



## **Bachelorarbeit**

Zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science (B.Sc.)

Im Studiengang

**Naturschutz und Landnutzungsplanung**

**Aktuelle Aspekte zur Verbreitung, Lebensweise und Gefährdung  
des Humboldtpinguins (*Spheniscus humboldti*)  
zur Anwendung in der Zoopädagogik**

Vorgelegt von: Susan Kittendorf

Erstbetreuer: Prof. Dr. rer. nat. habil. Robert Sommer

Zweitbetreuer: Paul Lamkowski M. Sc.

Tag der Einreichung: 23. März 2023

### **Gendererklärung**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit, wird in dieser Arbeit vorrangig die maskuline Schreib- und Sprachform angewandt. Dies soll unabhängig vom Geschlecht verstanden werden.

### **Eidesstattliche Erklärung**

Ich, Susan Kittendorf, erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelor-Arbeit mit dem Thema „Aktuelle Aspekte zur Verbreitung, Lebensweise und Gefährdung des Humboldtpinguins (*Spheniscus humboldti*) zur Anwendung in der Zoopädagogik“ selbständig und ohne Benutzung anderer als angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher und ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

## Zusammenfassung

Humboldtpinguine (*Spheniscus humboldti*) gehören zusammen mit den Magellan- (*S. magellanicus*), Brillen- (*S. demersus*) und Galápagospinguinen (*S. mendiculus*) zu der *Spheniscus*-Gattung. Das Verbreitungsgebiet des Humboldtpinguins erstreckt sich von Peru bis nach Südchile, entlang des Humboldtstroms. Dieser nährstoffreiche Meeresstrom bietet eine ideale Nahrungsgrundlage für zahlreiche marine Organismen und somit auch für den Humboldtpinguin.

Humboldtpinguine fungieren über ihr Verbreitungsgebiet hinaus als wichtige Bioindikatoren für verschiedenste Umweltbelastungen. Anthropogene Eingriffe in den Lebensraum des Humboldtpinguins, wie die industrielle Fischerei, die globale Erwärmung und El-Nino-Ereignisse führen zu einer stetigen Fluktuation in der Populationsdynamik. Die Art gilt als gefährdet, wodurch sich Organisationen seit jeher für den Schutz und Erhalt der Humboldtpinguine sowie ihrem Lebensraum einsetzen.

Es gilt den Auswirkungen der globalen Umweltbelastungen auf den Lebensraum des Humboldtpinguins mit geeigneten Schutzmaßnahmen zu entgegnen. Meeresschutzzonen sowie Sperrzonen müssen ausgebaut und Renaturierungsarbeiten des terrestrischen Lebensraums des Humboldtpinguins sowie In-situ Zuchten sollten weiterhin gefördert werden. Grundlage dafür ist die Förderung sowie Unterstützung der Wissenschaft und Forschung. Nur so können komplexe Zusammenhänge verstanden und bereits bestehende Schutzbemühungen ausgebaut sowie mögliche Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen geschaffen werden.

Wichtiger Bestandteil für den Arterhalt ist die Sensibilisierung für solch spezifischen Themen mittels Aufklärungsarbeit. Workshops für und mit Lehrkräften können dazu beitragen, dass wichtige Grundsätze bezüglich des Artenschutzes und weiterer Themen frühzeitig an Kindern herangetragen werden.

Demnach stellt die Zoopädagogik ein weiteres essenzielles Instrument zum Erreichen der genannten Ziele dar. Didaktische Lernmethoden ermöglichen dem Besucher eines zoologischen Gartens spezifische Themengebiete, wie bspw. Artenschutz und die komplexen ökologischen Zusammenhänge, nachzuvollziehen. Außerschulischer Unterricht bietet Kindern zudem die Möglichkeit auf spielerische Weise die Lernmotivation zu steigern.

Diese Arbeit zeigt Aspekte über Lebensweise, Verbreitung und Gefährdungen des Humboldtpinguins auf. Ein darauf aufbauendes Arbeitsheft dient dabei als

zoopädagogisches Hilfsmittel und soll dabei niedrigschwellig, zielgruppenspezifisch und kompakt Wissen vermitteln und die Empathie gegenüber Artenschutz und -kenntnis fördern.

### **Abstract**

Humboldt penguins are important bioindicators of environmental impacts. Anthropogenic disturbance, for instance: industrial fishing, global warming and El-Nino events, lead to heavy fluctuation in the rate of population growth. This species is listed as "vulnerable" of the Red List of International Union for Conservation of Nature.

Various organizations are committed to the protection and preserve their habitat. It is important to develop and implement suitable protection measures. For example: marine protection areas must be expanded and in-situ programs should continue to be considered. The scientific and technological research are an essential part of this.

Zoos try to save Humboldt penguins by captive breedings. Ex-situ breedings are part of the "Europäisches Erhaltungszuchtprogramm". Furthermore zoo education promotes public education and also conservations of the biodiversity by mediating of informations about species and their natural habitat. This bachelor thesis contains a small workbook to providing the zoo education.

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
1 Einleitung.....	9
1.1 Systematik der Pinguine.....	10
1.2 Evolutionäre Entwicklung der Pinguine.....	10
1.3 Zielstellung der Arbeit.....	12
2 Methodik.....	12
3 Exkurs in die Zoopädagogik.....	14
3.1 Was ist Zoopädagogik?.....	14
3.2 Ziele und Aufgaben der Zoopädagogik.....	14
3.3 Wie werden Humboldtpinguine gehalten?.....	15
3.4 Methoden der Zoopädagogik.....	17
3.5 Warum Humboldtpinguine in der Zoopädagogik?.....	18
4 Aspekte über den Humboldtpinguin.....	19
4.1 Adaption.....	19
4.1.1 Körperbau.....	19
4.1.2 Herz- und Blutkreislauf.....	20
4.1.3 Lunge.....	21
4.1.4 Thermoregulation.....	22
4.1.5 Augen.....	24
4.1.6 Salzdrüse.....	24
4.2 Nahrungspräferenzen und Jagdstrategie.....	25
4.2.1 Jagd.....	25
4.2.2 Nahrungspräferenzen.....	26
4.3 Verbreitung.....	27
4.4 Lebensweise.....	28
4.4.1 Mauser.....	28
4.4.2 Brut.....	29
4.5 Gefahren.....	33
4.5.1 Natürliche und invasive Prädatoren.....	33
4.5.2 Aspergillose.....	34
4.5.3 Anthropogene Nutzung an Land und Meer.....	35
4.5.4 Klima-Phänomen El-Nino.....	38
4.5.5 Globale Erwärmung.....	41

4.5.6	<i>Umweltbelastungen</i> .....	42
4.6	Schutz .....	45
4.6.1	<i>Europäische Erhaltungszuchtprogramme – Artenschutz im Zoo</i> .....	46
4.6.2	<i>Spehnisco e. V.</i> .....	47
4.6.3	<i>Schutzgebiete</i> .....	48
5	Diskussion .....	50
5.1	Gefahren und Schutz .....	50
5.2	Zoopädagogik .....	54
	Fazit und Ausblick .....	57
	Literaturverzeichnis .....	60
	Anhang – Zoopädagogik .....	73

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 1: „Möglichkeiten der Belehrung im Zoo: während formales Lernen nicht ausreichende genutzt wird, kann über das informelle Lernen zu vertiefter Beschäftigung mit den Tieren bzw. der Natur angeregt werden.“ .....	17
Abbildung 2: Interaktive Beschilderung im Frankfurter Zoo in Bezug auf die Gefahren. Informationstafel im Rostocker Zoo. ....	17
Abbildung 3: Anatomische Skizze des Humboldtpinguins mit Merkmalen wie: Salzdrüse, Schulterblatt und Gabelbein, Arm, Brustkorb, Kniescheibe. ....	20
Abbildung 4: Das System der Luftsäcke eines Humboldtpinguins ist im Vergleich zu einem flugfähigen Vogel zurückgebildet.....	21
Abbildung 5: Die feinverästelten Federteile der sogenannten Konturfeder sind mit kleinen Widerhaken ausgestattet.....	23
Abbildung 6: Sichtfeld Humboldtpinguin.....	24
Abbildung 7: Die Verbreitungsgebiete der Gattung <i>Spheniscus</i> . Überschneidung der Verbreitungsgebiete von Humboldt- und Magellanpinguine im Süden von Chile: Koexistierende Brutkolonien sind auf Pinguino Islaet, Punihuil sowie Metalqui Island zu finden. ....	27
Abbildung 8: Brutplatz eines Humboldtpinguins in einem Steilhang. ....	29
Abbildung 9: Unterschiedliche Stimmlagen der verschiedenen Humboldtpinguin-Individuen .....	30
Abbildung 10: Geschlüpftes Humboldtpinguinküken. In den ersten Wochen ihrer Lebenszeit werden die Küken von ihren Eltern beschützt.....	31
Abbildung 11: Die Punkte stellen die Fangareale dar: Kiemennetze, Schleppnetze, Langleinen, Ringwadennetze. ....	36
Abbildung 12: Diese Darstellung veranschaulicht hierbei den durchschnittlichen Radius während des Nahrungserwerbs auf der Insel Tilgo. . ....	38
Abbildung 13: Meeresströmungen tragen das Plastik zusammen, sodass riesige „Müllinseln“ entstehen. ....	43
Abbildung 14: Humboldtpinguin ausgestattet mit Fahrtenschreiber.....	48
Abbildung 15: Geografische Darstellung des unter Schutz gestellten Humboldt-Archipel. Die Fläche beträgt etwa 3.423 km <sup>2</sup> .....	49

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Archaeopteryx als wichtiges Bindeglied – Auflistung der Vergleichsmerkmale. ....	11
Tabelle 2: Systematische Wirtliste. Begriffe auch in Englisch.....	13
Tabelle 3: Auflistung der Nahrungspräferenzen. ....	26
Tabelle 4: Auflistung der Prädatoren. ....	33

### Abkürzungsverzeichnis

<b>ENSO</b>	El-Nino Southern Oscillation
<b>km/ h</b>	Kilometer pro Stunde
<b>cm</b>	Zentimeter
<b>m</b>	Meter
<b>t</b>	Tonne
<b>g</b>	Gramm
<b>EEP</b>	Europäisches Erhaltungszuchtprogramm
<b>IUCN</b>	International Union for Conservation of Nature
<b>WZANS</b>	Welt-Zoo und Aquarium-Naturschutzstrategie

### Glossar

<b>amphicoel</b>	Wirbelknochen die beidseitig konkav („hohl“) sind
<b>Dimethylsulfid</b>	schwefelartige organische Verbindung
<b>Divergenz</b>	evolutionäre Auseinanderentwicklung
<b>Körperperipherie</b>	Körperteile die weg vom Körperzentrum liegen z. B. die Gliedmaßen
<b>olfaktorisch</b>	Geruchsstoffe die über den Geruchssinn wahrgenommen werden
<b>photopisch</b>	„Tagsehen“
<b>pneumatisch</b>	mit Luft gefüllt
<b>prokinetisch</b>	Beugungslinie vor der Augenregion zwischen Frontale und Präfrontale
<b>Pectoralis, Subpracoracoideus</b>	große und kleine Brustmuskel
<b>Pyrimethamin und Sulfadiazin</b>	antiparasitäre und bakteriostatische Arzneistoffe
<b>subkutanes Fettgewebe</b>	Fettgewebe direkt unter der Haut
<b>Symphyse</b>	Verbindung zweier Knochen durch Faserknorpel
<b>vasomotorisch</b>	Anpassung der Durchblutung eines Gewebes



# 1 EINLEITUNG

---

Vor den chilenischen und peruanischen Küsten kommt eines der nährstoffreichsten Gewässer vor – der Humboldtstrom (VIANNA et al. 2014, S. 154). Entlang des Humboldtstroms hat der Humboldtpinguin sein Vorkommen und lebt in großen Kolonien. Typische morphologische Merkmale des Humboldtpinguins sind: die schwarzen Gefiedertupfen auf dem Bauch, das Hufeisenförmiges Brustband, der kahler Hautfleck um Schnabelbasis (ZEPPEL 2004). Männchen und Weibchen verdeutlichen ein homogenes Erscheinungsbild innerhalb einer Art (MATSCHKEI 2021, S. 595). Im Verlauf der Zeit wurde das Erscheinungsbild der Humboldtpinguine kompakter und es entwickelten sich bestimmte Verhaltensweisen, die das Überleben in extremen klimatischen Gefilden erleichtern.

Laut der „*International Union for Conservation of Nature*“ (IUCN) (2020) wird der Humboldtpinguin als „gefährdet“ eingestuft. Endemische und invasive Prädatoren sowie anthropogene Eingriffe sind Grund für die anhaltenden Fluktuationen der Populationsdynamik. Zu den natürlichen Gefahren zählen z. B. Landsäuger oder Kleinstorganismen wie Parasiten (BUNTING et al. 2009, S. 508). Menschliche Aktivitäten oder Störungen sind bspw. die industrielle Fischerei, der Tourismus sowie der Abbau von Guano.

Der Humboldtpinguin ist ein essenzieller Bioindikator für aktuelle Umweltbelastungen und gibt notwendige Aufschlüsse für Forschung und Wissenschaft (CELIS et al. 2013, S. 1816). Diesbezüglich ist der Artenschutz für jene Art von großer Bedeutung. Aufgrund der immensen Belastungen haben sich Menschen für den Erhalt der Humboldtpinguine eingesetzt. Organisationen und Vereine leisten seit jeher einen Beitrag zum Schutz des Humboldtpinguins und die Erhaltung seines natürlichen Lebensraums. Außerhalb des Verbreitungsraums des Humboldtpinguins, bspw. in Deutschland, haben zoologische Gärten den Auftrag dem Zoobesucher die verschiedenen Aufgabenbereiche: Artenschutz, Erholung, Bildung sowie Forschung, näher zu bringen (ZOO KREFELD 2023). Individuelle Unterschiede der Besucher, wie Alter, Vorwissen oder Wahrnehmungsvermögen müssen bei der Planung der Informationsvermittlung beachtet werden (MEIER 2009, S. 158). Dieser Aufgabe widmet sich die Abteilung der Zoopädagogik, wodurch mit verschiedensten didaktischen Grundkonzepten auf die individuellen Bedürfnisse eingegangen werden kann. Darüber hinaus ist der außerschulische Unterricht ein weiterer essenzieller Standpunkt in der Zoopädagogik. Die Abwechslung zum regulären Schulunterricht bietet die Möglichkeit die Lernmotivation von

Kindern zu fördern. Aufgrund von spielerischen Lernmethoden können die Kinder eine intensivere und emotionale Bindung zu unbekanntem Themen bzgl. des Humboldtpinguins aufbauen. (ZOO KREFELD 2023).

## 1.1 SYSTEMATIK DER PINGUINE

Humboldtpinguine gehören der Klasse der Vögel (*Aves*) an. Die ausschlaggebenden Merkmalskriterien sind die Flugunfähigkeit und das schwarz-weiße Gefieder

Zu den nächstlebenden Verwandten gehören die Röhrennasen (*Procellariiformes*) (PELEGRIN & HOSPITALECHE 2022, S. 1) dieser Ordnung werden Albatrosse, Sturmschwalben und Sturmvögel zugeordnet (HANZAK 1965, S. 41). Trotz des Verwandtenstatus sind die Knochen der Röhrennasen pneumatisch. Die in der nördlichen Hemisphäre vorkommenden Alkenvögel (*Alcidae*) haben sich ähnlich wie die Humboldtpinguine entwickelt und jagen ihre Beute gleichermaßen unter Wasser (GILPIN 2002, S. 10).

Nach CULIK (2002, S. 127) existieren insgesamt 17 Pinguinarten, welche in sechs Gattungen unterschieden werden (siehe Anhang 12). Der Status der Unterarten ist jedoch nicht endgültig geklärt – so wurde nach PÜTZ & REINKE-KUNZE (2009, S. 14) im Jahr 2007 der Felsenpinguin (*Eudyptes chrysocome*, FORSTER 1781) in eine nördliche (*E. c. moseleyi*) und südliche (*E. c. chrysocome*) Art unterteilt. Demnach wird zuteilen von 18 Arten gesprochen. Der Artnamen wird wissenschaftlich durch einen zweiteiligen lateinischen Namen klassifiziert – durch die Zusammensetzung aus Gattungs- und dem eigentlichen Artnamen (SVENSSON, MULLARNEY, & ZETTERSTRÖM, 2011, S. 8).

## 1.2 EVOLUTIONÄRE ENTWICKLUNG DER PINGUINE

Nach PELEGRIN & HOSPITALECHE (2022, S. 2) wird vermutet, dass die Pinguine Ende der Kreidezeit in Neuseeland entstanden sind. Ihre Entwicklung begann somit vor rund 60 Millionen Jahren (COLE et al. 2022, S. 2). Ende des späten Eozäns war diese beendet (COLE et al. 2022, S. 2). Die ersten Pinguinarten lebten somit bereits vor der Entstehung der Drake-Passage, vor rund 49 Millionen Jahren, und der Bildung der antarktischen Eisschilde, vor rund 34 Millionen Jahren (COLE et al., S. 3). Die ersten Pinguine breiteten sich zunächst in ganz Neuseeland aus, bevor sie in Richtung Südamerika und Antarktis abwanderten (PELEGRIN & HOSPITALECHE 2022, S. 1). Die Entstehung des antarktischen Zirkumpolarstroms vor ca. 35 Millionen Jahren (COLE et al. 2022, S. 3, PELEGRIN & HOSPITALECHE 2022, S. 2) und die Intensivierung der Meeresströmung im Laufe der Zeit begünstigte die Ausbreitung und Bildung weiterer Arten. Durch die evolutionäre

Entwicklung spalteten sich somit die Arten weiter voneinander ab, bis zu den heute lebenden Pinguinarten. Die ersten *Spheniscus*-Arten haben sich vor drei bis sechs Millionen Jahren entwickelt (COLE et al. 2022, S. 3). Durch die Entstehung des Humboldtstroms während des mittleren Miozäns breiteten sich die Spheniscus-Arten weiter nördlich von Südamerika aus (PELEGRIN & HOSPITALE 2022, S. 13). Der Humboldtpinguin kolonisierte sich zudem auf den Galápagos-Archipels an und ermöglichte so die Artbildung der Galápagospinguine (*Spheniscus mindiculus*) (PELEGRIN & HOSPITALECHE 2022, S. 13).

In vergangenen Zeiten gab es nach CULIK & WILSON (1993, S. 14) intensive Diskussionen unter Ornithologen über die Entwicklung jener Seevögel: so stellte sich die Frage, ob es sich bei Pinguinen um Vögel handelt, die im Laufe der Evolution ihre Flugfähigkeit verloren haben oder ob bereits ihre Vorfahren flugunfähig waren. Heutzutage ist allgemein anerkannt, dass die Pinguine von fliegenden Vögeln abstammen und die Flossen 'umgebaute' Flügel sind – umgangssprachlich auch „Flipper“ genannt (PELEGRIN & HOSPITALECHE 2022, S. 1). Weiterhin geben ältere fossile Funde Aufschluss über die morphologischen Ähnlichkeiten eines nicht-pneumatischen Skeletts (PELEGRIN & HOSPITALECHE 2022, S. 2). Folglich wird nach COLE et al. (2022, S.2) vermutet, dass Pinguine lange vor der Entstehung der polaren Eisschilde ihre Flugfähigkeit verloren und sich somit an das Leben im Wasser und somit auf das Tauchen spezialisiert haben. Die Fossilien wurden lediglich auf der Südhalbkugel in Arealen gefunden, wo die noch lebenden Pinguinarten verbreitet sind (CULIK & WILSON, 1993, S. 14).

Bezüglich der Vorfahren der Pinguine wird nach WINK (2011, S. 18) vermutet, dass diese sich aus Dinosauriern des Erdmittelalters ableiten lassen (vor rund 240 bis etwa 65 Millionen Jahre). Diesbezüglich belegen fossile Funde des *Archaeopteryx* aus Süddeutschland und China klar den Übergang von Dinosaurier zum Vogel (WINK, 2011, S. 18). Somit ist *Archaeopteryx* ein wichtiges Bindeglied zwischen den Dinosauriern und den heute bekannten Vogelarten. In der nachfolgenden Tabelle 1 werden diesbezüglich charakteristische Vergleichsmerkmale aufgelistet.

Tabelle 1: *Archaeopteryx* als wichtiges Bindeglied – Auflistung der Vergleichsmerkmale (KREMER, WELSCH, & WINK 2000, S. 327).

<b>Archaeopteryx</b>	
<b>Dinosauriermerkmale</b>	<b>Vogelmerkmale</b>
➤ gezahnter Kiefer	➤ Großzehe steht in Opposition zu den Zehen

➤ Wirbelkörper ist amphicoel	➤ gabelförmiges Schlüsselbein
➤ 3-Finger mit Krallen	➤ Dünnwandige Knochen
➤ Kleinhirn	➤ Eiablage
➤ Rippen am Brustbein nicht artikuliert	➤ Gefieder
➤ Schultergürtel ohne Verbindung zum Brustbein	➤ Hirnschädel pneumatisiert
➤ Symphyse vorhanden	➤ prokinetischer Schädel
➤ langer Schwanz	➤ Schambein lang und etwas nach hinten gerichtet
➤ Bauchrippe	
➤ Mittelhandknochen frei	
➤ Wadenbein ebenso lang wie Schienbein	

### 1.3 ZIELSTELLUNG DER ARBEIT

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Darstellung gegenwärtiger Aspekte über Lebensweise, Verbreitung und Gefährdung des Humboldtpinguins sowie mögliche Schutzmaßnahmen und die dafür verantwortlichen Institutionen. Des Weiteren soll das beiliegende Arbeitsheft (siehe Anhang) als Hilfsmittel für die Zoopädagogik dienen und die genannten Aspekte zielgruppenspezifisch vermitteln. Der Humboldtpinguin dient hierbei als Vorzeigeart, da dieser im Vergleich zu anderen Pinguinarten vermehrt in deutschen Zoos gehalten wird. Wichtige Anhaltspunkte oder ökologische Unterschiede sollten individuell betrachtet werden und demnach anhand anderer Pinguinarten aufgezeigt werden. Bereits junge Menschen erlangen dadurch essenzielle Kenntnisse bezüglich des Artenschutzes sowie der Ökologie der Pinguine erlangen und werden gleichzeitig für die globalen Folgen sämtlicher anthropogener Eingriffe sensibilisiert.

## 2 METHODIK

Anhand bereits vorhandener Daten wurden aktuelle Kenntnisse über den Humboldtpinguin mit Fokus auf Lebensweise, Verbreitung und Gefährdung mittels Sekundärforschung zusammengetragen. Diverse verfügbare Datenbanken wie *Google Scholar* und *Web of Science* dienen zur Identifizierung relevanter wissenschaftlicher Publikationen sowie Fachzeitschriften. Vorteilhaft bei dieser Methode ist, dass notwendige Daten bereits

vorhanden sind und der Arbeitsaufwand erleichtert wird. Jedoch ist eine umfangreiche Recherche erforderlich und aktuelle Daten sind schwer zu erhalten. Für die Recherche geeigneter Literatur wurde eine systematische Wortliste als Hilfestellung angefertigt (siehe Tabelle 2).

Um ein Verständnis für die Komplexität des zoopädagogischen Aufgabenbereichs zu erlangen, erfolgte ein abgesehen der Rostocker Zooschule mit anschließenden Gesprächen mit einer Zoopädagogin und einem Tierpfleger. Darüber hinaus fanden telefonische Korrespondenzen mit Forschern, Autoren sowie weiteren Zoopädagogen statt, die sich auf die Arbeit mit Pinguinen spezialisiert haben.

Das Arbeitsheft entspricht dem Schulniveau der Sekundarstufe I. Das zusammengefasste Material wird durch eigene Zeichnungen bzw. grafischen Darstellungen ergänzt. Durch den innovativen Ansatz, Theorie durch eine umfangreiche Literaturrecherche und Praxis durch den Austausch mit diversen Pinguin-Experten zu verbinden, konnte so ein praxistaugliches, fachlich fundiertes und dennoch kompaktes Arbeitsheft erarbeitet werden.

