es handelt sich um Nester, die in Form eines Lochs in das Guano-Substrat gegraben werden.

- c) In den Boden gegrabene Nester

Es handelt sich um Nester, die in Form eines Loches in das Guano-Substrat gegraben werden.

- d) Felsenest

Es handelt sich um Nester mit felsigem Untergrund. Diese Nester werden in den Spalten zwischen Felsen gebildet, sie haben keine regelmäßige Form, da sie durch Winderosion entstanden sind.

- e) Von Felsen bedeckte Vertiefung oder Höhle

Es handelt sich um Nester, die in felsigen Öffnungen oder Höhlen angelegt werden, die von der Oberseite her Deckung bieten.

- f) Durch Felsen geschützte Vertiefung oder Höhlen

Es handelt sich um Nester, (die in Öffnungen oder Höhlen in der Nähe von Felsen entstehen) (in felsigen Öffnungen oder Höhlen), die an den Seiten Deckung bieten.

- g) fehlt

Tabelle 1. Arten und Anzahl der Nester in der Kolonie auf der Isla Ballestas Centro

Test-Typ	Anz. Nester
offenes oder freiliegendes Nest	17
in Guano gegrabenes Nest	1
in den Boden gegrabenes Nest	4
Felsenest	11
felsbedeckte Vertiefung oder Höhle	16
felsgeschützte Vertiefung oder Mulde (Seiten)	18
Total	67

(Das Balkendiagramm von Abbildung 1 (Gráfico 1) wurden aus technischen Gründen nicht in die deutsche Fassung übernommen. Das Diagramm enthält dieselbe Information wie Tabelle 1.)

5.2 Charakterisierung der Subkolonien

5.2.1 Unterkolonie X

Die Unterkolonie X befindet sich geographisch auf 349014.72 und 8480926.06 in einer Höhe von 27 m über dem Meeresspiegel und umfasst ungefähr 70 Quadratmeter.

Die Kolonie befindet sich auf einem der höchstgelegenen Teile der Insel, das Gebiet ist durch einen steilen felsigen Abhang mit zerklüfteter Oberfläche aus Erde, Felsen und Guano charakterisiert. Seine Formgebung ermöglicht bessere Belüftung, höhere Luftfeuchtigkeit und zu bestimmten Tageszeiten auch Schatten und bietet so den Pinguinen gute Bedingungen für den Bau ihrer Nester.

In dieser Unterkolonie gibt es 46 Nester, von denen Oberflächennester am häufigsten sind (13). Einen hohen Prozentsatz machen aber auch Nester aus, die von Felsen bedeckt oder geschützt sind. (Foto 1)

Foto 2 - Unterkolonie X

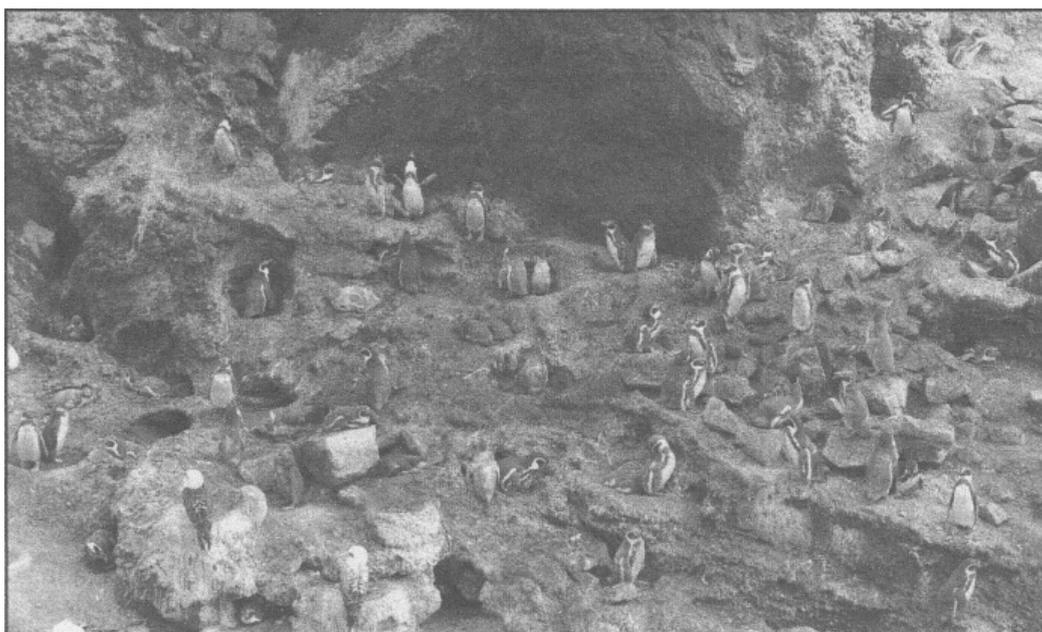


Tabelle 2. Typen und Anzahl der Nester in Unterkolonie X auf der Insel Ballestas Centro