Tabelle 2: Systematische Wortliste. Begriffe auch in Englisch.

	<b>Zoopädagogik</b>	<b>Humboldtpinguin</b>	<b>Lebensraum</b>
<b>Oberbegriff</b>	Pädagogik, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Bildung, Umweltbildung, Erlebnispädagogik	<i>Spheniscus</i> , <i>Spheniscidae</i> , <i>Spheniscus humboldti</i> , Pinguin, Seevogel	Ökosystem, Vorkommen, Areal, Umwelteinflüsse
<b>Aspekte</b>	Didaktik, Bildungsangebot, zoologisches Konzept, Infotafel (interaktiv), Zooschule	Evolutionsbiologie, Lebensweise, Brut, Mauser, Jahreszyklus, Lebenszyklus, Nahrungspräferenzen, Jagd, Phänotyp, Morphologie, Aufzucht, Fortpflanzung, Anatomie	Ökologische Nische, Umweltbedingung, Abiotik
<b>Synonyme</b>	Zoologische Bildung, zoologische Erziehungslehre, zoologische Erziehungswissenschaft,	s. o. Oberbegriff	Habitat, Biotop, Verbreitungsgebiet, Standort, Umgebung, Umfeld, Einzugsgebiet

	außerschulischer Unterricht		
	<b>Gefährdung</b>	<b>Schutz</b>	<b>Zoo</b>
<b>Oberbegriff</b>	-	-	Park, Tiergarten
<b>Aspekte</b>	Umweltbelastungen, Artenrückgang, Populationsdynamik, Guanoabbau, industrielle Fischerei, Überfischung, Ölverschmutzung, globale Erwärmung, El-Nino, ENSO-Ereignisse, Fluktuationen, Tourismus	Erhalt, Artenschutz, Schutzmaßnahmen, Biodiversität, Artenschutzorganisationen, Renaturierung, Lebensraumerhalt, Schutzzonen, Sperrzonen, Artenschutzprogramm, In-Situ Zuchten	Artenkenntnis, Ex-Situ Zuchten, Artenschutz, Forschung, Wissenschaft, Bildungsauftrag, Sensibilisierung, Jahresberichte, Erholung, Umweltbildung, Arterhalt
<b>Synonyme</b>	Bedrohung, Risiko, Störung, Beeinträchtigung	Bewahrung, Förderung, Management	Zoologische Einrichtung, zoologischer Garten, Tiergarten, Zoopark

### 3 EXKURS IN DIE ZOOPÄDAGOGIK

#### 3.1 WAS IST ZOOPÄDAGOGIK?

Nach MEIER (2009, S. 158) wird der Begriff Zoopädagogik wie folgt definiert: „*Unter dem Begriff Zoopädagogik werden alle Maßnahme zusammengefasst, die dem Zoobesucher über das Erlebnis der reinen Tierbegegnung hinaus Informationen zu den Tieren und der Natur vermitteln.*“

Nach WITTE (1991, S. 15) wird die Zoopädagogik als eine „[...] *naturnahe Pädagogik mit schülerorientiertem Unterricht*“ definiert. Gemeint ist damit der außerschulische Lernort. Schüler und Lehrer sind gleichermaßen als „betrachtende und fragende“ Partner in phänomenologischen Betrachtungsweisen bezüglich biologischer Themen involviert (WITTE 1991, S. 15).

#### 3.2 ZIELE UND AUFGABEN DER ZOOPÄDAGOGIK

Die Welt-Zoo und Aquarium-Naturschutzstrategie (WZANS) von 2005 weist der Zoopädagogik folgende Aufgaben zu:

*„Bildung ist eine zentrale Aufgabe von Zoos und Aquarien. Jede Institution muss ein klares Konzept haben, wie sie ihre pädagogischen Ziele, vorrangig Erhaltung der biologischen Vielfalt und Nachhaltigkeit, erreichen will, und muss selbst umweltfreundlich handeln. Nur dann ist Pädagogik glaubwürdig.“* (MEIER 2009, S. 157)

Demnach werden den Besucher bedeutende Aspekte, wie aktuelle ökologische Probleme und generelle Informationen zu Lebensweise sowie Lebensräume und damit zusammenhängende Faktoren, vermitteln. Gleichzeitig soll die Tierliebe geweckt werden. Allgemein betrachtet sind Zoos also außerschulische Lernorte, welche eine intensive Begegnung mit Wildtieren ermöglicht. Die Zoopädagogik kann in Menschen die Begeisterung für Tierwelt und Natur ecken sowie Sensibilisieren und die Bedeutung des Arten- sowie Naturschutzes fördern.

Zoobesucher betreten jedoch nur selten Zoos mit der Intention „etwas lernen zu wollen“, daher werden geeignete Methoden der Kommunikation angewendet. Dieser Aufgabe widmet sich demnach die Abteilung der Zoopädagogik.

### 3.3 WIE WERDEN HUMBOLDTPINGUINE GEHALTEN?

Die Gehege enthalten Wasserbecken mit einer durchschnittlichen Tiefe von 1,50 m (MATSCHER 2021, S. 598). Für die Strömung sorgt eine installierte Pumpe, welche die Kondition der Pinguine verbessern soll (MATSCHER 2021, S. 598). Darüber hinaus enthalten die Wasserbecken Filterungen zum Entkeimen des Wassers (MATSCHER 2021, S. 598). Jene Arten, die ursprünglich in wärmeren Regionen vorkommen, sind das gesamte Jahr über im Freien. Um vor Vogelmalaria geschützt zu sein, werden die Tiere von Mai bis Oktober mit einem Präparat (Wirkstoff Pyrimethamin und Sulfadiazin) prophylaktisch versorgt (MATSCHER 2021, S. 598). In zoologischen Gärten werden die Pinguine zumeist in Süßwasser gehalten, daher werden jene Gewässer mit Zugabe von Salztabletten aufbereitet (MATSCHER, 2021, S. 599). Einige Einrichtungen füllen die Wasserbereiche mit Sole auf um so ein natürlicheres Milieu zu schaffen – auch hier ist eine entsprechende Filtertechnik notwendig (Matscher, 2021, S. 599). Zahlreiche Zoos vergesellschaften Pinguine mit anderen Vogelarten. Laut MATSCHER (2021, S. 599) können *Spheniscus*-Arten mit Tölpeln, Meerespelikanen oder Sägern gut koexistieren. Angehörige einer Gattung, wie z. B. Brillen- und Humboldtpinguine können sich miteinander paaren und werden demnach nicht zusammengehalten (MATSCHER 2021, S. 599). Bezüglich der Nahrung und für einen optimalen Fettanteil werden die Pinguine in menschlicher Obhut oftmals mit Sprotten, baltischen Heringen, Lodden und blauen Wittlingen gefüttert.

Unabhängig von der Art erhält jedes einzelne Tier einmal täglich eine kontrollierte Futtergabe. Je nach Art können es 400-800 g oder gar 500-1000 g sein.

Während der Mauser (2-3 Wochen) wird die Nahrungsaufnahme minimiert oder gar verweigert (MATSCHKEI 2021, S. 600). Jungtiere werden von beide Elternteilen gefüttert und erhalten demnach auch keine gesondertes „Aufzuchtsfutter“ (MATSCHKEI 2021, S. 601). Bei der Beschaffenheit der Brutplatzsituationen in den Tiergehegen werden aufgrund der Nistplatzpräferenzen der Tiere mehr Brutnischen/-möglichkeiten als Paare existieren bereitgestellt und eine Distanz zum Wasserbereich gewahrt. Da Humboldtpinguine zu den Höhlenbrütern zählen, werden Höhlungen mit einer Maß von 60 x 60 cm bereitgestellt, welche zudem vor Regen schützen und so nicht überschwemmt werden (MATSCHKEI 2021, S. 601). Den Tieren wird während der Brutsaison Nistmaterial, wie Zweige oder Steine gereicht – je nachdem, was welche Art bevorzugt. Für Höhlenbrüter sollte genügend Sand zum Graben geboten werden, um geeignete Bruthöhlen auszubauen. Scharfkantige Steine oder raue Böden sollten aufgrund eventueller gesundheitlicher Probleme an den Ballen der Tiere vermieden werden. Daher sind Bereiche aus runden Flusststeinen, Naturböden oder Sand mit Grasnarben vorteilhaft.



### 3.4 METHODEN DER ZOO PÄDAGOGIK

Um Lerninhalte möglichst zielsicher vermitteln zu können, nutzt die Zoopädagogik geeignete Methoden zur Umsetzung. Dabei werden wichtige Informationen zu bestimmten Themengebieten, wie z. B. Artenschutz, mithilfe eines didaktischen Grundkonzepts nähergebracht.

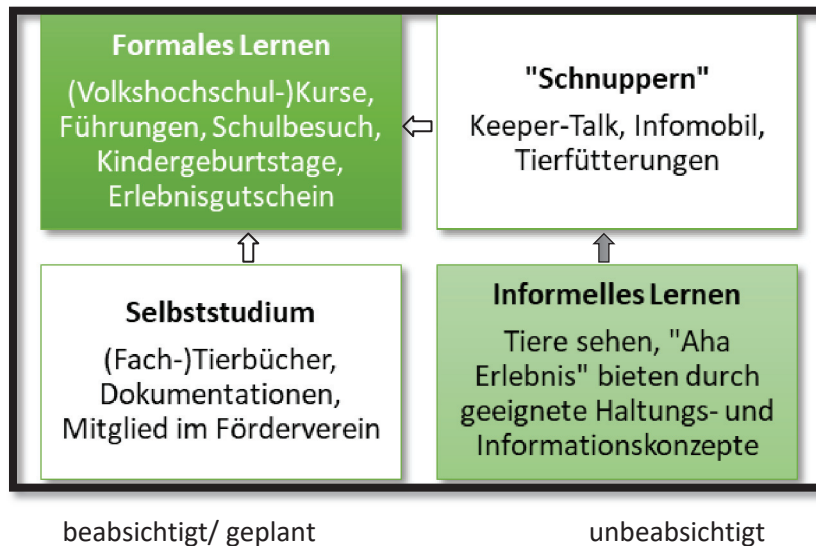


Abbildung 1: „Möglichkeiten der Belehrung im Zoo: während formales Lernen nicht ausreichende genutzt wird, kann über das informelle Lernen zu vertiefter Beschäftigung mit den Tieren bzw. der Natur angeregt werden.“ (MEIER 2009, S. 195)

Verschiedenste Lernmöglichkeiten können dabei die Aufmerksamkeit der Besucher helfen spezifische Themen besser nachzuvollziehen. Fehlende Motivation bezüglich des Lernens kann auf spielerische Weise verbessert werden. Vor allem Kinder können so eine effizientere und emotionalere Bindung zu einem Thema aufbauen (MEIER 2009, S. 155).

Am Beispiel der Zoos Frankfurt und Rostock, werden wichtige Aspekte über den Humboldtpinguin aufgegriffen und über Artbeschilderungen und interaktive

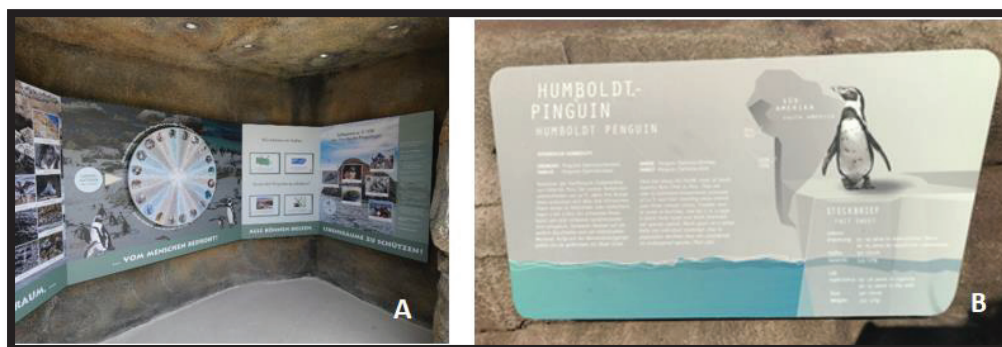


Abbildung 2: Interaktive Beschilderung im Frankfurter Zoo in Bezug auf die Gefahren (A). Informationstafel im Rostocker Zoo (B). Fotos: ZOO FRANKFURT 2019, KITTENDORF 2022

Informationstafeln veranschaulicht. Inhalt sind Themen wie: Adaption, Gefahren, Schutzmöglichkeiten, Lebensweise, Verhalten und deren Lebensraums.

Zahlreiche zoologische Gärten haben noch eine dazugehörige Zooschule. Dabei soll der außerschulische Unterricht Themen aufgreifen, die im regulären Unterricht kaum Anklang finden. Unterschiedliche Lernmethoden werden nach Alter und Thema Situationsbedingt eingesetzt (ROSTOCK ZOO 2023). Zuteilen werden die Lernziele der Zoopädagogik und Umweltbildung mit den Lernzielen der Bildung für nachhaltige Entwicklung verknüpft (ZOO KREFELD 2023, S. 10). So z. B. werden Projekte mit Elementen der Erlebnispädagogik verbunden, um neben der persönlichen Festigung auch die sozialen Kompetenzen sowie teambildende Prozesse zu fördern (ZOO KREFELD 2023, S. 10).

### 3.5 WARUM HUMBOLDTPINGUINE IN DER ZOO PÄDAGOGIK?

Um erfolgreich Aufmerksamkeit und Engagement bezüglich des Erhalts der Biodiversität beim Menschen und vor allem bei Kindern zu fördern, ist es oft notwendig gefährdete Arten mit bestimmten Merkmalen, bspw. für Schutzkampagnen, zu wählen. So werden i.d.R. Arten, die als niedlich, schön und unterhaltsam angesehen werden von Menschen präferiert. Der „Niedlichkeitsfaktor“ ist bei Kindern und Familien besonders wichtig. Daher wird die Schutzwürdigkeit bei Arten mit diesen Merkmalen, wie eben dem Humboldtpinguin, häufig ernster genommen als bei unauffälligen, unbekannten oder unästhetischen Arten, bspw. dem Guanokormoran (*Leucocarbo bougainvillii*). Der Aktivismus der lokalen Bevölkerung solche Arten zu schützen und zu erhalten ist vermutlich weniger stark ausgeprägt.

Auch Medien tragen dazu bei, dass Humboldtpinguine bzw. Pinguine allgemein ein bestimmtes, positives Image erhalten. Ob durch zahlreiche Filme wie „Happy Feet“, „Könige der Wellen“ oder bekannte Dokumentationen wie „Die Reise der Pinguine“.

Darüber hinaus werden Pinguine aufgrund ihres Auftretens oft sehr vermenschlicht, was zu einer Identifizierung sowie Empathie und folglich deutlich intensiveren emotionalen Bindung zum Tier führen kann.

## 4 ASPEKTE ÜBER DEN HUMBOLDTPINGUIN

---

### 4.1 ADAPTION

#### 4.1.1 Körperbau

Humboldtpinguine besitzen schwere, mit Knochenmark gefüllte Knochen (PÜTZ & BATARILLO 2018, S. 90). Aufgrund des nicht-pneumatischen Knochenbaus haben Pinguine einen deutlich geringeren Auftrieb und können so in tiefere Wasserschichten vordringen und hohem Wasserdruck standhalten (PÜTZ & BATARILLO 2018, S. 90). Die Flügel haben sich zu Flossen umgebildet und besitzen keine Gelenke (CARSTENSEN 2002, S. 34). Sie können nicht angewinkelt werden und fungieren dabei wie eine Art Paddel. Der Humboldtpinguin erhält dadurch ausreichend Auf- und Antrieb und erreicht somit Geschwindigkeiten von etwa 23,4 km/ h (LUNA-JORQUERA & CULIK 1999, S. 72). Für effektive Wendemanöver dienen Schwanz und Füße als Steuerruder, die Zehen sind mit Schwimmhäuten verbunden (CULIK & WILSON 1995, S. 293). Der Schwanz erfüllt die Funktion des Seitenruders, die Füße wirken als Höhenrunder (HANZAK 1965, S. 35). Die lange Halswirbelsäule wird während des Tauchens als eine Art „S“ zusammenstaucht (siehe Abbildung 3), da diese die hydrodynamische Morphologie unter Wasser beeinträchtigen würde. Die Halswirbelsäule kann bei juvenilen Humboldtpinguinen nicht zusammengestaucht werden. Der Oberschenkelknochen ist deutlich kürzer als der Unterschenkelknochen, die Kniegelenke sind starr (GILPIN 2002, S. 8). Die Beine setzen weit hinten am Körper an, sodass der Humboldtpinguin aufrecht gehen kann (GILPIN 2022, S. 8). Das sogenannte „waddling“ (watscheln) an Land ist dabei energiesparend und demnach effizient. Nach WILLENER et al. (2016, S. 2) kann sich die Beinkürze zugunsten einer verbesserten Schwimffähigkeit entwickelt haben. Aufgrund der kurzen Beinlänge müssen die Beinmuskeln effektiv und schnell Kraft erzeugen (IERSEL 2007, S. 51). Dabei werden kurze Schritte mit einem breiten Standbein sowie seitlichen Bewegungen des Rumpfes und einer Drehung der Knie kombiniert (IERSEL 2007, S. 51). Flossen und Schwanz sorgen für Gleichgewicht (OPITZ 2012).

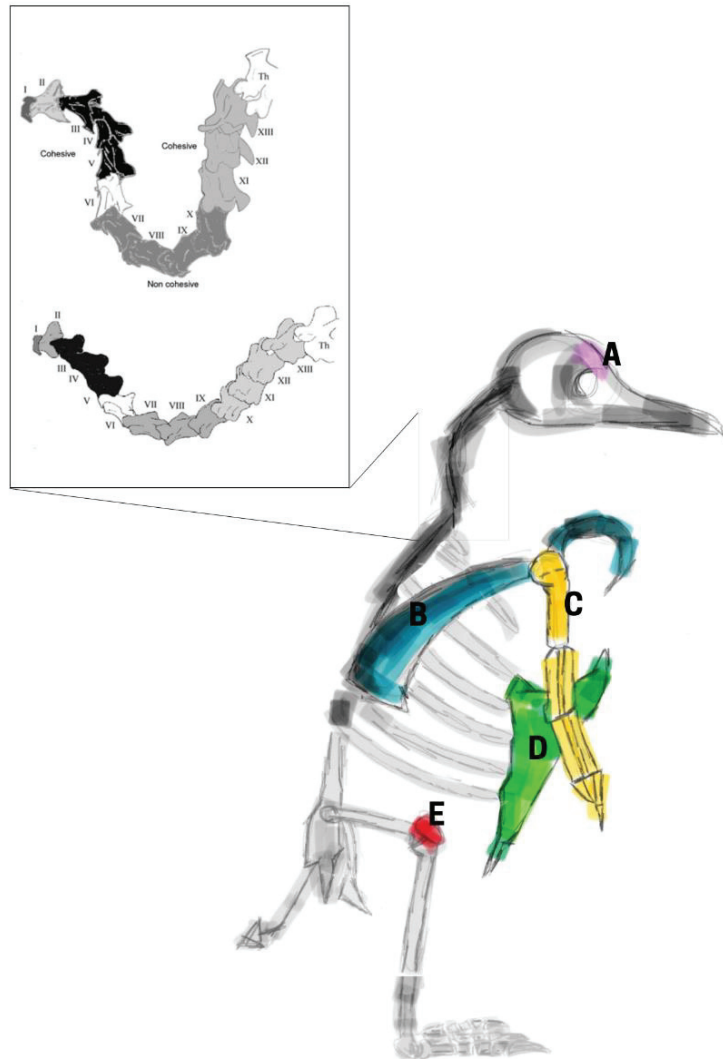


Abbildung 3: Anatomische Skizze des Humboldtpinguins mit Merkmalen wie: Salzdrüse (A), Schulterblatt und Gabelbein (B), Arm (C), Brustkorb (D), Kniescheibe (E).

#### 4.1.2 Herz- und Blutkreislauf

Humboldtpinguine haben, wie Säugetiere, zwei getrennte Blutkreisläufe (OPITZ 2012) – den Lungen- und Körperkreislauf. Dadurch kann Sauerstoff im Blut angereichert und an die Organe abgegeben werden, sodass diese entsprechende Energie gewinnen können (GEHRING & KLEIN 2015, S. 12). Nach BUTLER (2001, S. 222) wird der Sauerstoff in drei Hauptregionen des Körpers gespeichert:

- im Atmungssystem,
- in Verbindung mit Myoglobin in der Skelettmuskulatur und
- in Verbindung mit Hämoglobin im Kreislauf.

Im Vergleich zu nicht tauchenden Lebewesen weisen Humboldtpinguine eine höhere Konzentration an Hämoglobin und Myoglobin auf (GILPIN 2002, S. 25). Nach MÜLLER-SCHWARZE & MÜLLER-SCHWARZE (1977, S. 82) wird der höchste Sauerstoffanteil in den Muskeln – vorwiegend in den Brustmuskeln für den Antrieb der Flossen – gespeichert. Die zuständigen Muskeln für den Antrieb, Pectoralis und Subpracoracoideus, zeichnen sich durch einen hohen Myoglobingehalt aus (LINZMEIER 2002, S. 6). Während des Tauchgangs findet zudem eine Umverteilung des Blutes in lebenswichtige Organe – Muskulatur, Gehirn und Herz – statt (WILLIAMS & PONGANIS 2021, S. 4). Die Herzfrequenz wird gemindert (CULIK 2022, S. 93). Aufgrund dieser Faktoren wird davon ausgegangen, dass Humboldtpinguine vollständig aerob sind (BUTLER & WOAKES 1983, S. 419).

#### 4.1.3 Lunge

Die Lunge ist mit Luftsäcken durch beidseitig verästelte Luftwege verbunden (CULIK 2002, S.

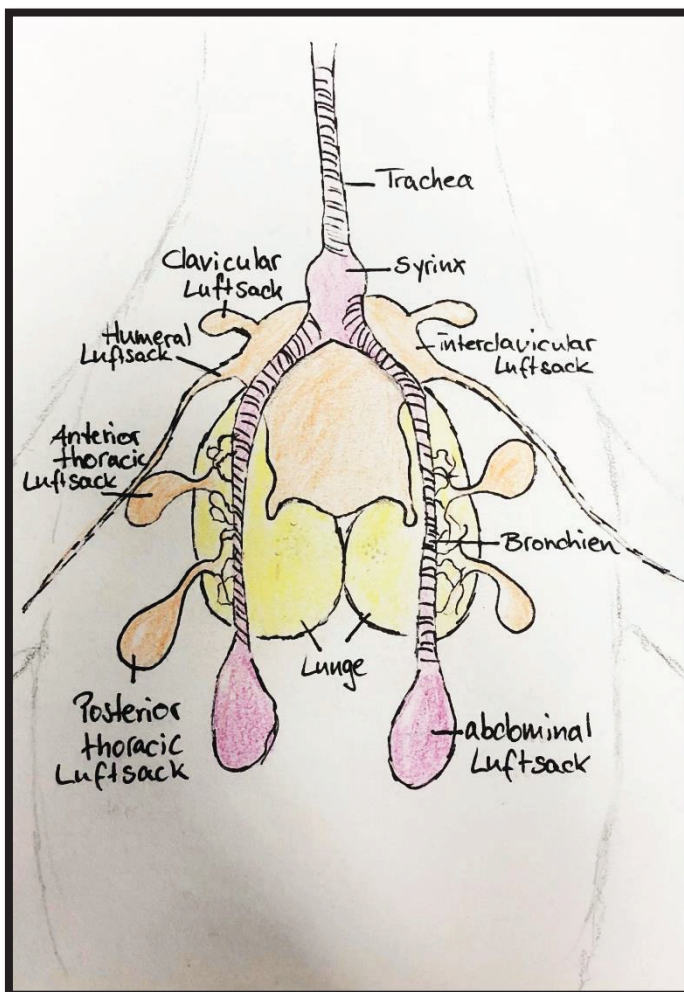


Abbildung 4: Das System der Luftsäcke eines Humboldtpinguins ist im Vergleich zu einem flugfähigen Vogel zurückgebildet (LINZMEIER 2002, S. 6). Wodurch der Humboldtpinguin weniger Auftrieb im Wasser hat.

94) und besitzt eine höhere Konzentration an Blut- und Luftkapillaren als die Lunge von Säugetieren (NEVITT et al. 2014, S. 743). Die Kapillaren haben zudem einen kleineren Durchmesser, wodurch der Gasaustausch in der Lunge des Humboldtpinguins effizienter ist (NEVITT et al. 2014, S. 743).

Nach PONGANIS et al. (2014, S. 720) beträgt der geschätzte Sauerstoffvorrat der Lunge sowie Luftsäcke zwischen 30 bis 50 % des Körpersauerstoffspeichers – im Vergleich dazu, liegt dieser bei den meisten Meeressäugern zwischen 5 bis 20 %. Zudem ist das Lungenvolumen der Männchen

größer als das der Weibchen (NEVITT et al. 2014, S. 743). Da der Brustkorb starr ist (siehe Abbildung 3), kann die Lunge durch den Wasserdruck nicht komprimiert werden und die Luftsäcke, welche sich im Hals und im Bauch befinden, keinen Widerstand leisten (CULIK 2002, S. 92). Dies ist wiederum bei terrestrischen Vogelarten der Fall: die Lunge würde unter dem Wasserdruck kollabieren (PONGANIS et al. 2014, S. 720). Die Lunge wird während des Tauchgangs mit einem geringen Luftanteil gefüllt, somit kann kein Sauerstoff im Blut gelöst und demnach keine Verletzungen der Lunge hervorrufen werden (CULIK 2002, S. 92).

Die sogenannte Syrinx sitzt an der Basis der Luftröhre (siehe Abbildung 4) und fungiert dabei als Art Filter, welche Töne unterdrückt oder hinauslässt (FAVARO et al. 2017, S. 2). Aufgrund von Vibrationen durch bestimmte Membranen in der Syrinx sowie der Filterung durch den supralaryngeal Vokaltrakt werden entsprechende Töne erzeugt (FAVARO et al. 2016, S: 5). Dabei entstehen individuelle Stimmlagen (siehe Kapitel 4.4.2, Abbildung 9).

#### 4.1.4 Thermoregulation

Während der Wintermonate nehmen Humboldtpinguine eine liegende Haltung ein, wobei die Flossen dicht am Körper gehalten werden (SIMEONE et al. 2003, S. 38). Im Vergleich dazu stehen Humboldtpinguine während der Sommermonate mit ausgestreckten Flossen und gestrecktem Hals an Land (SIMEONE et al. 2003, S. 38). Der unbefiederte Hautfleck um die Schnabelbasis, die Füße, die Flossenunterseite mit kleineren und weniger dicht beieinanderstehenden Federn dienen der Wärmeabgabe, wodurch die Körperregionen stark durchblutet werden (SIMEONE et al. 2003, S. 38). Der Körper des Humboldtpinguine kann somit überschüssige Wärme abgeben (FOWLER 2001, S. 55-56). Zudem haben sie eine kleinere Körpergröße als bspw. antarktische Pinguinarten (z. B. *Apenodytes forsteri*).

*„Sie besagt, dass homoiotherme Populationen einer Art oder nahe Verwandte Arten in kälteren Gegenden häufig größer sind als in wärmeren, da der Wärmeverlust über die Oberfläche größerer Individuen pro Einheit des Körpergewichtes geringer ist als bei kleinen Individuen.“*  
(Schaefer 2012. S. 34)

Dieses Prinzip (Bergmannsche Regel) sorgt für mehr Wärmeabgabe an ihre Umgebung – somit verlieren sie automatisch ihren Kälteschutz.

Wasser hat im Vergleich zu Luft eine höhere Wärmeleitfähigkeit, wodurch energetische Ansprüche an die Thermoregulation des Humboldtpinguins gestellt wird. Aufgrund eines subkutanen Fettgewebes, dessen Blutversorgung einer vasomotorischen Kontrolle unterliegt,

sowie eines dichten Federkleids mit isolierender Luftschicht können die Humboldtpinguine den Wärmeverlust über die Körperperipherie auf ein Minimum reduzieren (LINZMEIER 2002, S. 6). Warmes arterielles Blut fließt parallel an kaltem venösen Blut vorbei, ohne dabei die Hautoberfläche zu erreichen (KORALEWSKI 2006, S. 4). Dabei erfolgt der Blutfluss zu und von den Gliedmaßen im Gegenstrom. Ein Blutgeflecht aus Arterien und Venen sorgt für den nötigen Wärmeaustausch (siehe Anhang 8) (FOWLER 2001, S. 54).

#### 4.1.4.1 Gefieder

Das Gefieder ist für etwa 95 % der Gesamtisolation verantwortlich (PÜTZ & BATARILO 2018, S.99). Nach PÜTZ & BATARILO (2018, S. 99) haben Pinguine „das dichteste Federkleid aller Vögel“. Jeweils „zwölf Federn kommen auf einen Quadratzentimeter“ (PÜTZ & BATARILO 2018, S.99). Dabei hat jede der Federn einen luftgefüllten Daunenanteil, welcher individuell warmhält. Humboldtpinguine erreichen somit eine Körpertemperatur von rund 37 °C (CULIK 1998, S. 99). Nach DAVENPORT et al. (2011, S. 181) kann bis zu 96 % des Gefiedervolumens von Luft eingenommen werden. Während des Tauchgangs nimmt das Volumen der eingeschlossenen

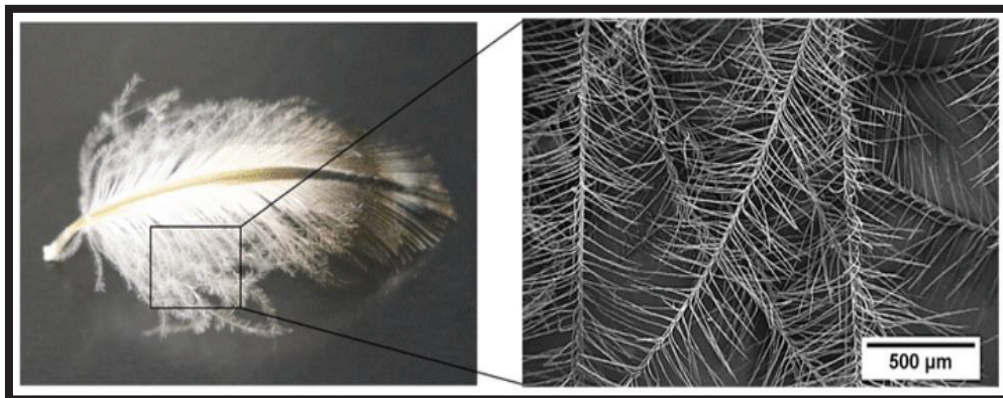


Abbildung 5: Die feinverästelten Federteile der sogenannten Konturfeder sind mit kleinen Widerhaken ausgestattet. Diese verhaken sich mit den jeweils anliegenden Federn und bilden so eine schützende Schicht (PÜTZ & BATARILO 2018, S. 99). Foto: BURGHARD et al. 2019

Luft mit zunehmender Tiefe ab – so bspw. bei einer Tiefe von 15 m wird die Luft im Gefieder auf 40 % des ursprünglichen Volumens komprimiert (DAVENPORT et al. 2011, S. 181). Kleine Muskeln an jedem einzelnen Federansatz steuern das Aufstellen der Federn, sodass sich die dazwischen befindliche Luftschicht vergrößert (PAP et al. 2020, S. 2372).

Die Bürzeldrüse, welche in der Nähe des Schwanzes sitzt und aus der Öl gelangt (STÜRMER 2007, S. 77), sorgt für die nötige Wasserabweichung und schützt zudem vor dem Austrocknen in der Sonne (CULIK 2002, S. 72). Nach COFFIN et al. (2011, S. 2) wird vermutet, dass der Geruch des Öls abhängig von Alter, Geschlecht und Fortpflanzungsstatus sowie Ernährungsweise sein

kann. Demnach konnte festgestellt werden, dass Humboldtpinguine Geruchssignale nutzen, um zwischen artverwandten und nicht-artverwandten Individuen zu unterscheiden.

#### 4.1.5 Augen

Die Anatomie des Auges eines Humboldtpinguins zeigt auf, dass dieser an die Lichtverhältnisse

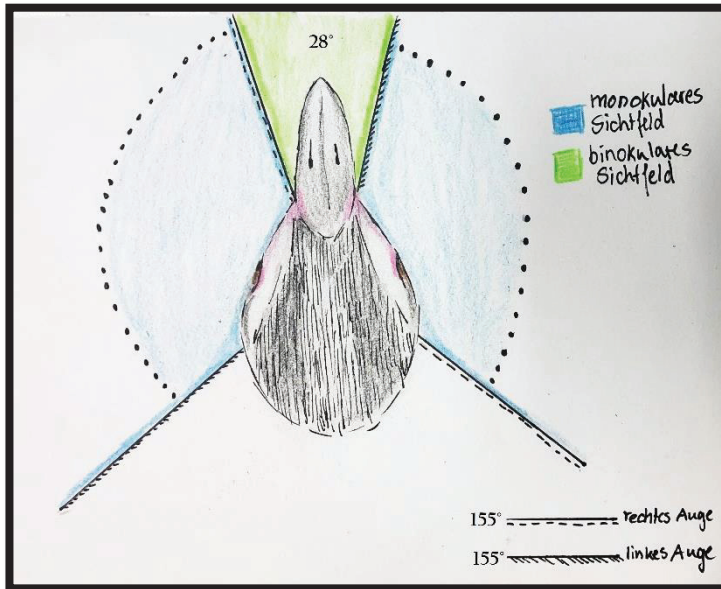


Abbildung 6: Sichtfeld Humboldtpinguin: binokulares Feld 28° (grün), blinder Sektor 78° (weiß), monokulares Sichtfeld 155° (blau). Humboldtpinguin hat somit ein gesamtes Sichtfeld von 282°. Die Zeichnung ist nicht Maßstabsgetreu.

im aquatischen Lebensraum angepasst ist (MARTIN & YOUNG 1984, S. 197) und an Land kurzsichtig ist (SIVAK & MILLODOT 1977, S. 242). Darüber hinaus sehen Humboldtpinguine photopisch. Nach BOWMAKER & MARTIN (1985, S. 76) besitzen die Augen des Humboldtpinguins drei verschiedene Zapfen: grün, blau sowie violett. Dadurch können sie die unterschiedlichen blaugrünen

Töne des Wassers unterscheiden

und Licht im ultravioletten Bereich wahrnehmen (BOWMAKER & MARTIN 1985, S. 71). Die Hornhaut des Humboldtpinguinauge ist flach. Aufgrund der Akkommodation der Linse kann die fehlende Brechkraft der Hornhaut ausgeglichen werden, sodass der Humboldtpinguin unter Wasser scharf sehen kann.

#### 4.1.6 Salzdrüse

Humboldtpinguine schlucken ihre Beute unter Wasser hinunter und nehmen somit einen gewissen Anteil an Salz auf (SCHMIDT-NIELSEN & SLADEN 1958, S. 1217). Das Salz wird über die Salzdrüse, welche jeweils über den Augen sitzen und in die Nasengänge münden – wieder ausgeschieden (siehe Anhang 9) (CARSTENSEN 2002, S. 51). Ein geringer Anteil wird über Exkremete ausgeschieden. Bei der Fütterung von Jungtieren durch das Elterntier weist die erbrochene Nahrung einen deutlich geringeren Anteil an hochkonzentriertes Fluorid auf und ist dadurch nicht mehr gesundheitsschädigend (JANES 1997, S. 488). Die Drüse wirkt unterstützend hinsichtlich der Salzausscheidung, da die Nieren – wie bei allen Vogelarten – weniger entwickelt sind.



## 4.2 NAHRUNGSPRÄFERENZEN UND JAGDSTRATEGIE

### 4.2.1 Jagd

Humboldtpinguine gelten als standorttreu und suchen dabei durchschnittlich in einem Umkreis von ca. 35 km nach Nahrung, wobei sie sich in etwa sieben bis neun Stunden pro Tag im Wasser aufhalten (CULIK & LUNA-JORQUERA 1997, S. 547). Mit einer durchschnittlichen Tauchtiefe von ca. 53 m (LUNA-JORQUERA & CULIK 1999, S. 71) können Humboldtpinguine zwischen drei bis vier Minuten unter Wasser bleiben (Wilson et al., 1989, S. 76). Wie tief Humboldtpinguine schlussendlich tauchen, hängt von der Verfügbarkeit des Tageslichts bzw. der Tagesform ab (ROPERT-COUDERT et al. 2006, S. 144). Nach WILSON et al. (1989, S. 76) & ROPERT-COUDERT et al. (2006, S. 144) jagen die Humboldtpinguine in deutlich lichtintensiveren Wasserschichten, sodass sie primär den visuellen Jägern zugeordnet werden. Humboldtpinguin schwimmen zunächst an der Wasseroberfläche – Augen und Schnabel befinden sich unter Wasser – und tauchen anschließend hinab (BUTLER & WOAKES 1983, S. 422). Beobachtungen nach MATTERN (2001, S. 110), CULIK et al. (2000, S. 2321) sowie CULIK (2001, S. 327) ergaben, dass Humboldtpinguine darüber hinaus auch olfaktorisch orientieren. Somit nehmen sie Geruchsstoffe, wie Dimethylsulfid (DMS), wahr (CULIK 2001, S. 327). DMS wird im marinen Bereich durch Phytoplankton gebildet (ZHANG et al. 2019, S. 1297).

Während des Tauchvorgangs können sie ihre Sauerstoffreserven nicht erneuern (siehe Kapitel 4.1.3) und sind demnach gezwungen regelmäßig an die Oberfläche aufzutauchen. Um nach Luft schnappen zu können, schnellen sie ähnlich wie Delphine aus dem Wasser – umgangssprachlich auch „Delphinspringen“ genannt (PÜTZ & BATARILLO 2018, S. 87). Es ermöglicht ihnen nicht nur das zwischenzeitliche Lufthohlen, sondern ist zudem eine effektive Art der schnellen Fortbewegung im Wasser. CARSTENSEN (2002, S. 37) zufolge könnte das Delphinspringen auch zur Abwehr von Feinden dienen, da die während des Sprungs schnelle Wendemanöver vollziehen und den Räubern durch das damit einhergehende kurzzeitige Verschwinden aus dem Wasser verwirren. Eine weitere Strategie die auch als Täuschungsmanöver gesehen werden kann, jedoch vielmehr als Antrieb für das Emporspringen dient, sind die sogenannte Luftbläschen – auch „Air Lubrication“, eine Art Schmierfilm aus Luft, genannt (OPITZ 2012). Dies geschieht, indem der Humboldtpinguin die im Gefieder gespeicherte Luft unter Wasser mit Druck und Kontraktion der Muskeln, die mit den einzelnen Federn verbunden sind, ausstößt (PAP et al. 2020, S. 2372). Ein geringer Luftanteil

wird dabei mithilfe der dicht geschlossenen Federschicht über dem dünnen Daunenmantel in der Nähe der Hautoberfläche als Isolierung zurückgehalten (PAP et al. 2020, S. 2372).

Humboldtpinguine greifen ihre Beute von unten an, da die Silhouette der Beute so besser erkennbar ist und diese nicht ungeahnt in die Tiefe verschwinden kann (Gilpin, 2002, S. 28).

Der unterhalb seiner Beute tauchende Humboldtpinguin ist aufgrund seines dunklen Rückens schlechter auszumachen. Umgekehrt bietet der weiße Bauch von unten Schutz vor Prädatoren, da dieser gegen die helle Wasseroberfläche weniger erkennbar ist. Diese Art der Gefiederfärbung wird als „*Countershading*“ bezeichnet (RUXTON et al. 2004, S. 445).

#### 4.2.2 Nahrungspräferenzen

Tabelle 3: Auflistung der Nahrungspräferenzen.

Arten	
Peruanische Sardelle ( <i>Engraulis ringens</i> ) Chilenischer Hering ( <i>Strangomera bentincki</i> ) Chilenischer Silberfisch ( <i>Odontesthes regia</i> ) Seehecht ( <i>Merluccius gayi</i> ) Chilenische Bastradmakrele ( <i>Trachurus murphyi</i> ) Makrelenhecht ( <i>Scomberesox saurus</i> ) Pazifische Sardine ( <i>Sardinops sagax</i> )	(Herling, Culik, & Hennicke, 2005, S. 19)
Kalmarart ( <i>Todarodes filipovae</i> )	(Zepper, 2004)
Humboldt-Kalmar ( <i>Dosidiscus gigas</i> ) Patagonischer Langflossenkalmar ( <i>Loligo gahi</i> )	(IUCN, 2020, S. 6)

### 4.3 VERBREITUNG

Der Humboldtpinguin kommt am Rande der Wüsten von Peru und Chile entlang des Humboldtstroms mit etwa 80 Brutkolonien sowie auf den Inselgruppen, z. B. Pan de Azucar (Peru) vor (VIANNA et al. 20014, S. 154). Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich von Isla Forca (Peru) bis nach Isla Guafo (Chile) (ÁLVAREZ-VARAS et al. 2018, S. 76).

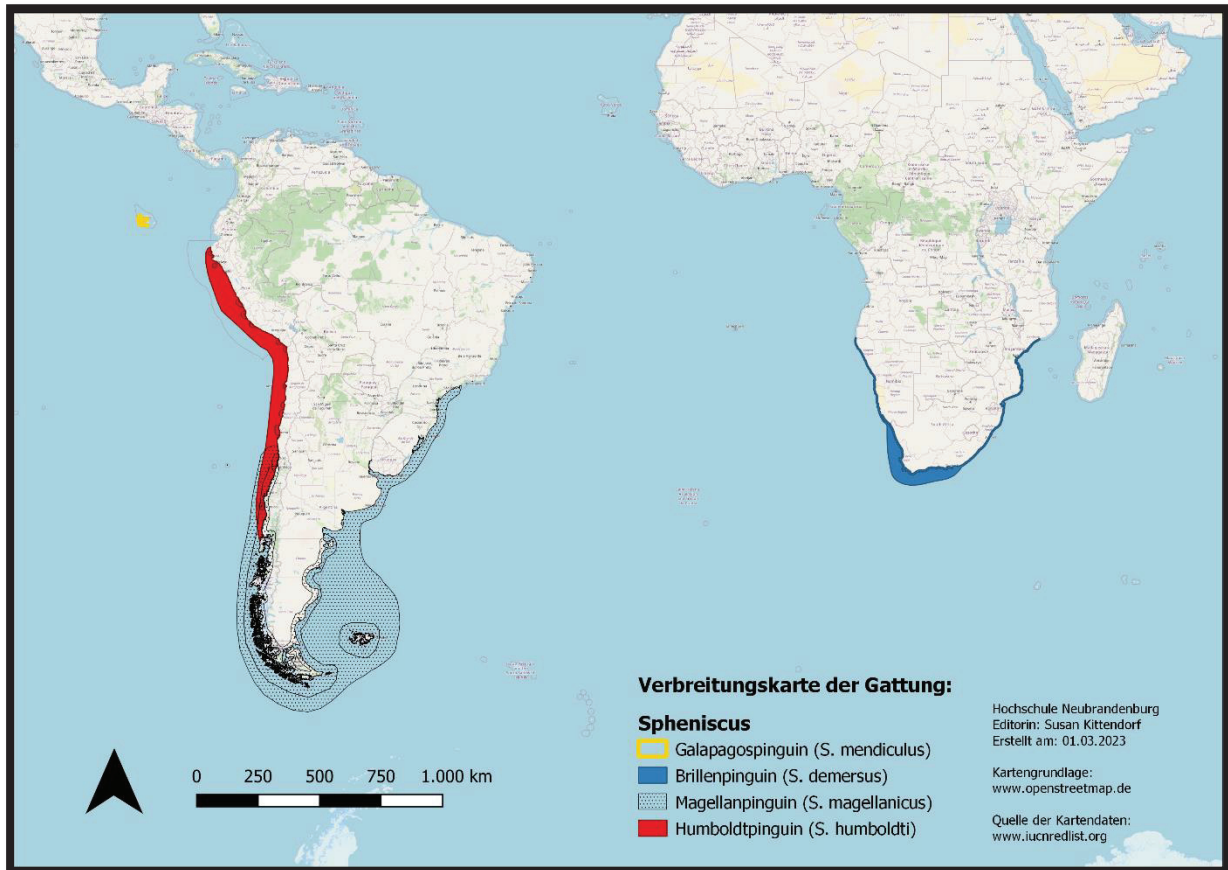


Abbildung 7: Die Verbreitungsgebiete der Gattung *Spheniscus*. Überschneidung der Verbreitungsgebiete von Humboldt- und Magellanpinguine im Süden von Chile: Koexistierende Brutkolonien sind auf Pinguino Islaet, Punihuil sowie Metalqui Island zu finden (VIANNA 2014, S. 155). (Grundlagen: OPENSTREETMAP.DE, IUCNREDLIST.ORG)

Der Humboldtstrom stellt eines der nährstoffreichsten marinen Ökosysteme dar und erstreckt sich von Süd-Chile (ca. 42 °S Breite) bis nach Ecuador und den Galápagos-Inseln (THIEL et al. 2007, S. 196). Der Humboldtstrom ist gekennzeichnet von nordwärts gerichteten Strömungen des subantarktischen Oberflächenwassers mit seinem kalten und nährstoffreichen Tiefenwasser. Die Oberflächenwassertemperatur beträgt ca. 5 °C bis 16°C – in anderen subtropischen Regionen, bspw. vor den Küsten Australiens bis zu 25 °C (CHAVEZ ET AL. 2008, S. 95). Eine zusätzliche flache, aber intensive Sauerstoffminimumzone bildet eine Barriere für die vertikale Migration von Organismen (BROCHIER et al. 2013, S. 1941). Das nährstoffreiche Tiefenwasser löst eine intensive Phytoplanktonproduktion aus und bildet somit die Grundlage

für das marine Nahrungsnetz sowie zahlreiche pelagische Fischarten, welche wiederum Nahrungsgrundlage für den Humboldtpinguin (siehe Kapitel 4.2.2) sind (BROCHIER et al. 2013, S. 1941).

## 4.4 LEBENSWEISE

Der jahreszeitliche Zyklus eines Humboldtpinguins beginnt ab Januar mit der Mauser, folgend mit der Brutzeit ab März/April (PUENTE et al. 2013, S. 275). Nachdem sich die Humboldtpinguine von der letzten Brutperiode und Mauser auf dem Wasser erholt haben, kehren sie erneut für die Fortpflanzung und Mauser zurück an Land (Hanzak, 1965, S. 35). Über 70 % ihrer Lebenszeit verbringen die Humboldtpinguine auf dem Wasser (PÜTZ & BATARILO 2018 S. 89). Während der Mauser und der Brut halten sie sich vorerst an Land auf (PÜTZ & BATARILO 2018, S. 89). Als Jungtiere, also bis die Humboldtpinguine flügge werde, wird die Lebensweise zunächst als terrestrisch und als adultes Tier aquatisch eingestuft (GUINARD et al. 2009, S. 807).