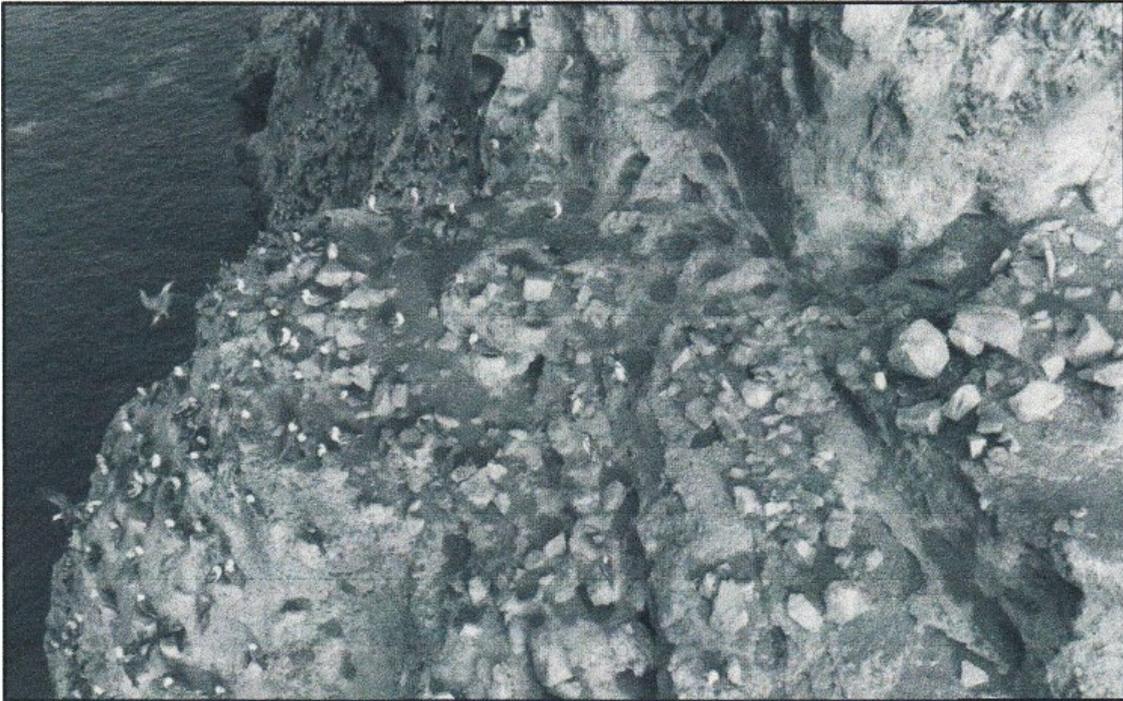
Nesttypen Unterkolonie X	Anz. Nester
offenes oder freiliegendes Nest	13
in Guano gegrabenes Nest	1
in den Boden gegrabenes Nest	4
Felsenest	7
felsbedeckte Vertiefung oder Höhle (Dach)	10
felsgeschützte Vertiefung oder Mulde (Seiten)	11
TOTAL	46

(Das Balkendiagramm von Abbildung 2 (Gráfico 2) wurden aus technischen Gründen nicht in die deutsche Fassung übernommen. Das Diagramm enthält dieselbe Information wie Tabelle 2.)

Die Studie erfasste die beiden Fortpflanzungszyklen März-Juli und August-Dezember. Im Folgenden werden die beiden Zyklen näher erläutert:

- Am Ende der Mauser, am 27. Februar, beobachteten wir die Ankunft der ersten Paare (5 Individuen) in der Unterkolonie X und die Auswahl der Nester (Foto 3).
- Bis zum 27. März konnten 32 Nester identifiziert werden, eine Anzahl, die auch im April gleich blieb.
- Im Mai stieg die Zahl der Nester auf 37, die Anzahl wurde im Juni beibehalten.
- Im August sind viele leere Nester zu beobachten, in dieser Zeit halten sich Adulte und Jungvögel auf der Spitze der zentralen Ballestas-Insel auf.
- In der zweiten Augustwoche wurden neue Paare beobachtet, die 5 Nester besetzten.
- Ende August wurden 14 weitere Nester registriert, womit sich die Gesamtzahl der Nester auf 19 erhöhte.
- Im September kamen 8 weitere Nester hinzu, so dass in dieser neuen Brutzeit insgesamt 27 besetzte Nester zu verzeichnen sind.
- Am 26. November nahm die Zahl der genutzten Nester ab, was darauf hinweist, dass Jungvögel und Eltern **die** Nester verlassen haben.
- Es wurden nur 6 besetzte Nester und 4 Elterntiere mit vereinzelt Jungvögeln beobachtet.
- Im November wurden Küken beobachtet, die ihr Gefieder noch nicht gewechselt hatten. Sie verließen ihr Nest und zogen in den oberen Teil der Insel.
- In den ersten Dezembertagen wurden 3 flügge Jungvögel in ihren Nestern gefunden, am 27. Dezember wurden keine Pinguine in der Kolonie X beobachtet.

Foto 3 - Ankunft der ersten Individuen in der Unterkolonie X



5.2.2 Unterkolonie Z

Unterkolonie Z befindet sich im Nordwesten der zentralen Insel, geographisch zwischen 349014.22 – 8480944.19 auf einer Höhe von 32 m über dem Meeresspiegel und umfasst ungefähr 16 Quadratmeter.

Das Gebiet zeichnet sich dadurch aus, dass es sehr schmal ist und die Nester am Ende der Insel an einem Hang liegen.

Foto 4 - Unterkolonie Z der Humboldt-Pinguine



Diese Unterkolonie hatte im ersten Brutzyklus nur 9 Nester, in denen nur 5 Vögel flügge wurden. Im zweiten Brutzyklus wurde nur 4 Vögel flügge.