### 4.4.1 Mauser

Während der Mauser besitzen Humboldtpinguine kein wasserdichtes Federkleid, da die schützende Ölschicht derzeit nicht intakt ist und müssen demnach eine Fastenzeit einlegen (DEWAR et al. 2014, S. 2). In dieser Zeit schwellen ihre Flossen stark an und sie verlieren rund 40 % ihres Körpergewichtes (CULIK & WILSON 1993 S. 115). Daher beginnen sie bereits während der Jungenaufzucht bis zur Mauser genügend Fettreserven anzulegen (GILPIN 2002 S. 77). Ihre Nahrungsaufnahme steigert sich dabei unphysiologisch (PUENTE et al. 2013, S. 275), wodurch sie rund 20 % mehr an Körpermasse zunehmen (OTSUKA, MACHIDA, & WADA 2003, S. 175). Die alten Federn werden gegen neue ausgetauscht. Dies geschieht im Vergleich zu anderen Vogelarten zügig, innerhalb von etwa 21 Tagen (PUENTE et al. 2013, S. 275). LINZMEIER (2002) zufolge, passen sich Humboldtpinguine in, bspw. deutschen Zoos, nach der europäischen Sommerzeit an, sodass sie ab Juli mit der Mauser beginnen. Die Mauser hält mit 10 Tagen deutlich kürzer an als in freier Wildbahn (LINZMEIER 2002).

#### 4.4.2 Brut

Humboldtpinguine sind enormer Hitze ausgesetzt und benötigen daher einen schattigen und kühlen Unterschlupf (CULIK 2002, S. 80). Dieser wird – sofern es die Bedingungen zulassen – in einer Bodenschicht aus geeignetem Substrat, wie Guano gegraben. Bezüglich des Abbaus von Guano (siehe Kapitel 4.5.3.2) weichen die Humboldtpinguine vermehrt auf anderweitige Brutplatzmöglichkeiten aus, bspw. zwischen Kakteen (PAREDES & ZAVALAGA 2000 S. 199). In anderen stark frequentierten Arealen nisten Humboldtpinguine u. a. in schwer erreichbaren „Meereshöhlen“ oder an Klippen (PAREDES & ZAVALAGA 2000, S. 203). Die Brutplatzsituation variiert nach den äußeren Umwelteinflüssen.



Abbildung 8: Brutplatz eines Humboldtpinguins in einem Steilhang. Foto: TAWAKI-PROJECT 2022

Zufolge LINZMEIER (2002, S.2) sind die Nisthöhlen der vorherrschenden Windrichtung zugewandt, sodass eine ständige Zirkulation in den Bruthöhlen stattfinden kann und Gelege bzw. Küken vor Überhitzung geschützt sind.

Humboldtpinguin-Paare verständigen sich durch ihre besondere individuelle Sprache (Culik & Wilson, 1993, S. 96). So verfügt laut CULIK & WILSON (1993, S. 96) jedes einzelne Individuum über ein charakteristisches Stimmbild (siehe Abbildung 9). Studien ergaben, dass allgemein die Pinguine ihren Partner oder ihre Partnerin über Laute identifizieren – nicht nur über visuelle Orientierungspunkte (AUBIN, JOUVENTIN, & HILDEBRAND 2000, S. 1081. Ebenso finden Elterntiere und Nachwuchs wieder zueinander (PÜTZ & BATARILO 2018, S. 24). Der sogenannte Balzgesang besteht dabei aus zwei grundlegenden Elementen – aus Inhalation der Atemluft und der Exhalation – beides zusammen lässt einen Trompetenartigen Ton hervorrufen (LINZMEIER 2002, S. 31). Nach AUBIN, JOUVENTIN, & HILDEBRAND (2000, S. 1085) haben alle Pinguinarten zwei Stimmbänder, welche gleichzeitig leicht unterschiedliche Frequenzen

aussenden. Die verschiedenen Frequenzen können dabei unter den Individuen unterschiedlich hoch oder tief, lang oder kurz sein (AUBIN, JOUVENTIN, & HILDEBRAND 2000, S. 1085). Der trompetenartige Laut wird dabei als Strophe bezeichnet (LINZMEIER 2002, S. 31). Balzgesänge können demnach zwei bis sechs Strophen enthalten (LINZMEIER 2002, S. 31). Darüber hinaus konnte beobachtet werden, dass weibliche Humboldtpinguine grundlegend jene Männchen für die Paarung bevorzugen, die eine tiefere Stimmlage und kräftigeren Körperbau haben (FAVARO et al. 2017 S. 11). Diese Faktoren implizieren den Erhalt der eigenen Art.

Zu den unterschiedlichen Gesängen zählen (KNAUF 2022):

- „Trompeten-ähnliche“ Rufe des Männchens während der Balz,
- Paarungsgesang der Weibchen und Männchen – ähnlicher Ruf wie Männchen bei Balz,
- „Fernruf“ im Wasser, wenn kein Sichtkontakt und
- „Gurgel-ähnliche“ Laute der Pärchen untereinander.

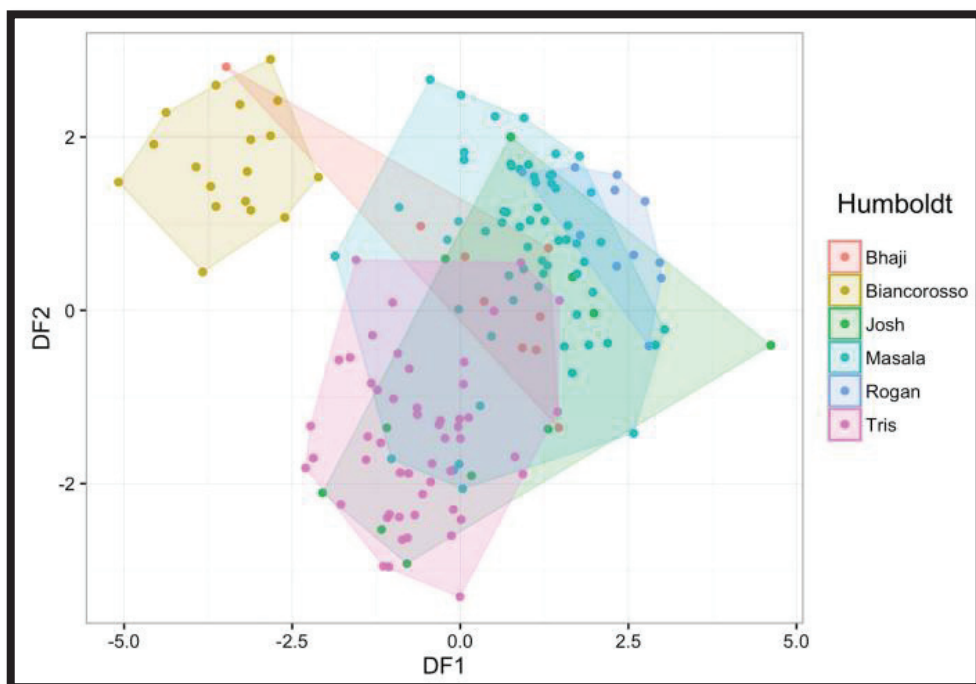


Abbildung 9: Unterschiedliche Stimmlagen der verschiedenen Humboldtpinguin-Individuen (siehe Legende). Foto: FAVARO et al. 2017

Die Männchen treffen zuerst am Nistplatz des Vorjahres an. Dieses Verhalten ermöglicht die Wiedervereinigung mit dem Weibchen der vergangenen Brutsaison (LINZMEIER 2002, S. 8). Die erste Brutperiode der Humboldtpinguine beginnt unmittelbar nach der Mauser und variiert dabei zwischen Peru und Chile.

„Mit zunehmender südlicher Breite werden die Brutperioden immer definierter und beginnen später. Erstrecken sich die Hauptbrutzeiten in Pan de Azúcar von August-Januar und von März-Juni, gehen sie ca. 800 km südlich in Algarrobo (71° 41' W, 33° 21' S) von August-Januar und von April-Juni (Simeone et al. in Druck), und in Puñihuil erstreckt sich die Hauptbrutperiode von November- Februar, während im Südherbst nur vereinzelt gebrütet wird.“ (HENNICKE 2001, S. 9-10)

Darüber hinaus ist die Dauer der Brutsaison je nach Region des Brutgebietes zeitlich begrenzt. Demnach wird nach LINZMEIER (2002, S.8) vermutet, dass das frühzeitige Eintreffen der Männchen am Nistplatz die Möglichkeit schafft viele Weibchen anzuwerben. Somit kann der Reproduktionserfolg weiterhin erfolgreich bestehen bleiben, sollte das Weibchen des Vorjahres nicht eintreffen, und so eine Fremdkopulation vermieden werden. Dies ist als Überlebensstrategie zur Paarbildung zu verstehen. „Die Partnerwahl hängt bei saisonalen Arten von der zeitlichen Übereinstimmung der Ankunft von Männchen und Weibchen in den Kolonien ab. Eine zeitliche Asynchronie in der Ankunft der Paarpartner führt unweigerlich zu

einer mangelnden Koordination in der Inkubationszeit. Diese wiederum kann zu einer Beeinträchtigung des Reproduktionserfolgs führen. Solche Paarpartner neigen eher dazu sich im folgenden Jahr neue Partner zu suchen.“ (LINZMEIER 2002, S. 8)

Dabei wird vermutet, dass jene Paare nicht komplementär sind und somit die „Incompatibility Hypothesis“ greift, welche voraussetzt, dass eine Trennung zum Vorteil ist (Olsson, 1998, S. 574).

Die Häufigkeit der Brut ist abhängig von äußeren Umwelteinflüssen und an die Ressourcenverfügbarkeit gebunden. Während der El-Nino-Perioden kann es vorkommen, dass die Humboldtpinguine höchstens einmal brüten oder der Bruterfolg ausbleibt. Die Brutzeit dauert ca. 40 bis 42 Tage (PUENTE et al. 2013, S. 274).

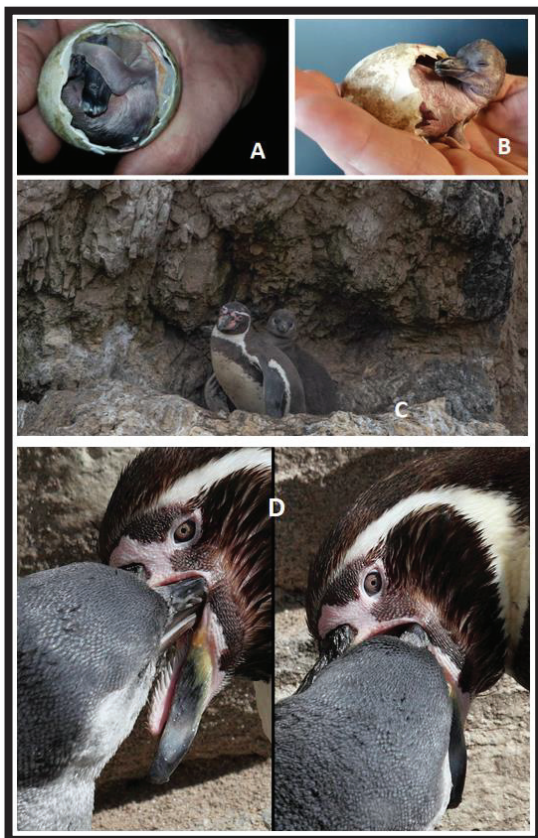


Abbildung 10: Geschlüpftes Humboldtpinguinküken (A, B). In den ersten Wochen ihrer Lebenszeit werden die Küken von ihren Eltern beschützt (D). Fotos: WANGHAM WILDLIFE PARK 2007-2023, SOUTH FLORIDA PBS, INC. 2023, R. ROSCOE 2023

Nach dem Schlüpfen sind die Augen der Küken etwa drei bis vier Tage geschlossen (siehe Abbildung 10). Die Küken tragen jedoch bereits ein dichtes graues Daunenkleid (GILPIN 2002, S. 35). Die Fütterung verläuft i. d. R. abwechselnd durch beide Elterntiere, dabei sind sie oftmals tagelang auf dem Wasser (GILPIN 2002, S. 27). Die Aufzucht der Küken dauert im Schnitt 75 Tage (PAREDES, ZAVALAGA, & BONESS 2002, S. 245). Sobald der Nachwuchs das juvenile Stadium erreicht hat, verbringen die Jungvögel den Großteil ihrer Zeit allein in ihren Bruthöhlen und warten auf die Fütterung der Elterntiere (GILPIN 2002, S. 35-37).

Um die erbeutete Nahrung sicher zu den Jungtieren zurück zu transportieren, schlucken die Elterntiere die Beute hinunter. Bei der Fütterung stimulieren die Jungtiere die Eltern am Schnabel (siehe Abbildung 10), wodurch die halbverdaute Nahrung hochgewürgt und den Jungtieren gefüttert werden kann (GILPIN 2002, S. 27).

Nach STÜRMER (2007, S:70) wird das Futter verdaut und mit Hilfe von Bakterien im Magen bis zur Fütterung gehalten. Forscher vom „Nationalen Forschungszentrum Straßburg“, in Frankreich, fanden heraus, dass jene Bakterien in relativ großen Mengen im Magen vorhanden sind und vermutlich bei dem Verdauungsprozess helfen, jedoch beim als Vorrat dienenden Nahrungsbrei tot waren (STÜRMER 2007, S. 71). Schlussfolgerung der Forscher nach STÜRMER (2007, S. 71): *„Pinguinmägen enthalten Substanzen, die Bakterien abtöten und den Mageninhalt so haltbarer machen“*.

Nach etwa 120 Tagen ist der Nachwuchs flügge – der gesamte Brutzyklus dauert demnach ca. vier Monate (PAREDES, ZAVALAGA, & BONESS 2002, S. 249). Bis zum ersten Sprung ins Wasser hat der Nachwuchs sein wasserfestes Federkleid. Während Elterntiere in der Nähe ihrer Kolonie bleiben, sind die Jungtiere für eine längere Zeit auf dem Wasser (SIMEONE et al. 2002, S. 44). Dort verbringen sie die Zeit mit der Nahrungsaufnahme bis sie nach einigen Wochen oder Monaten wieder Richtung Festland schwimmen, um die anstehende Mauser zu durchlaufen (SPURR 1974, S. 278). Nach PUENTE et al. (2013, S. 274) wird vermutet, dass die Humboldtpinguine etwa ab dem dritten oder vierten Lebensjahr geschlechtsreif werden.

Wie in Kapitel 1 erwähnt weisen die Humboldtpinguine keine äußerlichen Geschlechtsunterschiede auf. Zunächst sind Männchen oftmals größer und schwerer, was jedoch während des Juvenil-Stadiums schwer nachzuvollziehen ist und generell eine unsichere Bestimmungsmethode darstellt. Neben der Geschlechterbestimmung der Kloake konnte auch der Nachweis erbracht werden, dass aus Federproben der Humboldtpinguin die Geschlechterbestimmung möglich ist (COSTANTINI et al. 2008, S. 162).



## 4.5 GEFAHREN

Laut CRAWFORD et al. (2017, S. 373) gehören Humboldtpinguine mit zu den am stärksten gefährdeten Seevogelarten. Obgleich es die globale Erwärmung und die dadurch zunehmenden El-Nino-Ereignisse sind, die Verschmutzung der Meere durch Öl, die allgemeine Überfischung der Weltmeere und die damit verbundenen Problematiken durch gefährliche Fangmethoden (MEYER-GRÜNFELDT 2015, S. 23) – einzeln als auch in Kombination betrachtet, haben all diese Faktoren erhebliche Auswirkungen auf die Populationsdynamik.

Nach QUILLFELDT & MASALLO (2013, S. 337) haben u. a. die Fischerei sowie El-Nino Ereignisse prägenden Einfluss auf den Bottom-up Effekt im marinen Ökosystem. Das bedeutet, dass die Nährstoffkonzentration schwankt und somit die Biomasse der jeweiligen Trophiestufen abnimmt. Dies hat demnach einen negativen Einfluss auf die Nahrungsverfügbarkeit – es wird von dem Top-down Effekt gesprochen.

Darüber hinaus hat der Humboldtpinguin mit ca. 23.800 Individuen (IUCN 2020) noch nicht die 100.000 Individuen-Tendenz erreicht, was nach PUENTE et al. (2013, S. 272) die Einstufung als „gefährdet“ begründet.

### 4.5.1 Natürliche und invasive Prädatoren

Durch die Globalisierung und zahlreicher anthropogener Eingriffe in dem Lebensraum des Humboldtpinguins steigt die Zunahme sämtlicher invasiver Prädatoren, wie Haus- und Wanderratten (*Rattus rattus*, *R. norvegicus*). Der Nachwuchs der Humboldtpinguine ist Fressfeinden, wie die Dominikanermöwe (*Larus dominicanus*) und dem Andenschakal (*Lycalopex culpeo*), ausgesetzt. Im Wasser hingegen sind adulte Humboldtpinguine durch marine Prädatoren wie dem Südamerikanischen Seebär (*Arctocephalus australis*) ausgesetzt.

Tabelle 4: Auflistung der Prädatoren.

Art	
Hund ( <i>Canis familiaris</i> ), Katze ( <i>Felis catus</i> )	(IUCN 2020)
Andenschakal/-fuchs ( <i>Lycalopex culpeo</i> ), Schwarzbandmöwe ( <i>Larus belcheri</i> ), Dominikanermöwe ( <i>L. dominicanus</i> ), Chileskua ( <i>Stercorarius chilensis</i> )	(ZEPPEL 2004)
Hausratten ( <i>Rattus rattus</i> )	(IUCN 2020)
Wanderratte ( <i>Rattus norvegicus</i> )	(DANTAS et al. 2019, S. 13)

Schwertwal ( <i>Orcinus orca</i> ), Weißer Hai ( <i>Carcharodon carcharias</i> ), Südamerikanische Seebär ( <i>Arctocephalus australis</i> ), Südamerikanische Seelöwe ( <i>Otaria flavescens</i> ), Sechurafuchs ( <i>Lycalopex sechurae</i> ), Gemeiner Vampir ( <i>Desmodus rotundus</i> )	(PUENTE et al. 2013, S. 275)
---	------------------------------

#### 4.5.2 Aspergillose

Hierbei handelt es sich um eine Infektionskrankheit die durch einen Schimmelpilz (*Aspergillus fumigatus*) hervorgerufen (HAMZA et al. 2022, S. 81) und aktuell immer häufiger bei Humboldtpinguinen, die in menschlicher Obhut untergebracht sind, beobachtet wird (Thorel, et al., 2022, S. 2). Schlecht durchlüftete Bruthöhlen und eine höhere Luftfeuchtigkeit im Vergleich zum natürlichen Habitat stellen nach BUNTING et al. (2009, S. 508) ein höheres Infektionsrisiko als in freier Wildbahn dar. Das trockene Klima, das Salzwasser und das Substrat aus Guano im natürlichen Lebensraum hingegen bieten dem Pilz keine idealen Voraussetzungen (LINZMEIER 2002, S. 4).

„Diese Pilzreger kommen erst sekundär zum Tragen, z. B. infolge von massivem Stress, Verletzungen oder anderen Erkrankungen.“ (LINZMEIER 2002, S. 4)

Abhängig von Immunstatus oder pulmonaler Vorerkrankung sowie Stress kann Aspergillose zu schweren Atemwegserkrankungen führen (HUSEMANN & KOHLHÄUFL 2016, S. 340) – so z. B. zu Dyspnoe (Kurzatmigkei) (SPARROW & MACLINTOSH 2019, S. 169). Betroffene Humboldtpinguine werden zunächst einmal nur medikamentös behandelt bis weitere Therapiemöglichkeiten bestehen (THOREL et al. 2022, S. 2).

Mögliche Folgen sind nach BUNTING et al. (2009, S. 508):

- Lungengranulome,
- Atemnot und
- Tod.

Humboldtpinguine sind besonders anfällig – allgemein *Spheniscidae* – daher gelten jene Folgen der Infektionskrankheit als häufigste Todesursache in zoologischen Einrichtungen (GERMAN et al. 2002, S. 513). Kritisch sind in diesem Fall der schleichende Prozess des Krankheitsverlaufs und die Häufigkeit der Erkrankungen (GERMAN et al. 2002, S. 513).

### 4.5.3 Anthropogene Nutzung an Land und Meer

#### 4.5.3.1 Tourismus und Forschung

Humboldtpinguine gelten mitunter als beliebte Touristenattraktion. Jedoch sind sie im Vergleich zu anderen Pinguinarten recht scheu, mit einem geringen Gewöhnungspotenzial. Der Puls eines Humboldtpinguins kann bis auf das Dreifache ansteigen (Linzmeier, 2002, S. 2). Bereits bei einer Distanz von 150 m steigt ihre Herzfrequenz deutlich (Mattern et al., 2006, S.95). Ab etwa 50 m Distanz benötigen die Humboldtpinguine ca. fünf Minuten bis sich ihre Herzfrequenz normalisiert. Unter anderem kann ein solcher Eingriff Verhaltensweisen des Tieres verändern und mit einem Rückgang der Brutpopulation einhergehen und somit variiert der Bruterfolg mit dem Grad der menschlichen Aktivitäten (CELIS et al. 2013, S. 1815). Beispielsweise wird das Gelege aufgegeben und der Nachwuchs zurückgelassen (LINZMEIER 2002, S. 2). Nach MATTERN et al. (2006, S. 99) konnte beobachtet werden, dass in stark frequentierten Arealen bzw. touristischen Gegenden deutlich geringere Anzahl an aktiven Nestern vorzufinden sind, als in Gegenden die weniger besucht sind.

#### 4.5.3.2 Guanoabbau

Das Vorkommen des Guanos in großen Mengen, sodass dieser abbauwürdig ist, kommt nur in Nähe des Äquators, z. B. Atacamawüste, vor. Dort herrschende klimatischen Bedingungen, also geringere Niederschläge und warmes, trockenes Klima, lassen die Exkremete zu festen Guanoschichten werden (RODRIGUES & MICAEL 2020, S. 283). Die kalten, nährstoffreichen Auftriebssysteme des Humboldtstroms begünstigen die Anreicherung des Guanos, da in jener Region ein hohes Aufkommen verschiedenster Guano-Produzenten besteht (WOLFF 2017, S. 78). Die wichtigsten Lagerstätten befinden sich nach ROTT (2016, S. 87) zwischen 8°S und 21°S – u. a. die Chincha-Inseln (vor Peru). Guano besteht aus „*Exkrementen, Eierschalen und Kadavern von Seevögeln [...]*“ sowie Fledermäusen (JACOBS, SCHNUG, & STÖVEN 2016, S. 197). In Kombination mit dem darunterliegenden Gestein und bestimmten Faktoren, wie Zeit und Witterung, entsteht „*ein trockenes bis morastartiges Gemisch*“ (Rott, 2016, S. 83), dessen Hauptbestandteile Phosphor (12,5 %) und Stickstoff (8-21 %) sind (RODRIGUES & MICAEL 2020, S. 283). Der festsitzende Guano wird mit einer Spitzhacke gelöst und anschließend zusammengekehrt. Jene Arbeitsabläufe haben sich seit den vergangenen Jahrzehnten nicht verändert (JACOBS, SCHNUG, & STÖVEN 2016, S. 205).

Guano ist Grundlage für den Bau von Bruthöhlen für Humboldtpinguine und sind demnach auf das Substrat angewiesen (siehe Kapitel 4.5.3.2). Rund 17 von 27 Guano-Inseln sind durch Humboldtpinguin-Kolonien besetzt (HAYS 1984, S. 93). Seit Ende des 19. Jahrhunderts wird Guano als Düngemittel für Pflanzen verkauft – ca. 20 Megatonnen wurden nach Europa und die USA verschifft (WOLFF 2017, S. 78). Ein Raubbau, der gravierende ökologische Folgen mit sich zog: Verlust des Lebensraum und die damit einhergehenden Nistplatzmöglichkeiten führten folglich zu einem rapiden Rückgang der peruanischen Populationen (Bussalleu 2013, S. 6). So ist die unmittelbare Ernte nicht nur ein extremer Stressfaktor für die Humboldtpinguine, zusätzlich werden Nester zertrampelt, Eier zerstört, aber auch invasive Arten, z. B. *Rattus rattus*, eingeführt (BIRDLIFE-INTERNATIONAL 2020, S. 7). Des Weiteren wird der Nachwuchs häufig zurückgelassen, was wiederum zu einem verminderten Bruterfolg führt (DOIG-ALBA et al. 2022, S. 1).

#### 4.5.3.3 Industrielle Fischerei

Besonders das Fischen mit Kiemennetzen trägt dazu bei, dass sich Humboldtpinguine während des Tauchgangs verfangen und schließlich ertrinken (CRAWFORD et al. 2017, S. 376). Kiemennetze können beliebig verankert werden, am Meeresgrund oder schwimmend und lassen sich nicht vom Wasser farblich unterscheiden.

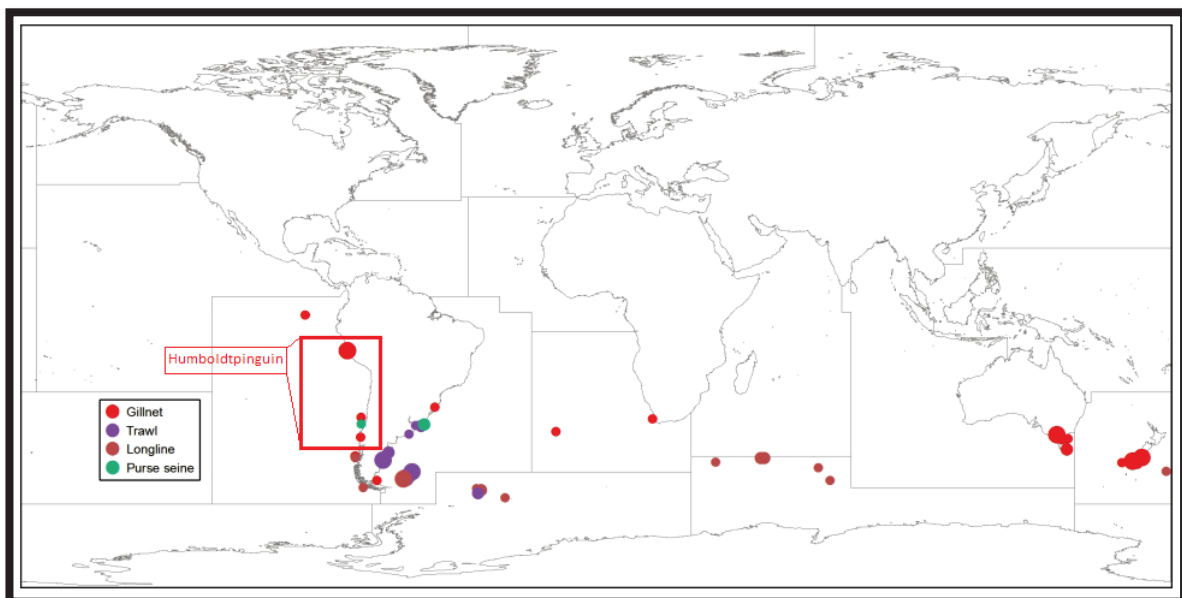


Abbildung 11: Die Punkte stellen die Fangareale dar: Kiemennetze (rot), Schleppnetze (lila), Langleinen (braun), Ringwadennetze (grün). Foto: CRAWFORD et al. 2017

Die Fangnetze werden in Küstennähe ausgetragen. Da dies auch das Haupteinzugsgebiet der Humboldtpinguine ist, ist der Beifang dort besonders hoch (SIMEONE, BERNAL, & MEZA 1999, S.

159. Vor allem im Bereich des Humboldtstroms ist die industrielle Fischerei stark vertreten und stellt hier – wie auf Abbildung 11 ersichtlich – vorwiegend Kiemennetze auf.

Nach CRAWFORD et al. (2017, S. 380) wurden in Chile zwischen den Jahren 1991 und 1996 etwa 605 verendete Humboldtpinguine durch Beifang in Corvina Kiemennetze aufgezeichnet. In Peru ist das Haupteinzugsgebiet der Fischerei vor Punta San Juan. Wie bereits in Kapitel 4.3 erwähnt befinden sich auf Punta San Juan wichtige Brutkolonien – dabei wurden im Jahr 1992 über 400 tote Humboldtpinguine aufgezeichnet (CRAWFORD et al. 2017, S. 380). So ist nach PAREDES et al. (2003, S. 130) die Hauptursache für die Sterblichkeit adulter Humboldtpinguine während der Nicht-El-Nino-Jahre der Beifang durch die Fischerei mit Kiemennetzen.

Daneben stellt die Überfischung eine weitere Problematik dar. Nach KAMPWIRTH (2009, S. 3) werden jährlich etwa 82 Mio. t Wildfischbestände mit zerstörerischen Fangmethoden gefangen. Aufgrund hohen Fangquoten und der fortlaufenden Ressourcenknappheit, ist das dortige Gewässer stark ausgebeutet. Das Nahrungsangebot ist für die Humboldtpinguine demnach knapp – zumal die industrielle Fischerei auf jene Fischarten abzielt, die das Beutespektrum des Humboldtpinguins umfasst. Somit entsteht ein Konkurrenzverhalten zwischen der Fischerei und dem Humboldtpinguins. Illegales töten der Humboldtpinguine als Nahrungersatz sowie die Folgen durch die Störungen führen zusätzlich zu einer erhöhten Sterblichkeitsrate (PAREDES et al. 2003, S. 136).

#### 4.5.3.4 Hafenwirtschaft/-bau

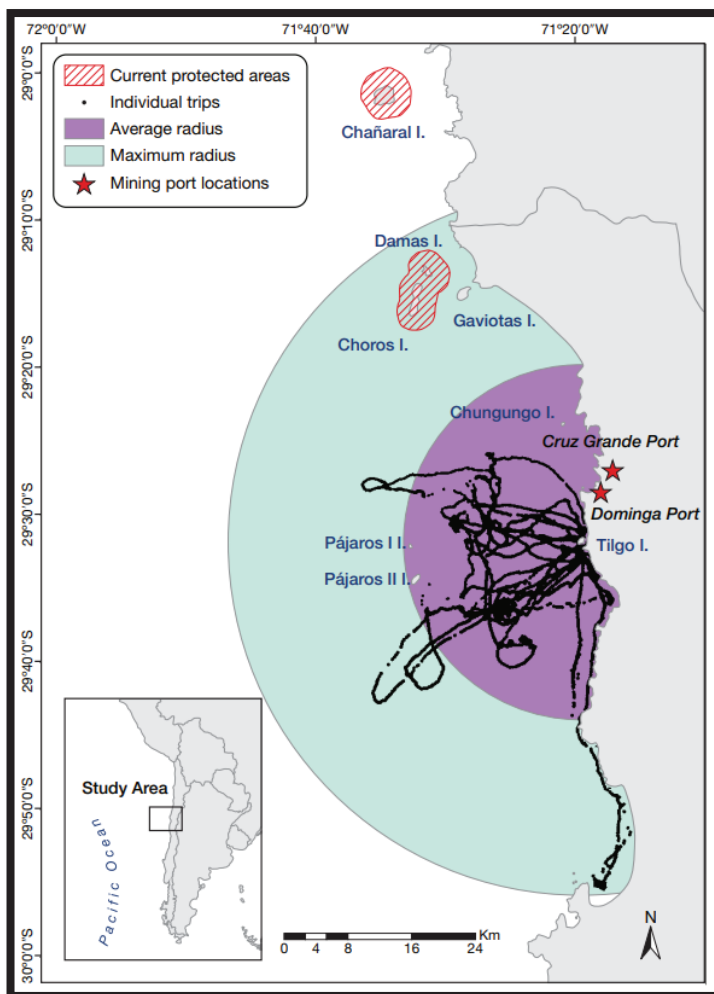


Abbildung 12: Diese Darstellung veranschaulicht hierbei den durchschnittlichen Radius während des Nahrungserwerbs (violett) auf der Insel Tilgo. Die Inseln in blauer Schrift bezeichnen die wichtigen Brutstätten des Humboldt-Archipels, die roten Sterne sind die geplanten Tagebaustätten. Die aktuellen Schutzgebiete sind rot gestreift. Foto: QUISPE et al. 2020

Das „Dominga-Projekt“ ist ein stark umstrittenes Bergbau- und Hafenprojekt und grenzt u. a. direkt an drei Hotspot-Inseln auf denen Humboldtpinguin-Kolonien Brüten – Punta de Choros, Isla Damas und Isla Choros (LENNINGER 2015, S. 9). Darüber hinaus sind die Inseln Damas sowie Choros Teil des „Reserva Nacional de Pinguino Humboldt“, welche rund 30 km von dem Haupthafen des Dominga-Projektes entfernt liegen (siehe Abbildung 12). Jenes Projekt wurde von der Regionalkommission als umweltfreundlich eingestuft. Was nach KNAUF (2009) jedoch von der nationalen Behörde für Umweltverträglichkeitsprüfung

ausgiebig geprüft werden muss.

Das Hafenprojekt bringt verschiedenste Risiken für die Humboldtpinguine und deren Umwelt mit sich: Öl-, Licht-, Lärmverschmutzung, Lebensraumverlust, zudem erhöht sich der Schiffsverkehr (URBINA et al., 2021, S. 1208).

#### 4.5.4 Klima-Phänomen El-Nino

Das El-Nino-Phänomen ist eine erhebliche Störung, welche nach CULIK (2019) periodisch in etwa alle vier bis sieben Jahren auftritt und nach LIPPELT & SCHRICKER (2016, S. 57) etwa alle zwei bis sieben Jahre. In der Regel stauen Äquatorial-Winde aus östlicher Richtung das warme Oberflächenwasser im Westpazifik, nahe Australien und Indonesien, auf (NEELIN & LATIF 1998, S. 34). Demnach ist der Meeresspiegel dort höher als im Ostpazifik (Südamerika) (LAU & YANG

2003, S. 2507-2508). Darüber hinaus wird El-Nino auch als „El-Nino-Southern-Oscillation (ENSO)“ bezeichnet, da jene Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ozean während der El-Nino-Phase nicht in Einklang ist. Der ursprüngliche thermodynamische Prozess wird dabei verschoben (TRENBERTH 1997, S. 2772). Grund hierfür ist die große Trägheit des Ozeans, welcher nach STRANGWAYS (2010, S. 144) Monate braucht, um sich den Windverhältnissen anpassen zu können. Zum Ausgleich strömt kaltes, nährstoffreiches Tiefenwasser nach oben („Upwelling“) und vermischt sich mit dem aus den antarktischen Gewässern stammenden Humboldt-/Peru-Strom und lässt eine westwärts gerichtete Kaltwasserzunge entstehen (STRANGWAYS 2010, S. 141). Das schafft ideale Bedingungen für diverse marine Organismen, wie dem Humboldtpinguin. Während der El-Nino-Phase fällt das typische Hochdruckgebiet (Trockenperiode) im Westpazifik und über Südamerika ab und es entsteht ein Tiefdruckgebiet (Feuchtperiode) (STRANGWAYS 2010, S. 143), welches vermehrt Niederschläge, Stürme und demnach Überschwemmungen mit sich bringt (GENG et al. 2022, S. 1). Diesbezüglich verringert sich der Druckgegensatz über dem Pazifik und die Passatwinde, welche das kalte Oberflächenwasser des Humboldtstroms westwärts drängen, flauen ab (BRÖNNIMANN 2007, S. 2). Darüber hinaus stauen die Westwinde die Warmwassermassen Richtung Westpazifik auf – wodurch der Meeresspiegel vor der Küste Südamerikas ansteigt (LAU & YANG 2003, S. 2508). BRÖNNIMANN (2007, S. 2) zufolge steigt die Meerestemperatur bis zu 5 °C über dem Normalwert an (siehe Kapitel 4.3). Sobald die warmen und nährstoffarmen Wassermassen aus dem Westpazifik auf den südamerikanischen Kontinent treffen, breiten sich diese nach Norden und Süden an der Westküste entlang aus und schwächen mit zunehmendem Breitengrad ab (HENNICKE 2001, S. 74). Aufgrund der verheerenden klimatischen und ozeanographischen Veränderungen wird das Nahrungsnetz grundlegend gestört. Während der El-Nino-Periode findet eine verringerte Nährstoffversorgung und somit eine geringere Primärproduktion statt – was u. a. einen Zusammenbruch der Fischpopulationen zur Folge hat (PUENTE et al. 2013, S. 276). Folglich befinden sich zu jenem Zeitpunkt die sonst pelagischen Fischarten unterhalb der Temperatursprungschicht (Thermokline) – in mehr als 100 m Tiefe (CULIK, HENNICKE, & MARTIN 2000, S. 2311). Nach STRANGWAYS (2010, S. 144) dauert jenes Phänomen etwa neun bis zwölf Monate an und beginnt dabei etwa zwischen Juni und August, wobei die stärkste Zeit zwischen Dezember und April stattfindet und klingt dann zwischen Mai und Juli im folgenden Jahr langsam ab. Manche Episoden können bis zu zwei Jahre anhalten (STRANGWAYS 2010, S. 144).

CULIK, HENNICKE & MARTIN (2000, S. 2311) zufolge nehmen die Brutpopulationen während der ENSO-Ereignisse um rund 65-72 % ab. Stark betroffen sind die Humboldtpinguine während ihrer Brutperiode im Südsommer (HENNICKE 2001, S. 68) – vor allem jene Humboldtpinguin-Kolonien die an den Küsten Perus brüten (SIMEONE et al. 2002, S. 44). Das El-Nino Ereignis bspw. zwischen 1982 und 1983 führte zu einem Rückgang, wodurch die Zahl der Humboldtpinguin-Individuen in Peru um etwa 65 % auf 2.100-3.000 sank (McGill, et al., 2021, S. 9). Bezüglich der chilenischen Population sank die Zahl von 10-12.000 auf 3.000 im Jahr 1984 (McGILL et al. 2021, S. 9).

Die Humboldtpinguine überschreiten dabei ihren Radius für die Nahrungsbeschaffung und befinden sich während jener Zeit in einem Umkreis von ca. 55 km bis 95 km von ihrem Brutgebiet entfernt (CULIK, HENNICKE, & MARTIN 2000, S. 2317). Dabei kann der Nachwuchs weiterhin versorgt werden, jedoch mit einem höheren Energieaufwand für die Elterntiere als üblich. Nach PUENTE et al. (2013, S. 275) erhöht sich der Energieaufwand von 2800 kj auf 4300 kj. Zuteilen legen einzelne Humboldtpinguine zwischen 190 km und 500 km zurück (CULIK, HENNICKE & MARTIN 2000, S. 2313; ZOO WUPPERTAL 2023). Es wird davon ausgegangen, dass bei solchen Distanzen das Brutgeschäft aufgegeben wird, da sich die Elterntiere länger als fünf Tage auf See aufhalten müssen (CULIK, HENNICKE, & MARTIN 2000, S. 2313). Dadurch ist der Nachwuchs auf sich allein gestellt – oftmals verhungern die Küken oder werden von Prädatoren gefressen (Hennicke 2001, S. 68). Jene Küken, die bereits Wochen vor Beginn des Klimaphänomens geschlüpft sind, ausreichend versorgt wurden und bis Dezember (Beginn starker EN-Phase) flügge sind, haben eine deutlich höhere Überlebenschance (Hennicke, 2001, S. 68). Neben solchen Distanzen wurden nach CULIK, HENNICKE & MARTIN (2000, S. 2313) beobachtet, dass einige Tiere kurzfristig auswandern (Emigration) und sich erst wieder in ihrer ursprünglichen Kolonien einfinden, sobald sich die äußeren Umstände reguliert haben. Darüber hinaus kommt es in den sonst relativ trockenen Arealen an der Westküste Südamerikas zu teilweise starken Niederschlägen und so auch zu Überschwemmung der Brutplätze. Die Elterntiere geben ihre Brut auf – nach HENNICKE (2001, S. 69) kann es so zu Brutaufgaben zwischen 47 % und 94 % kommen. Die anhaltenden Schwankungen der Nahrungsgrundlage können zudem zu schlechter Fruchtbarkeit, frühen Embryotod, schwachen Immunsystem, erhöhte Kükensterblichkeit und Krankheiten führen (Colchao, et al., 2020, S. 246). Nach PAREDES et al. (2003, S. 136) wurde zudem beobachtet, dass sich die Verteilung und Dichte der Populationen im zentralen Küstenbereich von Peru deutlich



verändern. Die Rede ist von einem wachsendem Migrationshintergrund in Richtung südlicheren Küstenbereichs von Peru. Dies lässt vermuten, dass die deutlich länger anhaltenden und stärker werdenden ENSO-Ereignisse dazu führen, dass die Humboldtpinguin-Kolonien sich der Gegebenheit entsprechend anpassen und folglich auswandern.

#### 4.5.5 Globale Erwärmung

Nach TRATHAN et al. (2014, S. 37) sind die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die Humboldtpinguine aktuell schwer zu bestimmen, da wenig Daten zur Verfügung stehen. Nach DUENAS et al. (2021, S. 2) soll sich jedoch die Häufigkeit der ENSO-Ereignisse von einem 10 bis 15 Jahre Zyklus auf einen drei bis fünf Jahre Zyklus seit dem 21. Jh. verkürzt haben.

Somit wird vermutet, dass aufgrund fortschreitender Anomalien des Meeres selbst sowie der Meerestemperaturen und deren Auswirkungen auf die ENSO-Intensität beeinflussen (DUENAS, JIMÉNEZ-UZCÁTEGUI, & BOSKER 2021, S. 2). Die ENSO-Intensität, d. h. die Zunahme der Häufigkeit und vermehrt anhaltende Dauer einer EN-Periode, können somit im direkten Zusammenhang mit der globalen Erwärmung stehen.

Nach BALDENHOFER (2023) konnte zudem beobachtet werden, „(...), dass eine größere Anzahl von El-Nino-Ereignissen in den letzten 20-30 Jahren mit Temperaturveränderungen verbunden war (...)“. Wobei nicht gesagt werden kann, dass der Klimawandel eindeutig die Stärke und Häufigkeit von ENSO-Ereignissen beeinflusst. *„Die instrumentellen Aufzeichnungen und paläoklimatischen Proxy-Daten (Korallen, Baumringe, Sedimentkerne) zeigen, dass ENSO während des gesamten Holozäns (der letzten 11.700 Jahre) alle möglichen unterschiedlichen Muster und Amplituden gezeigt hat.“* (Baldenhofer 2023)

Die Auswirkung ist eine stetig zunehmende Verringerung der Produktivität des marinen Ökosystems und beeinflusst somit die Dynamik des Nahrungsnetzes (VIANNA et al. 2014, S. 153). Aufgrund geringerer Nahrungsverfügbarkeit sind die Folgen für den Humboldtpinguin nach QUILLFELDT & MASELLO (2013, S. 350) Emigration sowie Brutversagen.

Zusätzlich zu den üblichen Folgen der ENSO-Ereignisse wächst das Risiko der anhaltenden Beeinträchtigung der Humboldtpinguin-Populationen, aufgrund der zunehmenden Klimaschwankungen und -veränderungen, stetig (DUENAS, JIMÉNEZ-UZCÁTEGUI, & BOSKER 2021, S. 2). Extreme Wetterereignisse, wie Niederschlagsmengen sowie Stürme, nehmen zu, sodass Überflutungen und folglich die Gefahr der Nistplatzverlusts drastisch steigt.

## 4.5.6 Umweltbelastungen

### 4.5.6.1 Ölverschmutzung

Humboldtpinguine sind durch die Ölkatastrophen stark betroffen, da sie aufgrund ihres Nahrungserwerbs in der Regel bis zu 35 km von ihrem Brutgebiet hinaus auf offene Meer schwimmen und dabei die Ölschicht oftmals nicht wahrnehmen (QUISPE et al. 2020, S. 205). Da sie während der Brutzeit kontinuierlich auf die Nahrungserwerb sind (TRATHAN et al. 2014, S. 35) und zusätzlich während der El-Nino-Perioden ihren Radius auf See vergrößern müssen, überschneidet sich der marine Verbreitungsraum der Schifffahrtszone mit dem der Humboldtpinguine. Nach TRATHAN et al. (2014, S. 35) finden die meisten Ölverschmutzungen vorwiegend vor Südamerika und -afrika statt.

Die Verschmutzung durch Öl wirkt sich bei Humboldtpinguinen in dreifacher Weise aus (GRACIA-BORBOROGLU et al. 2008, S. 3-4):

- Verölte Federn fallen aus und verfilzen,
- Isolation nicht mehr gegeben (kühlen aus) und
- Auftrieb kann verloren gehen (sinken und ertrinken).

Das heißt aufgrund dessen, dass das Gefieder mit Öl verseucht ist, ist es nicht mehr wasserdicht (CULIK & WILSON 1995, S. 300). Das liegt daran, dass das zusammengeklebte Gefieder keine isolierende Luftschicht zwischen Federkleid und Haut besitzt und sie demnach weniger Auftrieb haben und das kalte Wasser durch das Federkleid dringt – dadurch verbrauchen sie etwa 50 % mehr Energie, um den höheren Wasserwiderstand auszugleichen (CULIK & WILSON 1995, S. 300). Zudem verlieren sie mehr Wärme als sie erzeugen können. Darüber hinaus nimmt das Tier beim Putzen des Federkleids das giftige Öl auf.

#### 4.5.6.2 Plastik und Müll

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen der hohen Belastung der Meere mit Plastikmüll und dem Rückgang der Humboldtpinguin-Population liegen derzeit wenig Studien vor. Potenzielle Gefahren entstehen dennoch auch hier. Laut SCHMÄING, STEINLEIN, GROTHJOHANN (2019, S. 80) werden global pro Stunde etwa 675 t Müll direkt in die Meere entsorgt – rund die Hälfte davon besteht aus Plastik. Laut KAMPWIRTH (2009, S. 16) landen etwa 70 % des Mülls auf dem Meeresboden, rund 15 % werden wieder an Land gespült und weitere 15 % treiben auf dem Meer. Vor allem stark betroffen sind der Indische und der Pazifische Ozean (KAMPWIRTH 2009, S. 16).

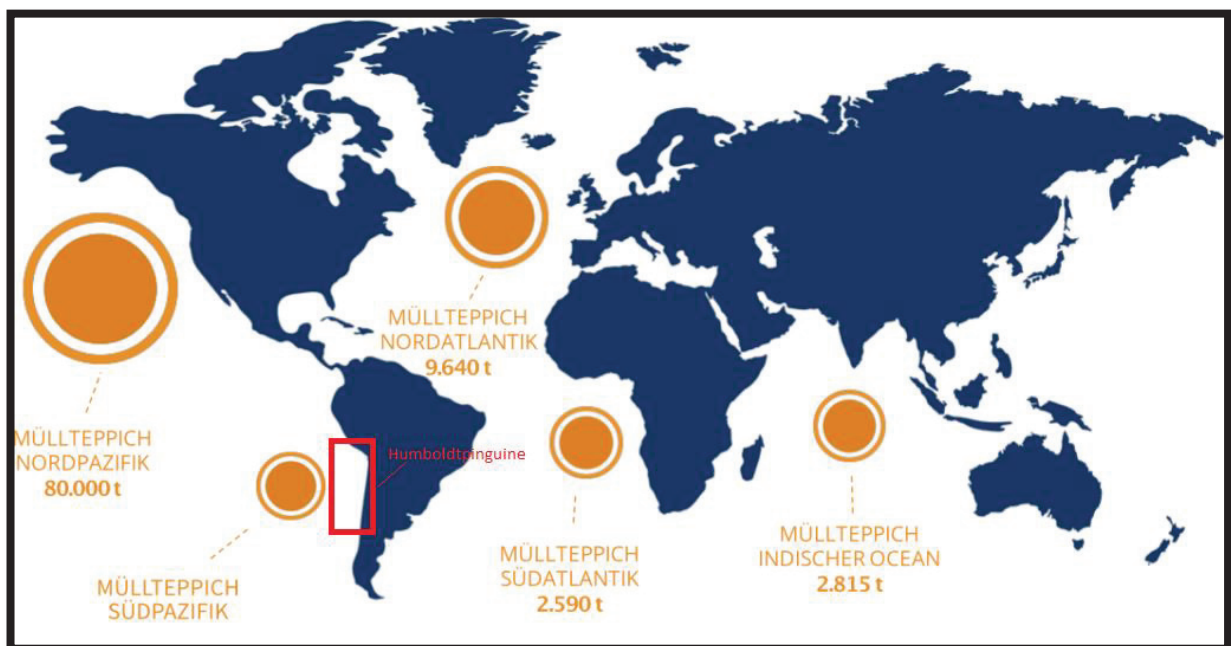


Abbildung 13: Meeresströmungen tragen das Plastik zusammen, sodass riesige „Müllinseln“ entstehen. Foto: IFOPR 2023

#### 4.5.6.3 Schwermetalle

Nach ADKESSON et al. (2019, S. 438) wird vermutet, dass Humboldtpinguine einer Höhe an Schadstoffen ausgesetzt sind, die offenbar noch nicht zu auffallenden Einschränkungen in ihrer Lebensweise und Gesundheit führen. Dennoch sind die erhobenen Daten toxischer Elemente essenziell für eine stete Umweltüberwachung.