Tabelle 3: Nesttypen und Anzahl der Nester in der Kolonie Z auf der Isla Ballesta Centro

Nesttypen Unterkolonie Z	Anz. Nester
offenes oder freiliegendes Nest	1
in Guano gegrabenes Nest	0
in den Boden gegrabenes Nest	0
Felsenest	0
felsbedeckte Vertiefung oder Höhle (Dach)	2
felsgeschützte Vertiefung oder Mulde (Seiten)	6
TOTAL	9

In dieser Kolonie wurden gleichzeitig Nester mit Eiern, Küken und flüggen Jungvögeln beobachtet.

5.2.3 Unterkolonie Y

Die Unterkolonie Y befindet sich geografisch im südlichen Teil der zentralen Insel zwischen 348999.09 - 8480863.23 auf einer Höhe von 30 m über dem Meeresspiegel und umfasst ungefähr 40 Quadratmeter.

Foto 5 - Unterkolonie Y der Humboldt-Pinguine



In dieser Unterkolonie wurden bis zu 12 Nester gefunden. Der Zugang zu den Nestern ist schwierig, da sich auf dem Weg ein geborstener Felsen befindet. Die Form der Erdoberfläche in diesem Gebiet ermöglicht es den Pinguinen jedoch, fast den ganzen Tag über im Schatten zu sein.

Es wurden Nester fast am Rand der Insel beobachtet. Bei diesen Nestern besteht ein hohes Risiko, dass die Küken abstürzen. Es wurden jedoch auch flügge Jungvögel beobachtet, die sich kaum bewegen und immer von einem Elternteil beschützt werden.

Tabelle 4: Arten und Anzahl der Nester in der Kolonie Y auf der Isla Ballesta Centro

Nesttypen Unterkolonie Z	Anz. Nester
offenes oder freiliegendes Nest	3
in Guano gegrabenes Nest	0
in den Boden gegrabenes Nest	0
Felsennest	4
felsbedeckte Vertiefung oder Höhle (Dach)	4
felsgeschützte Vertiefung oder Mulde (Seiten)	1
TOTAL	12

Im ersten Brutzyklus wurden bis zu 12 aktive Nester gefunden, während im zweiten Brutzyklus 6 Nester genutzt wurden.

5.3 Fortpflanzungserfolg

Die Flüge mit der Drohne wurden von 6:35 Uhr bis 14:20 Uhr durchgeführt. Die maximale Dauer betrug 27 Minuten pro Flug. Die maximale Flugzeit pro Flug (pro Tag) betrug 100 Minuten. Dies war dank eines Satzes von vier Batterien möglich. Der kumulierte Aufwand für Beobachtungen belief sich auf 1.050 Stunden. Das ermöglichte es uns, Informationen über Bewertung und Identifizierung von Nestern, Eiablage, Erkennung von geschlüpften Eiern und Anwesenheit von flüggen Jungvögeln pro Brutzeit zu erhalten (siehe Tabelle 5).

Anhand dieser Informationen konnten der Inkubationserfolg (EI) (Schlupferfolg), der Aufzuchterfolg (EC) (erfolgreiche Elternschaft) und der Bruterfolg (EA) (Nesterfolg) als Faktoren bestimmt werden, die auf den Fortpflanzungserfolg dieser Kolonie schließen lassen.

Bei ersteren sind Unterschiede zwischen den Unterkolonien und auch nach Jahreszeit festzustellen.

In der Unterkolonie X ist zu erkennen, dass der Inkubationserfolg (EI) in beiden Brutzeiten hohe und ähnliche Werte aufweist (siehe Tabelle 2). Das zeigt, dass die meisten Eier gelegt wurden und in mehr als 90 % der Nester Küken schlüpfen.

Tabelle 5: Inkubationserfolg (EI) der Unterkolonie X während der beiden Fortpflanzungsperioden

Brutzeit	Unterkolonie	Inkubationserfolg(EI)
1	X	0.935483871
2	X	1

Was den Aufzuchterfolg (EC) dieser Unterkolonie anbelangt, so gibt es Unterschiede zwischen den Fortpflanzungsperioden, wobei alle in der ersten Brutzeit geborenen Individuen das Flüggerwerden erreichten (100 %). In der zweiten Brutzeit erreichte diesen Erfolg jedoch nur 78 %.

Tabelle 6: Bruterfolg der Unterkolonie X während der beiden Fortpflanzungsperioden