Schwermetalle existieren weltweit. Zu ihnen gehören u. a. Arsen (As), Kadmium (Cd), Blei (Pb), Mangan (Mn), Aluminium (Al), Quecksilber (Hg) und eine weitere Reihe an chemischen Elementen. Humboldtpinguine sind aufgrund ihrer ausgedehnten Verbreitung und ihrer Eigenschaft als Top-Prädatoren nützliche Indikatoren für den Grad der Verunreinigung durch

Schwermetalle, da jene Schadstoffe zu Bioakkumulation neigen (CELIS et al. 2013, S. 1816). Schwermetalle können in verschiedensten Anwendungsgebieten zum Einsatz kommen – z. B. als Pigmente in Farben, als Stabilisatoren und Katalysatoren in Kunststoffen, Bioziden, Flammschutzmitteln, Legierungen und Schutzüberzügen (SCHERER 2019, S. 34). Darüber hinaus gelangen sie durch natürliche Erosion und geochemische Kreisläufe ins terrestrische und marine Ökosystem. Industrielle und landwirtschaftliche Abwässer sowie der Einsatz von Pestiziden, Ölverschmutzung, Verbrennungsanlagen, Bergbau, Verstädterung, Flug- sowie Schiffsverkehr und andere anthropogene Einflüsse können die Anreicherung der Schwermetalle begünstigen (CELIS et al. 2013, S. 1816).

Der Hauptausscheidungsweg der Schwermetalle erfolgt beim Humboldtpinguin über die Federn – anhand der Federproben kann teilweise eine Gesamtkörperbelastung von 70 % bis 93 % nachgewiesen (DODINO et al. 2021, S. 2). Laut VEGA et al. (2009, S. 460) können die unterschiedlichen Werte, beispielsweise in der Leber, von Region zu Region innerhalb einer Art variieren, da diese sich beispielsweise aufgrund des Nahrungsangebots unterschiedlich ernähren.

Schwermetalle können im Körper schwerwiegende Schäden anrichten: z. B. Lähmungen, erhöhte Mortalität, Störungen im Kalziumhaushalt mit einhergehender erhöhter Skelettbrüchigkeit, Verringerung der Nahrungsaufnahme sowie Wachstums- und Fruchtbarkeitsstörungen in Folge von verminderter Eiablage, Ausdünnung der Eierschale und Veränderungen des Verhaltens (ESPEJO et al. 2017, ÁLVAREZ-VARAS et al. 2018, S. 76). Darüber hinaus ist die Konzentration von Quecksilber in adulten Humboldtpinguinen höher als im Nachwuchs. Des Weiteren konnten geringe Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Humboldtpinguinen festgestellt werden. Dies könnte an der Physiologie oder unterschiedlichen Strategie der Nahrungssuche liegen. Darüber hinaus entstand in diesem Zusammenhang die „Egg Depuration Hypothesis“ – eine Hypothese, die vermuten lässt, dass durch die Eiablage ein Teil des Hg ausgeschieden wird (ÁLVAREZ-VARAS et al. 2018, S. 76).

Allgemein betrachtet sind jene Schwermetalle potenziell toxisch für Humboldtpinguine und können schwere Schäden an Nieren, Leber und dem zentralen Nervensystem verursachen (CELIS et al. 2013, S. 1816). Nach DODINO et al. (2021, S. 2) sowie JIMÈNES-UZCATEGUI et al. (2017, S. 159) werden die Proben von lebenden Tieren aus Federn gewonnen, da dies „ethisch vertretbar“ ist. Nach JEREZ et al. (2012, S. 3301) können neben Federn auch Proben aus Eierschalen und Kadavern gewonnen werden. Nach CELIS et al. (2013, S. 1815) werden zudem

Proben aus den Ausscheidungen der Humboldtpinguine entnommen, da sogenannte Porphyrine (organisch-chemische Farbstoffe) in Leber und Niere gebildet werden und jene Metalle binden, wodurch Schwermetalle in den Ausscheidungen nachgewiesen werden können. Nach METCHEVA et al. (2011, S. 577) konnte zudem auch beobachtet werden, dass der Kadmium Gehalt bei den Humboldtpinguinen bis zu 46-Fach höher liegt als bei Eselspinguinen (*P. papua*). Dies begründet sich darin, dass das Aufkommen von menschlichen Aktivitäten in der Antarktis deutlich geringer ist als in stark frequentierten Gebieten in denen Cadmium durch z. B. Bergbau freigesetzt wird (CELIS et al. 2013, S. 18199. In Peru, in Punta San Juan, finden verstärkten Bauaktivitäten statt. Nach KOOYMIJIAN et al. (2022, S. 617) wird vermutet, dass die Konzentrationen während der El-Nino Jahre und darüber hinaus noch deutlich zunehmen werden. Grund dafür sind erhöhte Niederschlagsmengen und die damit zusammenhängenden Überschwemmungen, welche so zu Auswaschungen von Schwermetallen führen können. Jene Auswaschungen können zu einer erhöhten Aufnahme von beispielsweise Kadmium und Arsen bei Mollusken wie Muscheln führen, welche dann ins Nahrungsnetz gelangen.

#### 4.6 SCHUTZ

Unter anderem setzten sich Wissenschaftler und Forscher mit dem Rückgang der jeweiligen Humboldtpinguinpopulationen auseinander und versuchen mit modernster Technik, u. a. mittels Satellitentechnik, an Informationen zu gelangen. Darüber hinaus existieren und handeln weltweit Organisationen, Stiftungen zum Schutz des Humboldtpinguins, welche u. a. von Deutschland aus arbeiten und mit zahlreich Kooperationen (Vereine, Zoos, Wissenschaftler, ehrenamtlichen Helfer usw.) dazu beitragen, dass Projekte erfolgreich umgesetzt werden können. Im nachfolgenden Teil wird ein Verein vorgestellt, welcher sich bereits seit Jahren dem Schutz der Humboldtpinguine widmet und zahlreiche Projekte initiiert hat. Darüber hinaus wird das Europäische Erhaltungszuchtprogramm (EEP) dargestellt, welches sich mit der Arterhaltung in Zoos lebenden Humboldtpinguinen auseinandersetzt. Jene Institutionen sollen lediglich als Veranschaulichung dienen und aufzeigen, wie viel Arbeit und Mühe in solche Programme gesteckt werden und wie lohnenswert diese Aufgaben und Bemühungen sind. Folglich gibt es d eine Handvoll weiterer Netzwerke, welche sich mit dem Erhalt der Humboldtpinguine befassen.

#### 4.6.1 Europäische Erhaltungszuchtprogramme – Artenschutz im Zoo

Das EEP ist ein Projekt, welches von dem Europäischen Zooverband (EAZA) gemanagt wird und u. a. zooübergreifend dazu beiträgt, dass Schutzbemühungen von gefährdeten und endemischen Tierarten auch außerhalb ihres natürlichen Lebensraumes stattfinden (EAZA 2019, S. 5). Ein Schwerpunkt des EEPs liegt in der Bewahrung der genetischen Variabilität (LINZMEIER 2002, S. 3).

##### 4.6.1.1 Ex-Situ Zuchten

Nach MATSCHI (2021, S. 602) wird in Europa der Schwerpunkt der Erhaltungszucht auf sechs Pinguinarten gelegt, darunter auch auf Humboldtpinguine: „[...] *Humboldt- und Brillenpinguine werden durch die Zoos Košice/CZ und Artis in Amsterdam/NL betreut.*“ Der Export von wildlebenden Humboldtpinguinen in Zoos begann in den frühen 80er Jahren (Populationsstatus „bedroht“) und endete im Jahr 1983 (BLAY & COTÉ 2001, S. 546). Fortan musste der Fortbestand der Populationen in Zoos ohne den Import bewerkstelligt werden (Blay & Coté, 2001, S. 546). Nachdem Mitte des 20. Jahrhunderts der Rückgang zahlreicher Tierarten bemerkt worden war, wurde das Wort „Arterhaltung“ erst geprägt (BECKER 2020, S. 5).

*„Auch in Zoologischen Gärten spielte der Artenschutz bis zur Mitte des 20. Jahrhunderts eine unwichtige Rolle, da man den Nachschub für vertriebene Zootiere noch einer „mehr oder weniger intakten Natur oder freien Wildbahn“ entnehmen konnte.“* (Becker, 2020, S. 5)

Die Daten die während eines Zuchtprogramms gesammelt werden, werden auf einer gemeinsamen Datenbank gespeichert, sodass alle beteiligten Zoos Zugriff auf die Daten anderer Zoos erhalten (siehe Kapitel 4.6.1.2) (BECKER 2020, S. 9). Da auch die Ex-Situ Forschung nützliche Ergebnisse (Ethologie, Zoologie, Ökologie, Physiologie, Genetik, Tiermedizin, Pathologie) erbringt, sind diese oftmals von großem Nutzen für freilebende Populationen (BECKER 2020, S. 3).

Wichtige Bestandteile einer erfolgreichen Zucht sind folgende Punkte (ZOO FRANKFURT 2021, S. 8, 12):

- Der Austausch von Tieren zwischen Zoos,
- ein sicherer Transport und
- ein nachhaltiges Populationsmanagement für die ideale Zusammenstellung von funktionierenden sozialen Gruppen sowie geeigneter Zuchtpaaren.

Am Beispiel des Frankfurter Zoos wurden im Jahr 2021 mithilfe des EEPs und unter Beobachtung eines nachhaltigen Populationsmanagements 29 Humboldtpinguinküken gezüchtet (ZOO FRANKFURT 2021, S. 12).

#### 4.6.1.2 In-Situ Zuchten

Bei In-Situ handelt es sich um wichtige Erhaltungszuchtprogramme im natürlichen Lebensraum. Darüber hinaus arbeiten Ex-Situ sowie In-Situ Akteure regelmäßig für den Austausch an Fachwissen und Erfahrungen zusammen, erstellen Erhaltungsstrategien/Aktionspläne und setzen diese um (EAZA 2019, S. 6). Nachfolgend werden der Verein Spheniscus e. V. sowie weitere Schutzprojekte verschiedenster Netzwerke vorgestellt. Alljense setzen sich für den Erhalt der Brutgebiete und der In-Situ Populationen ein.

#### 4.6.2 *Spheniscus e. V.*

Der Verein trägt dazu bei, dass die Humboldtpinguine in Chile und Peru durch diverse Schutzmaßnahmen ihrem natürlichen Instinkt nachgehen können. Vorrangige Ziele sind der Erhalt der Art, die Unterschutzstellung und Überwachung der Brutkolonien (Monitoring), die Errichtung von Meeresschutzzonen sowie die Durchsetzung von Fangverböten mit Kiemnetzen und das Verhindern des Fischens mit Dynamit. Zudem möchte der Verein mittels regelmäßig stattfindenden Aktionen mit Vorträgen, Informationsveranstaltungen für Kinder, Protestaktionen und unterschiedlichen Kampagnen die Menschen bezüglich des Natur- und Artenschutzes sensibilisieren. Dafür dienen oftmals die erhobenen Daten verschiedener Projekte, wie bspw. Dem Forschungsprojekt „*Bruterfolg auf den Ballestas?*“. Jene Forschungsarbeit soll u. a. über den Bruterfolg auf den Inseln aufklären. Mit Sitz in Deutschland und zahlreichen europäischen Zoos als Mitglieder gibt Spheniscus e. V. auch diesen nützliche Tipps für eine artgerechte Haltung und Zuchterfolge. Darüber hinaus bestehen Kooperationen für die Inseln Ballestas, Chinchu, San Galan, Independencia, Santa Rosa und dem Areal Tres Puertas in der Region Piscomit mit der peruanischen non-profit Organisation „*Areas Costeras y Recursos Marinos*“ (ACOREMA). Gemeinsam gestalten sie im Auftrag des Vereins verschiedenste Programme im Bereich der Umweltbildung. Ein Projektbeispiel ist „*Queremos vivir*“ („wir wollen leben“), welches bezüglich des Humboldtpinguins und seinem Lebensraums aufklären soll. Zielgruppen sind dabei vorwiegend Grund- und Vorschulen. In Chile liegt der Schwerpunkt auf die immer wieder geplanten Industrieprojekte, welche große Teile des Lebensraum der Humboldtpinguine einnehmen. Der

Forschungsgegenstand des Projekts sind wesentliche Fragen, z. B. „Wie ist der Bruterfolg der Humboldt-Pinguine?“.

Um jene Wissenslücken schließen zu können, appellierte 2019 die *Conservation Planning Specialist Group* (CPSG) der IUCN Forscher, solchen Fragen nachzugehen. Somit führt Sphenisco e. V. mit renommierten chilenischen und neuseeländischen Forschern ein etwa 6-jähriges Forschungsprojekt auf den Inseln Choros und Chanaral durch. Hierbei wird ein Monitoringprogramm zum Bruterfolg sowie Nahrungsverhalten umgesetzt. Die Vögel werden mit Fahrtenschreiber ausgestattet.

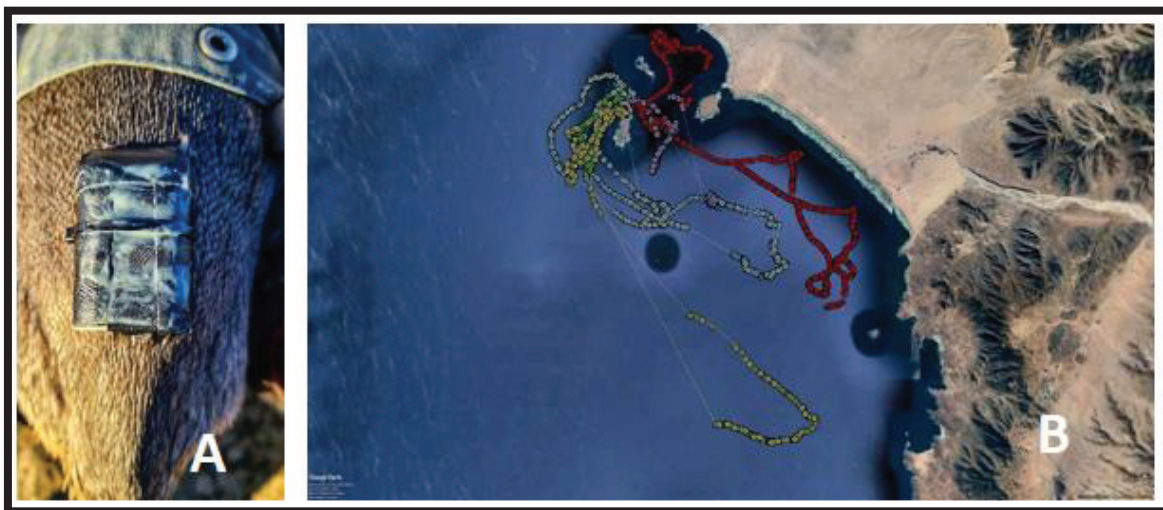


Abbildung 14: Humboldtpinguin ausgestattet mit Fahrtenschreiber (A). Dabei konnte beobachtet werden, dass die die Kolonie auf der Westseite auf Isla Choros vorwiegend südlich nach Nahrung suchten, während die Kolonien in östlichen Teil der Insel in Küstennähe jagen (B). Hierbei bleibt die Frage offen inwieweit das „Dominga Project“ eine prägende Rolle spielt (siehe Kapitel 5.4.3.4). Fotos: W. KNAUF 2022

### 4.6.3 Schutzgebiete

#### 4.6.3.1 Chile – “Reserva Nacional Pingüino de Humboldt”

Das „Reserva Nacional Pingüino de Humboldt“ wurde 1990 mit einer Fläche von 888,68 ha von dem chilenischen Landwirtschaftsministerium „Corporación Nacional Forestal“ (CONAF) gegründet (CONAF 2023) und umfasst zwei verschiedene Gebiete – die Region Atacama (Isla Chanaral) sowie die Region Coquimbo Inseln (Isla Damas & Choros) (siehe Abbildung 15) (Fernández 2017, S. 18). Hierbei sind Monitoringprogramme, z. B. über Veränderungen der Populationsdichte sowie Erhaltungsmaßnahmen und Fortbestand bedrohter Arten, wichtige Bestandteile der Schutzmaßnahmen der Schutzgebiete (FERNÁNDEZ 2017, S. 19). Ziel ist die Förderung des verantwortungsvollen Tourismus sowie die Kenntnisse des marinen Ökosystems des RNP zu vertiefen (CONAF 2023). Isla Chanaral gilt als Chiles wichtigstes Brutplatzareal für Humboldtpinguine. Im Laufe der vergangenen Jahre konnte durch die



umgesetzten Maßnahmen ein deutlicher Bruterfolg verzeichnet werden. Noch bis etwa 2002 lagen die Populationstendenzen auf Isla Chanaral bei ca. 3.500 Individuen (MATTERN et al.

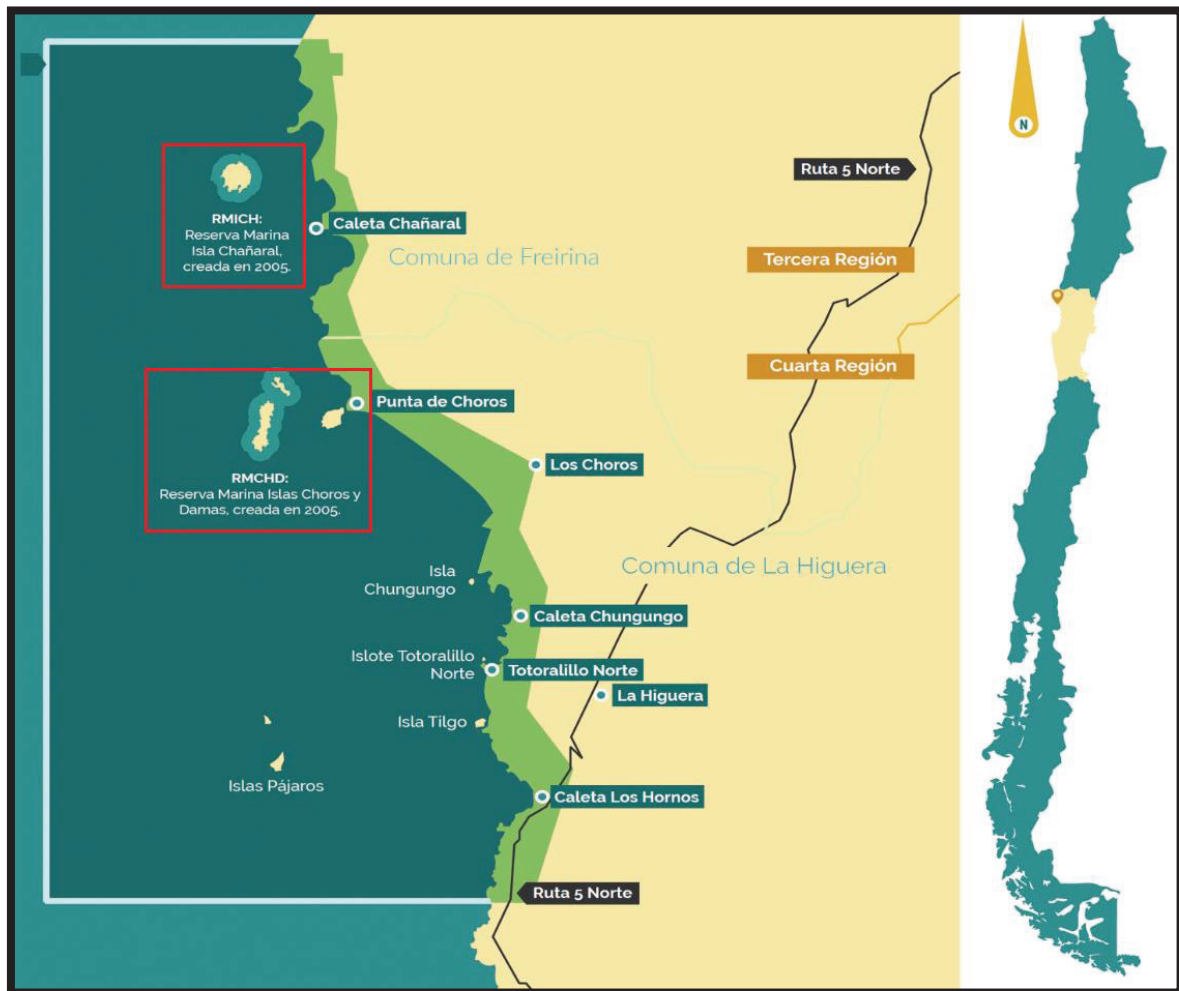


Abbildung 15: Geografische Darstellung des unter Schutz gestellten Humboldt-Archipel. Die Fläche beträgt etwa 3.423 km<sup>2</sup> (ALIANZA HUMBOLDT 2023). Foto: ALIANZA HUMBOLDT 2023

2004, S. 368). Die starken Fluktuationen entstehen aufgrund der ENSO-Ereignisse.

#### 4.6.3.2 Peru

Punta San Juan beherbergt die größte Brutkolonie im Verbreitungsraum des Humboldtpinguins. Der Verlust von Nistmöglichkeiten kann erhebliche Auswirkungen auf den Bruterfolg haben. Somit sind solche Maßnahmen ein essenzieller Bestandteil für die Arterhaltung.

Mögliche Störungen werden vermerkt und entsprechende Schutzvorkehrungen getroffen (CARDENAS & CARDENA-MORMONTOY 2012, S. 12). Es sollen jegliche Negativeinflüsse durch Mensch und Prädator mithilfe von Monitoringprogramme in Punta San Juan weiterhin überwacht werden, um einen Überblick über Bruterfolg, Mauser sowie Populationstendenz

verschaffen zu können. Im Jahr 2012 wurde z. B. eine Feldstudie durch zahlreiche Freiwillige durchgeführt, wobei die Abbauarbeiten dabei stetig durch strenge Regelungen überwacht wurden (siehe Abbildung 16) (CARDENAS & CARDENA-MORMONTOY 2012, S. 12). In den Jahren 2012 und 2019 wurden in Punta San Juan insgesamt über 21.000 t Guano abgeerntet (DOIG-ALBA et al. 2022, S. 5). Diesbezüglich konnte beobachtet werden, dass die Maßnahmen erfolgreich waren und der Eingriff der Ernte kaum Auswirkungen auf die Populationsdynamik hatte.



Abbildung 16: Monitoringprogramm einer Humboldtpinguin-Kolonie in Punta San Juan. Die Nester (a) sowie die Küken (b) werden aus näherer Distanz untersucht und die elterliche Fürsorge aus der Ferne beobachtet (c). Als Teil für die Erweiterung des Bestands wurden Brutgebiete mithilfe von künstlichen Nestern aus Betonröhren erweitert (d). Foto: CARDENAS et al. 2012

## 5 DISKUSSION

### 5.1 GEFAHREN UND SCHUTZ

In den letzten Jahren wurde zunehmend die Problematik des globalen Artenrückgangs in den Vordergrund gestellt. Hauptursache für den dramatischen Verlust der Biodiversität sind diverse Beeinträchtigungen durch anthropogene Eingriffe und darauffolgend veränderte Umweltbedingungen.