Brutzeit	Unterkolonie	Aufzuchterfolg (EC)
1	X	1
2	X	0.782608696

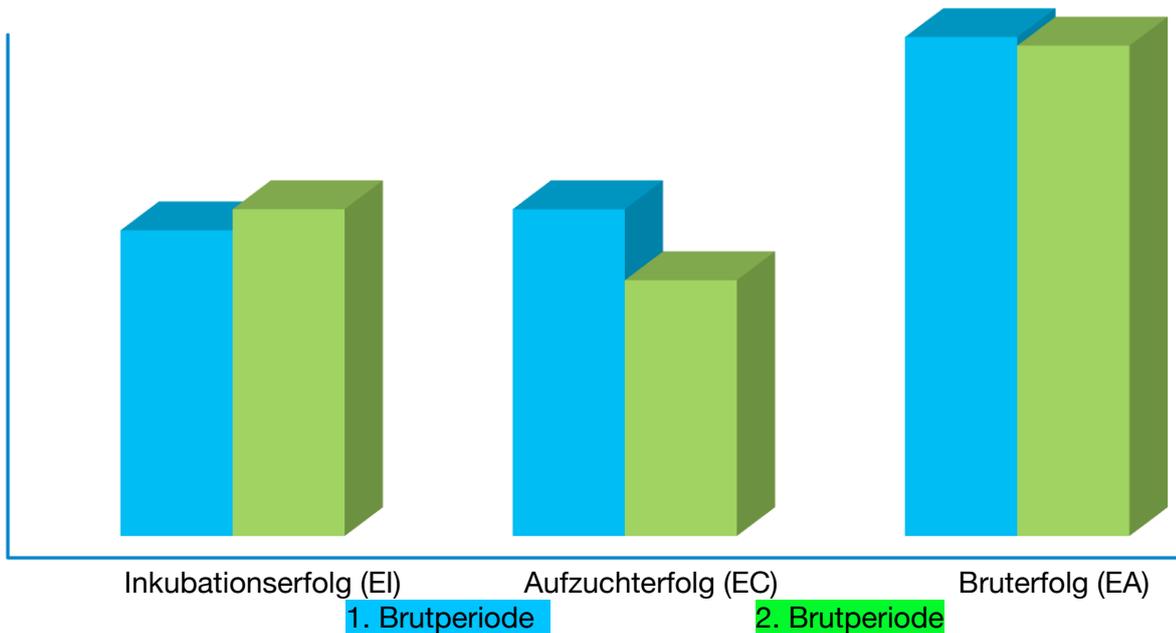
Was den Bruterfolg (EA) dieser Unterkolonie anbelangt, so ist in der ersten und zweiten Brutzeit eine hohe Anzahl an Jungvögeln zu verzeichnen, mit mindestens 1,5 Jungvögel pro Nest. Das steht im Einklang mit den hohen Werten, die für Inkubationserfolg (EI) und Aufzuchterfolg (EC) erreicht wurden.

Tabelle 7 Bruterfolg (EA) der Unterkolonie X während der beiden Brutzeiten.

Brutzeit	Unterkolonie	Bruterfolg (EA)
1	X	1.526315789
2	X	1.5

Vergleicht man die drei Erfolgsraten der Subkolonie X, so ist eine gewisse Ähnlichkeit der erzielten Werte festzustellen. Diese Unterkolonie erreicht die besten Ergebnisse.

Abbildung 3: Erfolge der Unterkolonie X während der beiden Fortpflanzungsperioden



Die Unterkolonie Y weist in beiden Brutzeiten hohe und ähnliche Werte hinsichtlich Inkubationserfolg (EI) auf (siehe Tabelle 8). Es zeigt sich, dass alle Küken geschlüpft sind.

Tabelle 8: Inkubationserfolg (EI) der Unterkolonie Y während der beiden Fortpflanzungsperioden

Brutzeit	Unterkolonie	Inkubationserfolg (EI)
1	Y	1
2	Y	1

Was den Aufzuchterfolg (EC) dieser Unterkolonie betrifft, so gibt es Unterschiede in den Fortpflanzungsperioden, wobei nur ein Achtel der in der ersten Phase geborenen Jungvögel flügge werden. In der zweiten Brutzeit lag die Rate bei 75 %.

Tabelle 9: Aufzuchterfolg (EC) der Unterkolonie Y während der beiden Fortpflanzungsperioden

Brutzeit	Unterkolonie	Aufzuchterfolg (EC)
1	Y	0.125
2	Y	0.75

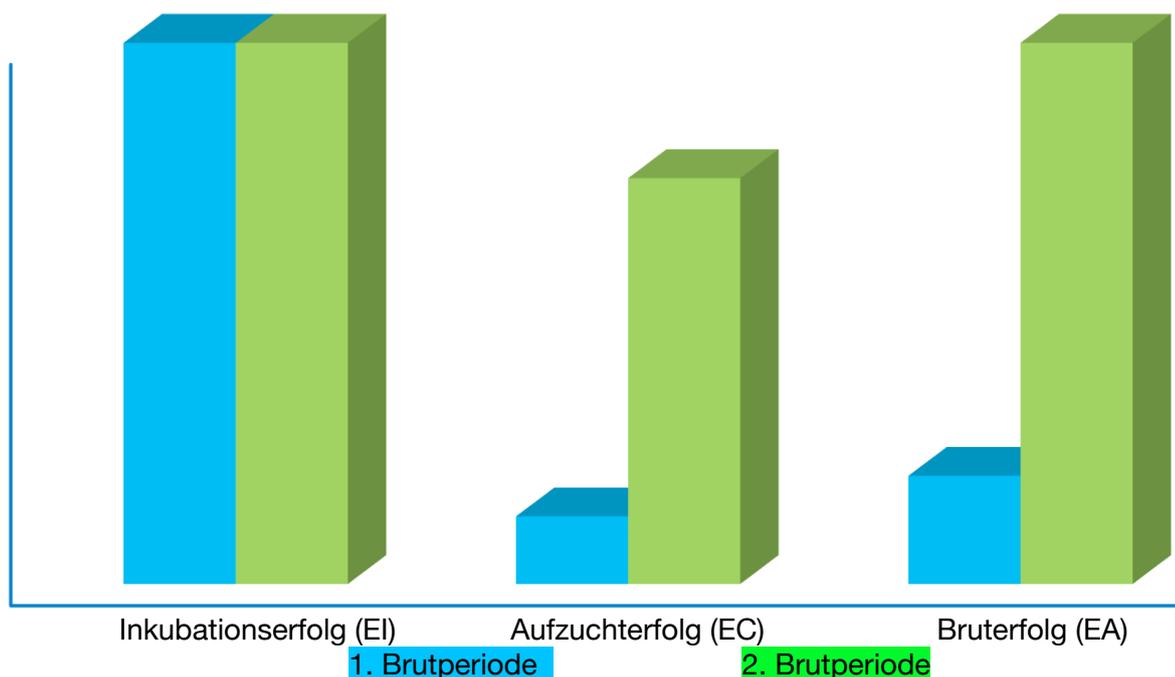
Was den Bruterfolg (EA) dieser Unterkolonie anbelangt, so waren in der ersten Brutzeit nur wenige Jungvögel vorhanden, was mit dem geringen Aufzuchterfolg (EC) zusammenhängt, der nur 20 % betrug, d.h. es war nur ein Fünftel der Jungvögel in den Nestern. In der zweiten Brutsaison wurde jedoch ein Bruterfolg von 100 % erreicht, d.h. es wurde mindestens ein Jungvogel pro Nest geboren. Dies steht im Einklang mit den hohen Werten, die für den Inkubationserfolg (EI) und den Aufzuchterfolg (EC) erzielt wurden.