Wie aus dieser Arbeit hervorgeht, müssen auch Humboldtpinguine diese Gefahren überwinden und sich dabei rasant den veränderten Gegebenheiten anpassen. Das Vorkommen des Humboldtpinguins wird u.a. durch den weiteren Anstieg der Meeres- und Lufttemperatur sowie den damit einhergehenden Extremwetterereignissen, wie Stürme und Starkregen, negativ beeinflusst. Häufiger auftretende Überschwemmungen aufgrund des Meeresspiegelanstiegs und extremer Niederschläge sind ein großes Risiko für die Brutplatzsituation. Durch den Verlust von Nistplatzmöglichkeiten kommt es zu einer

Verschiebung der Brutplatzkolonien (Siehe Kapitel 4.5.4). Infolgedessen erhöht sich die interspezifische Konkurrenz, vor allem auf den Inseln, da diese nur eine geringe Verfügbarkeit von Brutplätzen aufweisen.

Auch die voranschreitende Globale Erwärmung durch hohe Treibhausgas-Emissionen stellt eine große Gefahr für Humboldtpinguine dar. Die erhöhten Temperaturen begünstigen eine Zunahme der Häufigkeit und Länge von El-Nino-Episoden, was die Nahrungsverfügbarkeit im Pazifischen Ozean beeinträchtigt. Das niedrige Nahrungsangebot in der üblichen Jagdtiefe des Humboldtpinguins, welches durch die Verschiebung der planktonreichen Wasserschicht und dem Vorkommen von Beute in größeren Wassertiefen verursacht wird, hat schwerwiegende Auswirkungen auf die Populationsgröße und Verbreitung. Zeitgleich kämpft auch die Fischerei, die ebenfalls Jagd auf das Beutespektrum des Humboldtpinguins macht, um das Erreichen ihrer Fangquoten. Es entsteht ein indirekter Konflikt und ständiger Wettbewerb zwischen dem Humboldtpinguin und der industriellen Fischerei. Diesen und diversen anderen anthropogenen Eingriffen in das Ökosystem und Verbreitungsgebiet des Humboldtpinguins muss mit geeigneten Schutzmaßnahmen entgegnet werden.

So können bspw. Meeresschutzzonen ausgebaut und Sperrzonen für die industrielle Fischerei festgelegt werden. Um einen reibungslosen Ablauf und Erfolg zu garantieren, ist eine internationale Zusammenarbeit und regionsübergreifende sowie zielgerichtete marine Raumplanung notwendig.

Weitere zielgerichtete Maßnahmen vor Ort sind z. B. die Bereitstellung von Nistmöglichkeiten, In-Situ Zuchten (siehe Kapitel 4.6.3.2) und die Renaturierung verlorengegangener Lebensräume oder Ausweichmöglichkeiten sollten ebenfalls etabliert werden. Schutzmaßnahmen, die auch fernab des natürlichen Verbreitungsgebiets des Humboldtpinguins möglich sind, sind Ex-Situ Zuchten in zoologischen Einrichtungen (Zoo-Frankfurt, 2021, S. 18). Diverse weltweit verbreitete Zoos sind Mitglieder des EEPs und ermöglichen in Zusammenarbeit den Erhalt der Humboldtpinguinpopulationen. Dabei liegt der Schwerpunkt der EEPs (siehe Kapitel 4.6.1) auf die Bewahrung der genetischen Variabilität. Dennoch liegt die Sterblichkeitsrate innerhalb der ersten 30 Tage bei Küken, die von ihren Elterntiere aufgezogen werden bei 33-43 %, wohingegen die Überlebensrate durch die Aufzucht der Humboldtpinguinküken durch Menschenhand bei ca. 92 % liegt (Fukuda, 2000, S. 32). Der mangelhafte Reproduktionserfolg kann auf schlechte Haltungsbedingungen (z. B. feuchte Bruthöhlen, häufige Störung durch Menschen, Ernährung) zurückzuführen sein.

Eine weitere Haupttodesursache in Zoos Infektionskrankheiten, wie Aspergillose (siehe Kapitel 4.5.2). Eine weitere Haupttodesursache in Zoos sind Infektionskrankheiten, wie Aspergillose (siehe Kapitel 4.10.2).

Demnach sollte die Koordination der Zucht nicht allein durch genetische Aspekte, sondern zusätzlich durch die Berücksichtigung der gesundheitlichen und sozialen Ansprüche sowie optimaler Habitatbedingungen der Humboldtpinguin erfolgen. Wichtige Aspekte einer Partnerwahl für das Weibchen können zufolge LINZMEIER (2002, S. 3) folgende sein:

- die Fähigkeit, attraktive Nistplätze zu besetzen und diese erfolgreich gegen Kontrahenten zu verteidigen, wodurch wiederum Bruterfahrung des Männchens ausgedrückt wird sowie
- physiologische Merkmale (siehe Kapitel 4.4.2).

Auch sollten Autopsien für eine Aufklärung der Todesursache in Betracht gezogen werden, wodurch sich Rückschlüsse auf mögliche Ursachen ergeben können.

Auch bestehende Regelungen und Gesetze zum Artenschutz sollten strenger durchgesetzt und kontrolliert werden. Eine neue rechtliche Vorgabe kann z.B. die Unterbindung von Fischerei in der Umgebung sowie den Fangarealen von Brutkolonien sein – besonders während der El-Nino-Zeit. Dies würde die Mortalität von adulten sowie juvenilen Humboldtpinguine stark reduzieren. Auch die Einbindung verschiedener Interessengruppen, wie der konventionellen Fischerei und Politik, kann zu geeigneten Lösungen führen, bspw. durch die Festlegung geeigneter Fangmethoden und der endgültigen „Schließung“ von Fanggebieten. Beifänge sowie Fangareale müssen überwacht werden. Hierzu sollten die Daten für mögliche Zoneneinteilung, wie Fanggebiete, Fangverbotszonen, Gebiete in denen bspw. nur Haken und Leinen genutzt werden dürfen, hinzugezogen werden (PUENTE et al., 2013, S. 278). Darüber hinaus sollte das Jagdeinzugsgebiet des Humboldtpinguins intensiver erforscht werden, sodass ein deutlicher Überblick entsteht, ob und wann sich die industrielle Fischerei negativ auf die Nahrungsverfügbarkeit der Humboldtpinguine auswirkt. Diesbezüglich sollte nicht nur der Humboldtpinguin als einzelnes Individuum, sondern vielmehr die gesamte Wechselbeziehung zwischen ebendiesem und dem marinen Ökosystem, betrachtet werden. Auch wenn es eine Vielzahl aktiver Organisationen gibt, die die Umsetzung solcher gesetzlichen Regelungen unterstützt, werden dennoch zahlreiche Regulierungen nur grobmaschig vollzogen oder Gesetze erst nach Jahren durchgesetzt.

Artenspezifische Aktionspläne sind bezüglich der Umsetzung von Schutzmaßnahmen sowie Regulieren und Gesetzen ein hilfreiches Instrument und können den Erhalt der Humboldtpinguine fördern. Dennoch besteht noch immer ein deutlicher Widerspruch bei der Realisierung solcher Schutzprogramme. Kurzfristige Finanzierungen, kleine Schutzareale sowie der Mangel an koordinierten und wirksamen (internationalen) Managementplänen werden der Relevanz der Schutzwürdigkeit nicht gerecht.

Um zielgerichtete Managementpläne und Artenschutzprogramme zum Erhalt des Humboldtpinguins konzipieren zu können, ist eine qualitative Grundlagenforschung unabdingbar. Nach wie vor sind Forschung und Wissenschaft von großer Bedeutung für den Erfolg von Schutzmaßnahmen. Vor allem da diese durch langfristige, satellitengestützte Untersuchungen liefern aufschlussreiche Daten und solide Monitoring-Ergebnisse. Diese Methode erwies sich bei der Untersuchung von Kolonien bereits in vielen Studien nicht nur als sehr effizient, sondern auch als schonend, da die Störungsintensität sehr gering ist (UMWELTBUNDESAMT 2022, MUSTAFA et al. 2020, S. 18). Demnach sollte der technische Fortschritt weiterhin Bestandteil der Forschung sein sowie ausgebaut werden. Problematisch gestaltet sich dabei die Finanzierung, da bereits die Kosten für Kleinstprojekte und Forschungsarbeiten zuteilen sehr hoch sind. Diesbezüglich sollten staatliche Institutionen finanzielle Unterstützung erhalten. Der Forschungsfokus sollte neben der kontinuierlichen Überwachung der Populationstendenzen und dem Gefährdungspotenzial durch Umweltverschmutzung, invasive Arten und intensiver Fischerei vor allem auf Zeiträumen abseits der Brutsaison und speziell Jungtiere liegen. Forschungsarbeiten während der Brutzeit der Humboldtpinguine sind deutlich kostengünstiger und praktikabel, da sich die Vögel zu dieser Zeit vorrangig an Land aufhalten. Bezüglich der Jungtiere liegt derzeit nur wenig Forschungsmaterial vor, da diese nach dem „Flüggeworden“ in andere Kolonien einwandern oder gänzlich auswandern können und so eine kontinuierliche sowie intensive Untersuchung erschweren. Weitere wichtige Schwerpunkte für Forschung und Wissenschaft, die grundlegend überwacht werden müssen, sind: die Überwachung und der Ausbau bereits bestehender Projekte, sowie die Identifizierung und Quantifizierung der Auswirkung der globalen Erwärmung sowie anthropogener Eingriffe. Dadurch können die Folgen durch, bspw. Meeresverschmutzung durch Plastik und Müll sowie die Beeinträchtigung durch den Tourismus, auf die Verbreitung, den Bestand und Bruterfolg ermittelt werden (PUENTE et al., 2013, S. 277-278).

Notwendig sind zudem nachhaltige Guanoernte-Methoden, wie in Punta San Juan (Peru) durchgeführt werden. Diese Guano-Lagerstätte ist bereits Teil des Nationalreservats (siehe Kapitel 4.6.3.2) und sollte daher als Vorbild für die Umsetzung von Schutzmaßnahmen in anderen Lagerstätten dienen (PAREDES & ZAVALAGA 2000, S. 203).

Neben finanzieller und technischer Unterstützung ist die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren und Entscheidungsträgern sowie Interessensgruppen (z. B. Politik, interdisziplinären Arbeitsgruppen, Fischerei) erforderlich.

Ein niedrigschwelliger Wissenstransfer aus der Forschung in die Praxis kann bspw. über ein Workshopformat erfolgen, wobei ein Austausch wichtiger Daten und Informationen zwischen allen Beteiligten stattfinden kann. Im Anschluss können Vereine, Non-Profit Organisation etc. wie auch Zoos über gelungene Projekte informieren (z.B. medial über Presse und Social-Media sowie direkt vor Ort) und zu deren Erhalt beitragen. Aufklärung und Sensibilisierung ist allgemein als wichtige Grundlage für den Artenschutz anzusehen, da dadurch das Bewusstsein der Menschen für ihre Umwelt und die Notwendigkeit des Erhalts der Artenvielfalt gefördert werden. Dabei hat die Zoopädagogik eine wichtige Schlüsselrolle inne.

## 5.2 ZOOPÄDAGOGIK

Die Zoopädagogik vermittelt mithilfe verschiedener Bildungsangebote (siehe Kapitel 3.4) die Bedeutung und den Wert des Humboldtpinguins. Im Rahmen eines didaktischen Grundkonzepts, werden dem Besucher unterschiedliche Lernmöglichkeiten angeboten (siehe Kapitel 3.4). Neben bekannten Tierfütterungen oder Themenspezifische Führungen, wie der Zoo Rostock, ist die Möglichkeit des „formellen Lernens“ ein wichtiger Kernpunkt im Bereich der Zoopädagogik. Außerschulisches Lernen fördert zudem die Kreativität und erhöht den selbständigen Erkenntnisgewinn bezüglich Themen, die im regulären Unterricht nicht angewandt werden. Kooperationen zwischen Schulen und Zoos steigern das Interesse der Kinder bezüglich Themen wie Artenschutz und globalen Umweltbelastungen sowie die komplexen Zusammenhänge des gesamten Ökosystems. Themen, die im regulären Unterricht nicht viel Raum finden, können auf kreative Art und Weise behandelt werden.

Nach MEIER (2009, S. 159) zufolge fühlen sich Lehrkräfte jedoch oftmals überfordert, solche Veranstaltungen zu konzipieren und umzusetzen. Demnach wäre es sinnvoll vermehrt Schulungen und Workshops für Lehrkräfte anzubieten. Sphenisco Chile hat in Zusammenarbeit mit dem Bildungsministerium der Region Coquimbo diesbezüglich eine

Fortbildung für chilenische Lehrkräfte organisiert (QUEZADA & KNAUF 2022). Pädagogischer Kernpunkt des sogenannten „Umwelttraining für Lehrer“ ist die Anwendung von Werten, Grundsätzen, Wissen, Einstellung und Fähigkeit. Dadurch wird den Lehrpersonen die Möglichkeit geschaffen erste wichtige Grundsätze bezüglich des Arten- und Umweltschutzes frühzeitig in geeigneter Weise an Schüler zu vermitteln. Ziel hierbei ist eine stärkere Zusammenarbeit zwischen öffentlichen Institutionen sowie der Zivilgesellschaft und somit den Wissenstransfer sowie die Umweltbeziehung in der Region zu verbessern.

Auch Studien zeigen, dass sich das Wissen der Besucher, nach einem Aufenthalt in einer zoologischen Einrichtung, bezüglich der biologischen Vielfalt sowie Maßnahmen zum Schutz der Artenvielfalt insgesamt deutlich verbessert hat (ZOO KREFELD 2023, S. 4).

Es gilt weiterhin die Menschen bezüglich des Artenschutzes zu sensibilisieren und dabei zu verdeutlichen welche Auswirkungen die globalen Umweltbelastungen auf das gesamte Ökosystem haben. Somit ist und bleibt die Aufklärungsarbeit ein essenzieller und notwendiger Faktor im Bereich der Zoopädagogik und sollte dauerhaft gefördert werden.

Zoos stehen dennoch auch heutzutage immer noch in Kritik. Zu Beginn der Errichtung zoologischer Gärten war der Grundgedanke zunächst die „Unterhaltung“ der Besuchenden (siehe Kapitel 4.11.1.1). Dieser besteht auch heute noch vorwiegend in den Köpfen der Menschen - dabei sollen Zoos vor allem als Bildungsstätte mit dem Fokus auf Artenschutz betrachtet werden. Immer mehr Kinder wachsen in überbauten Städten bzw. Siedlungsgebieten auf, wodurch es zur Entfremdung von Natur und kaum vorhandenen Artenkenntnissen kommen kann (JAUN-HOLDEREGGER 2019, S. 17). Daher ist es um so wichtiger, dass der Bildungsauftrag weiterhin gefördert wird und Zoos – und somit auch die Zoopädagogik – mehr positiven Anklang in der Gesellschaft finden, wodurch das Bewusstsein der Besucher nachhaltig verbessert wird (LANDESZOOVERBAND MECKLENBURG-VORPOMMERN 2021). Meien (2009, S. 160) zufolge sind allerdings etwa nur ein bis vier Prozent aller Zoobesucher an einer Führung interessiert. Somit sollte die Öffentlichkeitsarbeit mit strategischen Marketingmethoden und der Nutzung sozialer Netzwerke Anreize setzen und das Bildungsangebot attraktiver, zielgruppenspezifisch und niedrigschwellig bewerben, um die Bereitschaft an bspw. Führungen teilzunehmen zu erhöhen. Die Öffentlichkeitsarbeit einer zoologischen Einrichtung ist ein wichtiges Bindeglied zwischen den Zoo-Verantwortlichen und den Zoo-Besuchern (WITJES & KARGER 2021, S. 37). Berichte, Dokumentationen im Fernsehen, Presse- und Medienarbeiten können die Aufmerksamkeit der lokalen Bevölkerung steigern

(WITJES & KARGER 2021, S. 37). Soziale Medien spielen eine wichtige Rolle bezüglich informativer und transparenter Informationen über Artenschutz, Forschung und anstehenden Veranstaltungen. Die Motivation „mehr zu erfahren“ kann über kreativ und spannend gestaltete Beiträge gesteigert werden. Beispielsweise anhand eines Podcast, wie es der Frankfurter Zoo bereits seit Juni 2021 anbietet (ZOO FRANKFURT 2021, S. 24), und/oder eines eigenen Instagram Accounts, der das Leben eines Humboldtpinguins und den Alltag im Zoo detaillierter vorstellt: Beiträge über Fütterung, themenspezifische Führungen oder aktuelle Gefahren, wie das Dominga-Projekt in Chile (siehe Kapitel 4.5.3.4) sowie weitere wichtige Schwerpunkte können dabei Inhalt sein. Zudem kann dabei zusätzlich auf die Zoopädagogik und deren Aufgabenbereich aufmerksam gemacht werden. Da Humboldtpinguine sehr beliebt sind und verschiedene Medienformen eine große Reichweite schaffen, kann somit auch ein größeres Publikum erreicht werden.

Eine weitere innovative Idee sind „Livecams“. Dabei kann eine direkte Liveübertragung des Humboldtpinguinheges stattfinden, wodurch Interessierte von überall und zu jeder Zeit die Möglichkeit haben das Geschehen im Zoo in Echtzeit zu erleben. Interessant sind ebenfalls Satellitenübertragungen wildlebender Humboldtpinguine, wie es der Wuppertaler Zoos anbietet. Der Zoo übernahm dabei die Patenschaft eines Humboldtpinguins, welcher im Jahr 2009 mit einem Satellitensender ausgestattet wurde (ZOO WUPPERTAL 2023). Es kann die tägliche Wanderung verfolgt und dokumentiert werden, wodurch zusätzlich die Relevanz der Forschung sowie Wissenschaft in den Vordergrund gestellt und somit auf die Forschungsarbeit aufmerksam gemacht wird. Bezüglich dessen wäre es wünschenswert, dass bereits Kinder in Berührung mit den unterschiedlichsten Aufgaben der Forschung kommen.

Auch im Schulunterricht könnten die genannten Aspekte nach einem Zoobesuch umfangreich nachbereitet werden. Beispielsweise als Filmprojekte, die von Schülern konzipiert und umgesetzt werden, können auf kreative Art und Weise die Motivation zum Lernen steigern, bereits vor Ort erlerntes besser verarbeiten und dadurch neu erworbenes Wissen festigen. Als Beispiel dient der Opel Zoo (OPEL ZOO 2023). Schüler haben sich dabei kritisch mit dem Thema Artenschutz auseinandergesetzt und dies anhand einer Tierart dokumentarisch bzw. als Film umgesetzt. Auch in AGs können zukünftige Projekte, bspw. „Zoo der Zukunft“, geplant oder auch eine „Artenschutzkonferenz“ zum Humboldtpinguin simuliert werden (ZOO FRANKFURT 2019). Die Schüler nehmen dabei unterschiedliche Positionen verschiedener Interessensparteien ein, wie die Rolle des Naturschützers und Fischers. So können neue



Perspektiven und Denkweisen entstehen und gleichzeitig werden die Schüler sensibilisiert. Demnach ist es notwendig, dass die Forschung und Wissenschaft mehr Einfluss und Möglichkeiten erlangen, um langfristige Datensätze sammeln zu können, diese Daten ihren entsprechenden Einsatz finden und zum Schutz des Humboldtpinguins eingesetzt werden können. Die Forschung hat einen hohen Stellenwert, dennoch besteht noch heute die Problematik, dass diese oftmals keinen Anklang findet und so wichtige Informationen nicht weitergeleitet werden. Die interaktive Zusammenarbeit zwischen verschiedensten Interessensgruppen sollte mehr Beachtung finden, sodass Möglichkeiten zum Austausch essenzieller Informationen stattfinden können. Folglich würden gemeinsame Ideen bezüglich Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen für den Humboldtpinguin besser umgesetzt oder überhaupt umgesetzt werden können.

## FAZIT UND AUSBLICK

---

Humboldtpinguine müssen diversen anthropogenen Eingriffen und sind den Folgen der globalen Erwärmung und zunehmenden El-Nino-Ereignissen in ihrem Lebensraum standhalten. Solche negative Einflüsse haben in der Regel starke Fluktuationen in der Populationsdynamik zur Folge – von einer steten Abnahme der Individuenzahl bis hin zum Aussterben der Art. Im Laufe der Zeit entwickelten Humboldtpinguine daher spezifische Überlebensstrategien, um den Fortbestand der eigenen Art zu sichern (siehe Kapitel 4.4.2). Die industrielle Fischerei ist die bezüglich ein gravierender Faktor und wirkt sich direkt sowie indirekt auf die Humboldtpinguinpopulation aus. Es besteht eine große Konkurrenz zwischen Fischerei und Humboldtpinguin bezüglich der Nahrungsverfügbarkeit, wobei der Humboldtpinguin geringe Chancen hat und dadurch seltener Nahrung erbeutet. Aufgrund riskanter Fangmethoden, z. B. mit Kiemennetzen, werden Humboldtpinguine häufig als Beifang (siehe Kapitel 4.5.3.3). Neben der Überschneidung von Fangarealen der Fischerei mit den Verbreitungsräumen der Humboldtpinguine sowie der heimtückischen Fangmethoden sind u. a. die Verschmutzung durch Öl und alter Fischernetze, die hohen Wildfischfänge ein großes Risiko für das Vorkommen der Pinguinart. Die voranschreitende, globale Erwärmung ist ebenfalls ein großes Problem für den Erhalt des Humboldtpinguins. Die steigenden Treibhausgas-Emissionen, erhöhten Luft- sowie Meerestemperaturen und zunehmende Extremwetterereignisse, wie Stürme, Starkregen und Überflutungen, stellen eine dynamische

Gefahr für den Lebensraum des Humboldtpinguins dar (siehe Kapitel 4.10.5). Auch die immer länger anhaltenden und öfter auftretenden El-Nino-Ereignisse entstehen durch den fortlaufenden Klimawandel und führen in der Populationsdynamik der Humboldtpinguine zu extrem starken Fluktuationen (siehe Kapitel 4.5.4).

Mit der Intensivierung der Guanoindustrie Mitte des 19. Jahrhunderts führte zu einem rapiden Rückgang der Populationsgröße (siehe Kapitel 4.5.3.2). Auch wenn sich die Abbau-Methoden über die Jahre langsam verbessert haben, wird weiterhin in den Brutarealen der Humboldtpinguine intensiv Guano abgeerntet. Zudem ist der Regenerationsprozess des Guanos nur zeitlich eingeschränkt (ZEPER 2004). Aufgrund von vermehrten Niederschlägen und die damit einhergehenden Überschwemmungen sowie die allgemeinen Klimaveränderungen werden die Auswaschungen des Guanos begünstigt. Somit sind die Humboldtpinguine auf Ausweichmöglichkeiten bezüglich ihres Brutplatzes angewiesen (siehe Kapitel 4.4.2).

So wandern die peruanischen Brutkolonien der Humboldtpinguine in Richtung Nordchile ab (siehe Kapitel 4.10.4). Dem liegen die immer weiter anhalten El-Nino-Ereignissen zugrunde, da die globale Erwärmung die Intensität der El-Nino-Phasen zunehmend beeinflusst (siehe Kapitel 4.15.5). COLE et al. (2022, S. 4) zufolge, weisen Pinguine trotz der ursprünglich rasanten Anpassung eine langsamere Evolutionsrate im Vergleich der gesamten Vogelarten auf und sind durch die klimatischen Veränderungen und Folgen deutlich stärker gefährdet.

LINZMEIER (2002, S. 1) vermutete bereits im Jahr 2002, dass die Pinguinart in rund 20 Jahren mit einer zwanzigprozentigen Wahrscheinlichkeit ausgerottet sein wird. Glücklicherweise hat sich diese Hypothese nicht bewahrheitet, dennoch ist die Individuenzahl stark rückläufig und der Humboldtpinguin folglich stark gefährdet (IUCN 2020).