Tabelle 10 Bruterfolg (EA) der Unterkolonie Y während der beiden Brutzeiten.

Brutzeit	Unterkolonie	Bruterfolg (EA)
1	Y	0.2
2	Y	1

Vergleicht man die drei Erfolgsraten der Subkolonie Y, so gibt es bemerkenswerte Unterschiede zwischen den beiden Brutzeiten, sowohl beim Brüten als auch beim Nisten. In der ersten Brutzeit überlebten die meisten der frisch geschlüpften Küken nicht oder wurden nicht flügge.

Abbildung 4: Erfolge der Unterkolonie Y in den beiden Fortpflanzungsperioden



In der Unterkolonie Z ist zu erkennen, dass der Inkubationserfolg (EI) in der ersten Brutzeit relativ hoch ist und 78 % der Küken schlüpfen. Hinsichtlich der zweiten Brutzeit ist festzustellen, dass der Inkubationserfolg nur etwas mehr als ein Viertel beträgt.

Tabelle 11: Inkubationserfolg (EI) der Unterkolonie Z während der beiden Fortpflanzungsperioden

Brutzeit	Unterkolonie	Inkubationserfolg (EI)
1	Z	0.785714286
2	Z	0.285714286

Was den Aufzuchterfolg (EC) dieser Unterkolonie anbelangt, so wurden in beiden Brutzeiten niedrige Werte erreicht. In der ersten Brutzeit wurden nur ein Drittel der geschlüpften Küken flügge. In der zweiten Brutzeit wurde kein einziger Vogel flügge.

Tabelle 12: Bruterfolg der Unterkolonie Z während der beiden Brutzeiten.

Brutzeit	Unterkolonie	Aufzuchterfolg (EC)
1	Z	0.363636364
2	Z	0

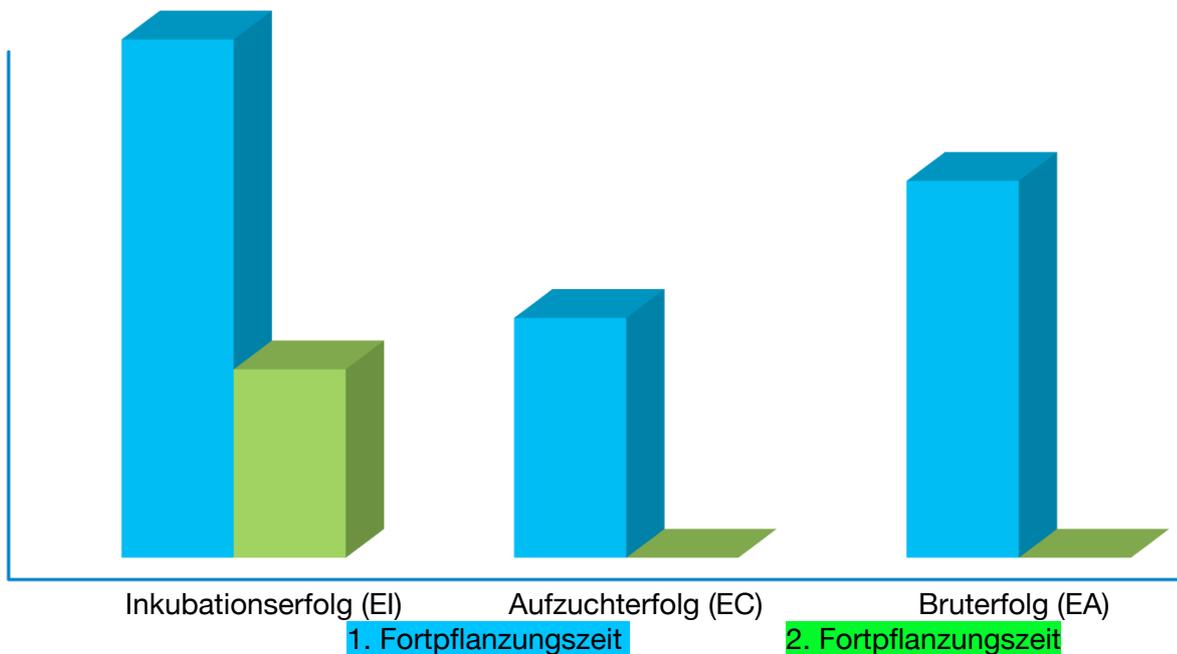
Was den Bruterfolg (EA) dieser Unterkolonie anbelangt, so waren in der ersten Brutzeit durchschnittlich viele Jungvögel in den Nestern, was mit dem geringen Aufzuchterfolg zusammenhängt. In der zweiten Brutzeit waren in dieser Unterkolonie keine Jungvögel in den Nestern, was mit den erzielten Werten für den Inkubationserfolg und den Aufzuchterfolg übereinstimmt.

Tabelle 13: Bruterfolg der Unterkolonie Z in den beiden Brutsaisons.

Brutzeit	Unterkolonie	Bruterfolg (EA)
1	Z	0.571428571
2	Z	0

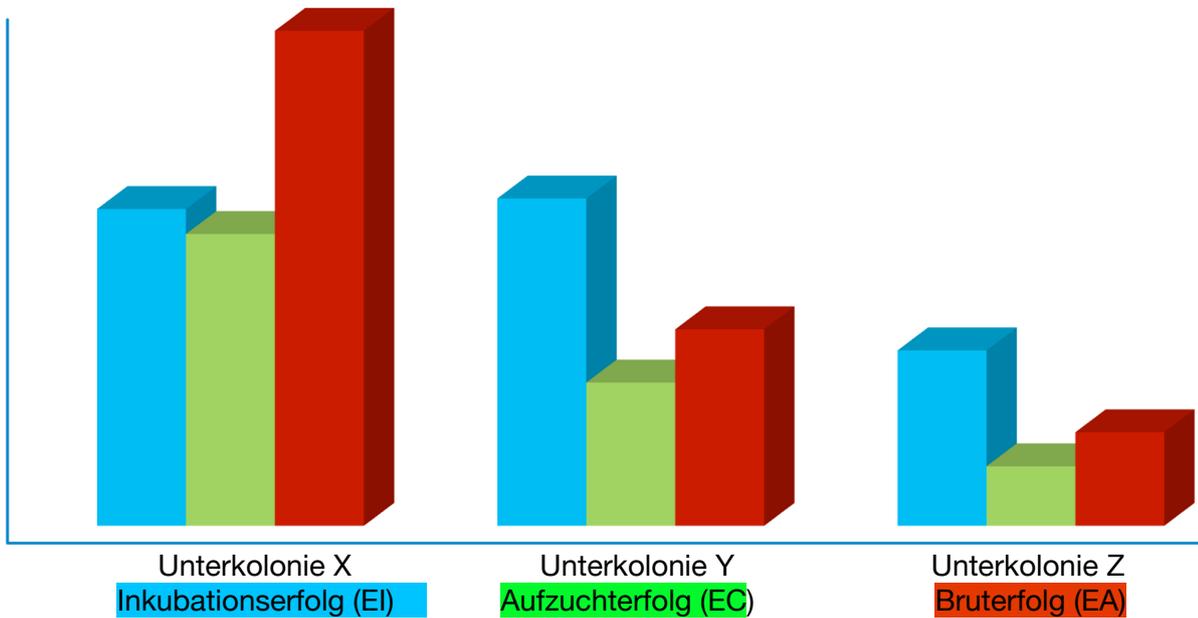
Anhand der aus den drei Erfolgskriterien für die Unterkolonie Z gewonnenen Informationen lässt sich feststellen, dass zwischen den beiden Brutzeiten deutliche Unterschiede bestehen. In der zweiten Saison überlebten die meisten der frisch geschlüpften Küken nicht oder wurden nicht flügge.

Schaubild 3: Erfolgsindikatoren für Unterkolonie Z während der beiden Fortpflanzungsperioden



Die Indikatoren für den Reproduktionserfolg (Abbildung 4) zeigen einen positiven Trend für die Unterkolonie X, mit einer hohen Anzahl von Jungvögeln und Nestbesetzungen. Die Analyse der Unterkolonien X und Y zeigt, dass sie ähnliche Werte für den Inkubationserfolg aufweisen. Der Aufzuchterfolg bleibt jedoch in der Unterkolonie X hoch, während er in der Kolonie Y nur etwas weniger als die Hälfte erreicht. Die Unterkolonie Z weist die niedrigsten Werte für den Inkubations-, Aufzucht- und Bruterfolg auf.

Abbildung 4: Indikatoren für den Fortpflanzungserfolg nach Unterkolonien

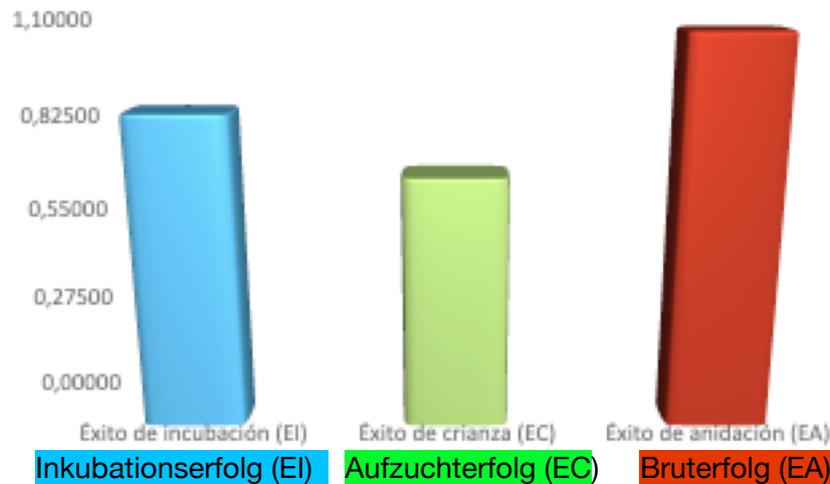


Im Allgemeinen zeigen die Indikatoren zur Messung des Fortpflanzungserfolgs der Humboldt-Pinguin-Kolonie auf den Ballestas-Inseln, die während eines Jahres ermittelt wurden, dass die Fortpflanzung zu einer beträchtlichen Anzahl von Jungvögeln führt. Das deutet darauf hin, dass bei Beibehaltung dieser Fortpflanzungsrate, eine Lebensfähigkeit erreicht werden könnte, die die Zukunft dieser Kolonie sichert. Wie McGill et al. (2021) jedoch betonen, ist notwendig, diese Art von Studien über mittel- und langfristige Zeiträume durchzuführen, um die gesammelten Informationen vergleichen zu können, da es externe Faktoren wie anthropogene Aktivitäten oder natürliche Phänomene wie das El Niño / Southern Oscillation - Phänomen, kurz ENSO geben kann, die die Situation der Kolonien im Land verändern. Beide Faktoren stellen eine Bedrohung dar, die es erforderlich macht, diese Art von Studie kontinuierlich durchzuführen, um die Auswirkungen externen Faktoren zu bewerten.

Tabelle 11: Indikatoren für den Reproduktionserfolg der Kolonie während der beiden Brutsaisons

Inkubationserfolg (EI)	Aufzuchterfolg (EC)	Bruterfolg (EA)
0.88506	0.71429	1.10000

Abbildung 5: Indikatoren für den Fortpflanzungserfolg der Kolonie auf den Ballestas-Inseln



Diese Studie hat auch gezeigt, dass die Drohne ein wirksames Instrument ist, das nicht nur die Erfassung von Überwachungs- oder Populationsdaten ermöglicht, sondern auch Daten über den biologischen Zyklus des Humboldt-Pinguins. Das hat eine detaillierte Analyse ermöglicht, die durch eine gute Schreibtischarbeit ergänzt wurde. Zwar haben Drohnen einige Beschränkungen wie z.B. die Nutzungsdauer (Batterieautonomie), die zu einem hohen Aufwand bei den Beobachtungen führen. Es ist jedoch möglich, die Arbeit mit diesem Gerät durch die Anschaffung zusätzlicher Batterien oder anderer Drohnen zu verbessern.

5.4 Identifizierung von Bedrohungen für die Kolonie der Humboldt-Pinguine auf den Ballestas-Inseln

Die potenziellen Auswirkungen anthropogener Aktivitäten in dem Gebiet, vor allem im Zusammenhang mit Tourismus und Fischerei, wurden analysiert. Die Informationen wurden durch direkte Beobachtung erhoben.

Was den Tourismus betrifft, so wurde vor allem an Feiertagen und langen Wochenenden ein großer Strom von Booten beobachtet, der an den empfindlichsten Beobachtungspunkten für wild lebende Tiere, wie Seelöwen, Pinguine und Guano-Vögel, zu Staus führte. Es wurde beobachtet, dass sich mindestens 32% der Boote bis auf etwa 5 Meter den Bereichen mit Seelöwen, Pinguinen und anderer Meeres- und Küstenfauna genähert haben, um ihren Besuchern eine bessere Sicht zu verschaffen. Dabei haben die Boote ihre Besatzungen durch den Wellengang gefährdet.

Es konnte festgestellt werden, dass die Pinguine, obwohl sie an ständigen Touristenstrom gewöhnt sind, auf die Anwesenheit der Boote reagieren, wenn diese ihnen zu nahe kommen oder zu viel Lärm verursachen. Sie entfernen sich oder tauchen ins Wasser. Das stellt ein Risiko dar, wenn dies während der Mauserzeit geschieht, da die Pinguine, um Abstand zu halten, ins Wasser tauchen können, obwohl sie den Wechsel des Gefieders nicht abgeschlossen haben.

Die Brutkolonien selbst befinden sich jedoch weit entfernt in großer Höhe. Deshalb stören oder gefährden touristische Aktivitäten das Brutverhalten nicht. Dies könnte einer der Gründe sein, warum die Pinguine diesen Ort zum Brüten gewählt haben, obwohl aufgrund der Höhe und der Enge des Gebietes die Gefahr besteht, dass Küken abstürzen können.

Nach Angaben der Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras nistete die Pinguinkolonie bis 2010 auf der nördlichen Ballestas-Insel, allerdings mit einer geringeren Anzahl von Pinguinen. Der Grund für die Aufgabe dieses Gebiets ist unbekannt.

Bezüglich der Fischerei wurden einige Bedrohungen festgestellt. Die Fischer legten ihre Netze in der Nähe der Inseln aus. Das ist verboten, weil Netze und Fanggeräte Auswirkungen auf die Fauna der Meeresküste haben könnte.

5.5 Aufbau von Kapazitäten, Bildung und Sensibilisierung der Bevölkerung

Die Studenten der Tourismusverwaltung am „Instituto Superior Tecnológico Público“ (öffentliche technische Hochschule) von Pisco wurden über den Verlauf der Studie und die Bedeutung einer korrekten Information der Besucher sowie über die Leitlinien eines verantwortungsvollen Tourismus informiert, eines Tourismus der Meeresküstenarten nicht beeinträchtigt.

Außerdem wurde die Infografik "Ballestas, ein Zuhause für den Humboldt-Pinguin" gedruckt und an verschiedene Reiseveranstalter und Institutionen verteilt.



6. Schlussfolgerungen

6.1 Die Kolonie der Humboldt-Pinguine auf den Ballestas-Inseln besteht aus folgenden Bereichen:

1. Unterkolonie X mit 106 Individuen und 46 Nestern;
2. Unterkolonie Z mit 35 Individuen und 9 Nestern und
3. Unterkolonie Y mit 45 Pinguinen und 12 Nestern.

6.2 Unterkolonie X ist die größte auf den Ballestas-Inseln und weist den höchsten Reproduktionserfolg auf. Das hängt möglicherweise mit den besseren Platzverhältnissen und Eigenschaften des Gebietes sowie den besseren Nistplätzen im Vergleich zu Kolonie Y und Kolonie Z zusammenhängt.

6.3 Die durch Felswände geschützten Nesttypen der drei Unterkolonien boten den Jungvögeln in beiden Brutzyklen offenbar besseren Schutz.

6.4 Es wurde festgestellt, dass 30 % der Nester, die von Pinguinen nach der Brutzeit verlassen wurden, von Guanotölpeln (auch Peruanischer Tölpel) (*Sula variegata*) genutzt wurden.

6.5 Aggressives Verhalten von Guanotölpeln gegenüber Küken und Adulttieren der Humboldtpinguine wurde beobachtet, offenbar wegen der Konkurrenz um Nester.

6.6 Hinsichtlich der touristischen Aktivitäten wurde festgestellt, dass die Pinguine in der Brutzeit nicht direkt betroffen sind, da sie hoch im Zentrum der Insel nisten. In der Mauserzeit sammeln sie sich jedoch in den unteren Bereichen und warten darauf, ihr Gefieder zu wechseln. Dabei laufen sie Gefahr, bei Stress ins Wasser zu springen, ohne darauf vorbereitet zu sein.

7. Empfehlungen

7.1 Fortsetzung der Untersuchung des Fortpflanzungserfolges während "El Niño / Southern Oscillation", kurz ENSO.

7.2 Erhöhung des Beobachtungsaufwands mit der Drohne auf dem Höhepunkt der Brutsaison.

7.3 Ausweitung der Untersuchung des Bruterfolgs auf anderen Brutgebieten.

7.4 Fortsetzung der Zusammenarbeit mit verschiedenen Regierungseinrichtungen, um über die aktuelle Situation des Pinguins und die Bedeutung des Schutzes von Brutgebieten zu informieren.

Literatur

- Amaro Giraldo, Lady. (2012). Aspectos reproductivos del “Pingüino de Humboldt” *Spheniscus Humboldti* Meyen, 1834 (Spheniscidae: Sphenisciformes) en la Isla Pachacamac, Perú – 2010. 10.13140/RG.2.2.27761.92002.
- Castro N. 2005. Variación temporal del éxito reproductivo del Pingüino de Humboldt *Spheniscus humboldti* (Meyen, 1834) en Punta San Juan, Marcona Perú (2000-2003). Tesis para optar el Título de Bióloga. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Celis, J., Espejo, W., González-Acuña, D., Jara, S. & Barra, R. (2014). Assessment of trace metals and porphyrins in excreta of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in different locations of the northern coast of Chile. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186: 1815-1824.
- Clutton-Brock T.H. (1990). *Reproductive Success: Studies of individual variation in contrasting breeding systems*. University of Chicago Press. pp 251.
- Hodgson J.C, Mott, R., Baylis, S.M., Pham, T.T., Wotherspoon, S., Kilpatrick, A.D., Raja Segaran, R., Reid, I., Terauds, A. y Koh, L.P. (2018). Drones count wildlife more accurately and precisely than humans. *Methods in Ecology and Evolution* 9, 1160–1167. doi: 10.1111/2041-210X.12974
- Lewison, R., Oro, D., Godley, B.J., Underhill, L., Bearhop, S., Wilson, R.P. y Yorio, P.M. (2012). Research priorities for seabirds: improving conservation and management in the 21st century. *Endangered Species Research*, 17 (2), 93-121. <http://dx.doi.org/10.3354/esr00419>
- McGill, P., J. Reyes, A. Baker, R. Lacy, R. Paredes, J. Rodríguez, A. Tieber, R. Wallace, (Eds.) (2021). Pingüino de Humboldt (*Spheniscus humboldti*). Taller de Evaluación de Viabilidad de Población y Hábitat. Informe Final. UICN SSC Grupo de Especialistas en Planificación de la Conservación, Apple Valley, MN, USA.
- Sepúlveda, M., Santos, M., Veas, R., Muñoz, L., Olea, D., Moraga, R. y Sielfeld, W. (2015). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* Vol. 50, N°2: 205-220. doi: 10.4067/S0718-19572015000300001
- SERNANP. (2012). Plan de Sitio de Área Turística de las Islas Ballestas. Reserva Nacional Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras. Lima. 47 p.
- Simeone, A.; Aguilar, R.; Luna, G. (2018). *Informe final Proyecto FIPA N°2016-33: “Censo de Pingüinos de Humboldt”*. 62 pp.
- Sweeney, K., Helker, V., Perryman, W., LeRoi, D., Fritz, L., Gelatt, T. y Angliss, R. (2016). Flying beneath the clouds at the edge of the world: using a hexacopter to supplement abundance surveys of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in Alaska. *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 4:70–81
- Tovar-Sánchez, A., Román, A., Roque-Atienza, D., & Navarro, G. (2021). Applications of unmanned aerial vehicles in Antarctic environmental research. *Scientific Reports*, 11.

Fotos

Die Fotos im Abschlussbericht wurden aus technischen Gründen nicht in die deutsche Fassung übernommen. Es wird auf die Seiten 32 bis 43 des spanischen Originals und die Internetseite von Sphenisco e.V. verwiesen.

Übersetzung

Die deutsche Fassung wurde von Werner Knauf mit dem Übersetzungsprogramm deepL erstellt sowie von Francisco Ruiz geprüft und soweit erforderlich korrigiert.