Um den Erhalt der Arten der Humboldtpinguine zu garantieren, müssen verschiedene Schutzmaßnahmen vor Ort als auch global umgesetzt werden. Der Ausbau von Meeresschutzzonen, die Errichtung von Sperrzonen für die industrielle Fischerei, die Renaturierung verlorengangener Lebensräume, die Bereitstellung von Nistmöglichkeiten, sowie in-situ Zuchten können zum Schutz der Pinguinart im natürlichen Lebensraum beitragen. Dabei sind eine internationale Zusammenarbeit sowie regionsübergreifende marine Raumplanung notwendig. Ebenso müssen artenschutzrechtliche Regelungen und Gesetze strenger durchgesetzt und kontrolliert werden. Auf Forschungsdaten basierenden

artenspezifischer Aktionspläne können bzgl. der Umsetzung der Schutzmaßnahmen ein hilfreiches Instrument sein.

Leider können viele Regelungen nicht umgesetzt werden, da finanzielle Schwierigkeiten, eingeschränkte Untersuchungsmöglichkeiten sowie Interessenskonflikte eine reibungslose Umsetzung erschweren. Daher spielen ex situ Zuchten in zoologische Einrichtung eine bedeutsame Rolle hinsichtlich des Artenschutzes. Die Zoopädagogik kann mit Hilfe verschiedenen Bildungsangeboten die Bedeutung und den Wert des Humboldtpinguins sowie die Folgen des menschlichen Handelns aufzeigen. So können aktuelle Forschungsergebnisse zielgruppenspezifisch, niedrigschwellig und auf eine spannende sowie kreative Weise allen Altersgruppen vermittelt werden. Dadurch können Menschen auch fernab des natürlichen Verbreitungsgebiets des Humboldtpinguins aufgeklärt und sensibilisiert werden und folglich einen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität leisten.

Der Schutz der Humboldtpinguine erfordert sicherlich Zeit, Kreativität und Raum sowie Engagemant und enge Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure, dennoch sollte stets das gemeinsame Ziel sein, den Fortbestand der wildlebenden Humboldtpinguine zu sichern.

# LITERATURVERZEICHNIS

---

- MICHAEL J. ADKESSON, JEFFREY M. LEVENGOOD, JOHN W. SCOTT, DAVID J. SCHAEFFER, BRENT PANNO, JENNIFER N. LANGAN, SUSANA CÁRDENAS-ALAYZA, SANDRA JAMES-YI (2019): Analysis of toxic and essential Elements in the blood and feathers of Humboldt Penguins (*Spheniscus humboldti*) at Punta San Juan, Peru. *Journal of Wildlife Diseases* 55(2): 438-443. DOI: 10.7589/2018-03-081
- ÁLVAREZ-VARAS, R., MORALES-MORAGA, D., GONZÁLEZ-ACUNA, D., KLARIAN, S. A., & VIANNA, J. A. (2018): Mercury Exposure in Humboldt (*Spheniscus humboldti*) and Chinstrap (*Pygoscelis antarcticus*) Penguins Throughout the Chilean Coast and Antarctica. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*: 75–86. DOI: 10.1007/s00244-018-0529-7
- AUBIN, T., JOUVENTIN, P., & HILDEBRAND, C. (2000): Penguins use the two-voice system to recognize: 1081-1085 URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1690651/pdf/10885512.pdf> abgerufen am 03.09.2022
- BALDENHOFER, K. G. (2023): Das ENSO-Phänomen - Informationsplattform zum ozeanischen-atmosphärischen Phänomen El Nino / Southern Oscillation URL: <https://www.enso.info/index.html> abgerufen am 18.10.2022
- BECKER, C. (2020). Erhaltungszuchtprogramme und moderner Artenschutz. Entwicklung der Ex-Situ Programme zur Erhaltung hochbedrohter Tierarten und moderne Wege mit In-Situ Projekten: 3-9 DOI: 10.1007/978-3-662-59613-5\_6-1
- BIRDLIFE-INTERNATIONAL. (2020): *Spheniscus humboldti*. The Red List of threatened Species URL: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22697817A182714418.en> abgerufen 12.12.2022
- BLAY, N., & COTÉ, I. M. (2001): Optimal Conditions for Breeding of Captive Humboldt Penguins (*Spheniscus humboldti*): A Survey of British Zoos. *Zoo Biology*: 545-555. DOI:10.1002/zoo.10002
- BOWMAKER, J. K., & MARTIN, G. R. (1985): Visual pigments and oil droplets in the penguins, *Spheniscus humboldti*. *Journal of Comparative Physiology A* 156.1, S. 71-77. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Graham-Martin/publication/227255382\\_Visual\\_pigments\\_and\\_oil\\_droplets\\_in\\_the\\_penguinSpheniscus\\_humboldti/links/57e5325608aea17a19e5cc6c/Visual-pigments-and-oil-droplets-in-the-penguin-Spheniscus-humboldti.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Graham-Martin/publication/227255382_Visual_pigments_and_oil_droplets_in_the_penguinSpheniscus_humboldti/links/57e5325608aea17a19e5cc6c/Visual-pigments-and-oil-droplets-in-the-penguin-Spheniscus-humboldti.pdf) abgerufen am 30.09.2022
- BROCHIER, T., ECHEVIN, V., TAM, J., CHAIGNEAU, A., GOUBANOVA, K., & BERTRAND, A. (2013): Climate Change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. *Global Change Biology*: 1841-1853. DOI:10.1111/gcb.12184
- BRÖNNIMANN, S. (2007): Impact of El Nino-Southern Oscillation on european climate. *Reviews of Geophysics* 45(3) DOI: 10.1029/2006RG000199
- BUNTING, E. M., MADI, N. A., COX, S., MARTIN-JIMENEZ, T., FOX, H., & KOLLIAS, G. V. (2009): Evaluation of oral itraconazole Administration in Captive Humboldt Penguins (*Spheniscus humboldti*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 40(3): 508-518 DOI: 10.1638/2009-0045.1

- BUSSALLEU, A. J. (2013): Effects of nest and nest site characteristics on Humboldt penguins breeding success at Punta San Juan, Peru: Implications for conservation: 6 URL: <https://irl.umsl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=thesis> abgerufen am 01.02.2023
- BUTLER, P. J. (2001): Diving Beyond the Limits. *Physiology Vol. 16(5)*: S. 222-227 URL: <https://journals.physiology.org/doi/epdf/10.1152/physiologyonline.2001.16.5.222> abgerufen am 12.11.2022
- BUTLER, P. J., & WOAKES, A. J. (1983): Heart rate and aerobic metabolism in Humboldt penguins, *Spheniscus humboldti*, during voluntary dives. *Journal of Experimental Biology 108(1)*: 419-428 URL: [https://web.archive.org/web/20161021002416id\\_/http://jeb.biologists.org/content/jexbio/108/1/419.full.pdf](https://web.archive.org/web/20161021002416id_/http://jeb.biologists.org/content/jexbio/108/1/419.full.pdf) abgerufen am 13.09.2022
- CARDENAS, S., & CARDENA-MORMONTOY, M. A. (2012): The Punta San Juan Project-Protecting One of the World's Largest Colonies of Humboldt Penguins. *Penguin Conservation Vol 16, No. 2*: 10-15 URL: [https://www.researchgate.net/profile/Susana-Cardenas/publication/319077071\\_The\\_Punta\\_San\\_Juan\\_Project-Protecting\\_One\\_of\\_the\\_World's\\_Largest\\_Colonies\\_of\\_Humboldt\\_Penguins/links/598ea497a6fdcc10d8ee2efb/The-Punta-San-Juan-Project-Protecting-One-of-the-World](https://www.researchgate.net/profile/Susana-Cardenas/publication/319077071_The_Punta_San_Juan_Project-Protecting_One_of_the_World's_Largest_Colonies_of_Humboldt_Penguins/links/598ea497a6fdcc10d8ee2efb/The-Punta-San-Juan-Project-Protecting-One-of-the-World) abgerufen am 23.01.2023
- CARSTENSEN, N. (2002): Pinguine: Ellert & Richter Verlag: 34-51
- CELIS, J., ESPEJO, W., GONZÁLES-ACUNA, D., JARA, S., & BARRA, R. (2013): 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*: 1815-1824. DOI:10.1007/s10661-013-3495-6
- CHAVEZ, F. P., BERTRAND, A., GUEVARA-CARRASCO, R., SOLER, P., & CSIRKE, J. (2008): The Northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography 79*: 95-105. URL: [https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/2021-05/010045083.pdf](https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2021-05/010045083.pdf) abgerufen am 15.12.2022
- COFFIN, H. R., WATTERS, J. V., & MATEO, J. M. (2011): Odor-Based Recognition of Familiar and Related Conspecifics: A First Test Conducted on Captive Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*). *PLoS ONE 6(9)*: e25002: 1-10. DOI:10.1371/journal.pone.0025002
- COLCHAO, P., ADKESSON, M. J., ALLENDER, M. C., FASCETTI, A. J., CARDENA, M., CÁRDENAS-ALAYZA, S., & ELLEN S. DIERENFELD, S. L. (2020): Circulating nutrient concentrations in free-ranging Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in Punta San Juan, Peru. *Zoo Biology*: 246-256. DOI:10.1002/zoo.21540
- COLE, T. L., ZHOU, C., FANG, M., PAN, H., KSEPKA, D. T., FIDDAMAN, S. R., . . . ZHANG, G. (2022). Genomic insights into the secondary aquatic transition of penguins. *Nature Communication*, 1-13. DOI: 10.1038/s41467-022-31508-9
- CONAF, C. N. (2023): *Ministerio de Agricultura*. Von Reserva Nacional Pingüino de Humboldt URL: <https://www.conaf.cl/parques/reserva-nacional-pinguino-de-humboldt/> abgerufen am 23.02.2023

- COSTANTINI, V., GUARICCI, A. C., LARICCHIUTA, P., RAUSA, F., & LACALANDRA, G. M. (2008): DNA sexing in Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) from Feather samples. *Animal Reproduction Science*: 162-167. DOI:10.1016/j.anireprosci.2007.12.013
- RORY CRAWFORD, URSULA ELLENBERG, ESTEBAN FRERE, CHRISTINA HAGEN, KAREN BAIRD, PAUL BREWIN, SARAH CROFT, JAMES GLASS, THOMAS MATTERN, JOOST POMPERT, KATHERINE ROSS, JESSICA KEMPER, KATRIN LUDYNIA, RICHARD B. SHERLEY, ANTJE STEINFURTH, CRISTIÁN G. SUAZO, PABLO YORIO, LEANDRO TAMINI, JEFFREY C. MANGEL, LEANDRO BUGONI, GUSTAVO JIMÉNEZ UZCÁTEGUI, ALEJANDRO SIMEONE, GUILLERMO LUNA-JORQUERA, PATRICIA GANDINI, ERIC J. WOEHLE, KLEMENS PÜTZ, PETER DANN, ANDRE CHIARADIA, SMALL, CLEO (2017): Tangled and drowned: a global review of penguin bycatch in fisheries. *Endangered Species Research Vol. 34*: 373-396. DOI: 10.3354/esr00869
- CULIK, B. (1998). *Was ist Was - Pinguine*. Nürnberg: Tessloff Verlag.
- CULIK, B. (2001). Finding food in the open Ocean: foraging strategies in Humboldt Penguins. *Zoology 104*: 327-338 DOI: 10.1078/0944-2006-00038
- CULIK, B. (2002): Pinguine - Spezialisten fürs Kalte: Neues über die sympathischen Vögel auf dem Eis. München: BLV Buch Verlag: 80-93
- CULIK, B. (2019): El-Nino. (S. Kittendorf, Interviewer)
- CULIK, B. M., & LUNA-JORQUERA, G. (1997): Satellite tracking of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) in northern Chile. *Marine Biology 128*, S. 547-556 DOI: 10.1007/s002270050120
- CULIK, B., & WILSON, R. (1993): Die Welt der Pinguine - Überlebenskünstler in Eis und Meer. München: BLV Buch Verlag: 96-115
- CULIK, B., & WILSON, R. (1995): Wie tauchen Pinguine: 300 URL: <http://oceanrep.geomar.de/44006/1/Wie%20tauchen%20Pinguine.pdf> abgerufen am 15.01.2023
- CULIK, B., HENNICKE, J., & MARTIN, T. (2000): Humboldt Penguins outmanoevring El Nino: *The Journal of Experimental Biology 203*, S. 2311-2322. URL: <https://oceanrep.geomar.de/id/eprint/2847/1/2311.full.pdf> abgerufen am 09.10.2022
- GISELE P. M. DANTAS, LARISSA R. OLIVEIRA, AMANDA M. SANTOS, MARIANA D. FLORES, DANIELLA R. DE MELO, ALEJANDRO SIMEONE, DANIEL GONZÁLEZ-ACUÑA, GUILLERMO LUNAJORQUERA, CÉLINE LE BOHEC, ARMANDO VALDE´S-VELA´SQUEZ, MARCO CARDEÑA, JOÃO S. MORGANTE, JULIANA A. VIANNA (2019): Uncovering poluation structure in the Humboldt penguin (*Spheniscus humboldti*) along the Pacific coast at South America. *PLOS ONE*: 1-19am URL: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0215293&type=printable> abgerufen am 17. 11.2022
- DAVENPORT, J., HUGHES, R. N., SHORTEN, M., & LARSEN, P. S. (2011): Drag reduction by air release promotes fast ascent in jumping emporer penguins - a novel hypothesis. *Marine Ecology Progress Series Vol. 430*: 171-182 DOI: 10.3354/meps08868
- DEWAR, M. D., ARNOULD, J. P., KRAUSE, L., TRATHAN, P., DANN, P., & SMITH, S. C. (2014): Influence of Fasting during Moulting on the Faecal Microbiota of Penguins: 2 DOI: 10.1371/journal.pone.0099996
- DODINO, S., RICCIALDELLI, L., POLITO, M. J., PÜTZ, K., BRASSO, R. L., & REY, A. R. (2021): Mercury exposure driven by geographic and trophic factors in Magellanic Penguins from Tierra del Fuego.

- Marine Pollution Bulletin*: 1-10. URL: <https://pdf.sciencedirectassets.com/271825/1-s2.0-S0025326X21X00136/1-s2.0-S0025326X21012182/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEGkaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIFzhhq5YwW5meZnPST3cJaQpMllivtMLLrKBifOO6h%2FaAiEA41FLjyG01Aocs6R511lyDilpjq2sEvRCekjJmIfs%2> abgerufen am 13.01.2023
- DOIG-ALBA, L., BUSSALLEU, A., CÁRDENAS-ALAYZA, S., CARDENA-MORMONTOY, M., & VALDÉS-VELÁSQUEZ, A. (2022): Have we achieved a sustainable balance? Evaluating the effects of regulated guano extraction on an important penguins breeding colony (2008-2019). *Global Ecology and Conservation* 41: 1 DOI: 10.1016/j.gecco.2022.e02351
- DUENAS, A., JIMÉNEZ-UZCÁTEGUI, G., & BOSKER, T. (2021): The effects of climate change on wildlife biodiversity of the galapagos island. *Climate Change Ecology* 2: 2 DOI: 10.1016/j.ecochg.2021.100026
- ESPEJO, W., HIDALGO, J. E., GONZÁLES-ACUNA, D., BANEGAS, A., BARRA, R. O., & CHIANG, G. (2017): A Global Overview of Exposure Levels and Biological Effects of Trace Elements in Penguins DOI: 10.1007/398\_2017\_5
- EUROPEAN ASSOCIATION OF ZOOS AND AQUARIA, E. (2019): EAZA Population Management Manual: Standards, procedures and guidelines for population management within EAZA. Amsterdam, Niederlande. URL: <https://www.eaza.net/assets/Uploads/Governing-documents/EAZA-Population-Management-Manual-V4.5.pdf> abgerufen am 02.02.2023
- FAVARO, L., GAMBA, M., GILI, C., & PESSANI, D. (2017): Acoustic correlates of body size and individual identity in banded penguins. *PLoS ONE* 12(2): e170001: 1-16. DOI:10.1371/journal.pone.0170001
- FAVARO, L., GILI, C., RUGNA, C. D., GNONE, G., FISSORE, C., SANCHEZ, D., MCELLIGOTT, A., GAMBA, M., PESSANI, D. (2016): Vocal individuality and species divergence in the contact calls of banded penguins: 83-88 DOI: 10.1016/j.beproc.2016.04.010
- FERNÁNDEZ, C. E. (2017): Monitoreo de la población reproductiva del yunco (*Pelecanoides garnotii*) en la Reserva Nacional Penguino de Humboldt, Chile: Monitoring the breeding population of the Peruvian diving petrel (*Pelecanoides garnotii*) at Pinguino de Humboldt National Reserve,. *Biodiversidata*: 18-25. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Fernandez-24/publication/319700424\\_Monitoring\\_the\\_breeding\\_population\\_of\\_the\\_Peruvian\\_diving-petrel\\_Pelecanoides\\_garnotii\\_at\\_Pinguino\\_de\\_Humboldt\\_National\\_Reserve\\_Chile/links/5aa69edfa6fdcc29af531933/Monitoring](https://www.researchgate.net/profile/Claudia-Fernandez-24/publication/319700424_Monitoring_the_breeding_population_of_the_Peruvian_diving-petrel_Pelecanoides_garnotii_at_Pinguino_de_Humboldt_National_Reserve_Chile/links/5aa69edfa6fdcc29af531933/Monitoring) abgerufen am 22.02.2023
- FOWLER, M. E. (2001): *Biology, Medicine and Surgery of South American wild Animals*. Ames: Iowa State University Press: 54-56
- GEHRING, J., & KLEIN, G. (2015): *Leben mit der Koronaren Herzkrankheit*. München: Springer Medizin Urban & Vogel GmbH URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-89935-293-1.pdf?pdf=button> abgerufen 18.01.2023
- GENG, T., CAI, W., WU, L., SANTOSO, A., WANG, G., JING, Z., GAN, B., YANG, Y., LI, S., WANG, S., CHEN, Z., MCPHADEN, M. J. (2022): Emergence of changing Central-Pacific and Eastern-Pacific El Niño-Southern Oscillation in a warming climate. *Nature Communications*: 1-11. URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-33930-5> abgerufen am 19.12.2022

- GERMAN, A. C., SHANKLAND, G. S., EDWARDS, J., & FLACH, E. J. (2002): Development of an indirect ELISA for the detection of serum antibodies to *Aspergillus fumigatus* in captive penguins. *The Veterinary Records* 150: 513-518 DOI: 10.1136/vr.150.16.513
- GILPIN, D. (2002): Pinguine - Lebensraum, Nahrung, Verhalten. Köln: Parragon Verlag: 8-77
- GRACIA-BORBOROGLU, P., BOERSMA, P. D., REYES, L. M., & SKEWGAR, E. (2008): *Petroleum Pollution and Penguins: Marine Conservation Tools to Reduce the Problem*. New York, USA: Nova Science Publishers Inc.: 3-4
- GUINARD, G., MARCHAND, D., COURANT, F., GAUTHIER-CLERC, M., & BOHEC, C. L. (2009): Morphology, ontogenesis and mechanics of cervical vertebrae in four species of penguins (Aves: *Spheniscidae*). *Polar Biology* (2010): 807-822. DOI: 10.1007/s00300-009-0759-2
- HAMZA, M., SAMAD, A., AREEB AHMER, A. M., TARIQ, S., HUSSAIN, K., KHERA, H. U., & WAQAS, M. U. (2022): Overview of Aspergillosis a fungal disease in poultry and its effect on poultry business. *Proceedings of the 1st International Conference on Social Science (ICSS) VOL 1 No. 1*: 81-87
- HANZAK, J. (1965). Das große Bilderlexikon der Vögel. Atria Prag: Bertelsman Verlag: 35
- HAYS, C. (1984). The Humboldt penguin in Peru. *Oryx Vol. 18 No. 2*: 92-95. DOI: 10.1017/S0030605300018767
- HENNICKE, J. (2001). *Variabilität des Humboldtpinguins (Spheniscus Humboldti) unter verschiedenen ozeanographischen Bedingungen*. Kiel: 9-74 URL: [https://macau.uni-kiel.de/receive/diss\\_mods\\_00000502](https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00000502) abgerufen
- HERLING, C., CULIK, B. M., & HENNICKE, J. C. (2005): Diet of the Humboldt penguin (*Spheniscus humboldti*) in northern and southern Chile: *Marine Biology* 147: 13-15. DOI: 10.1007/s00227-004-1547-8
- HUSEMANN, K., & KOHLHÄUFL, M. (2016): Allergische bronchopulmonale Aspergillose. In T. Biedermann, W. Heppt, H. Renz, M. Röcken, T. Biedermann, W. Heppt, H. Renz, & M. Röcken (Hrsg.), *Allergologie*: Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag: 339-344 DOI: 10.1007/978-3-642-37203-2
- IERSEL, M. v. (2007): The interplay between gait and cognitive function in elderly people. URL: <https://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/52458/52458.pdf?sequence=1&isAllowed=y> abgerufen am 13.02.2023
- IUCN. (2020): *Spheniscus humboldti*, *Humboldt Penguin*. URL: <https://www.iucnredlist.org/species/22697817/182714418#threats> abgerufen am 13.11.2022
- JACOBS, F., SCHNUG, E., & STÖVEN, K. (2016): Guano - ein historisches Düngemittel: *Journal für Kulturpflanzen*: 197 DOI: 10.5073/JFK.2016.07.02
- JANES, D. N. (1997). Osmoregulation by Adèlie Penguin Chicks on the Antarctic Peninsula. Carlifornien, Carlifornien, USA: 488 URL: <https://sora-dev.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v114n03/p0488-p0495.pdf> abgerufen
- JAUN-HOLDEREGGER, B. (2019): Wege zur Artenkenntnis - eine Untersuchung mit Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe im Kanton Bern, Schweiz: 17 URL: [https://phka.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/196/file/Dissertation\\_BJaun-Holderegger\\_2019.pdf](https://phka.bsz-bw.de/frontdoor/deliver/index/docId/196/file/Dissertation_BJaun-Holderegger_2019.pdf) abgerufen am 13.03.2023



- JEREZ, S., MOTAS, M., BENZAL, J., DIAZ, J. I., VIDAL, V., D'AMICO, V., & BARBOSA, A. (2012): Distribution of metals and trace elements in adult and juvenile penguins from Antarctic Peninsula area. *Research Article*: 3300-3311. DOI: 10.1007/s11356-012-1235-z
- JIMÈNES-UZCATEGUI, G., VINUEZA, R. L., URBINA, A. S., EGAS, D. A., GRACIA, C., COTIN, J., & SEVILLA, C. (2017): Lead and Cadmium Levels in Galapagos Penguins (*Spheniscus mendiculus*), Flightless Cormorant (*Phalacrocorax harrisi*) and Waved Albatross (*Phoebastria irrorata*). *Marine Ornithology*: 159-163. URL: [http://www.marineornithology.org/PDF/45\\_2/45\\_2\\_159-163.pdf](http://www.marineornithology.org/PDF/45_2/45_2_159-163.pdf) abgerufen am 04.03.2023
- KAMPWIRTH, R. (2009): *Unsere Ozeane: geplündert, verschmutzt und zerstört. WWF-Bericht über die Bedrohung der Meere und Küsten*. Frankfurt am Main: 3-16 URL: [https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Meeresbericht\\_Gepluendert\\_verschmutzt\\_zerstoert.pdf](https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Meeresbericht_Gepluendert_verschmutzt_zerstoert.pdf) abgerufen
- KNAUF, G. (2022): Humboldt-Pinguin: Vogel der Woche - bird of the week. URL: <https://open.spotify.com/episode/65Xd46yZPbiSlgoVZtACnr> abgerufen am 03.03.2023
- KNAUF, W. (2009): *Sphenisco*. URL: [https://sphenisco.org/images/data/Der\\_Humboldt\\_Pinguin.pdf](https://sphenisco.org/images/data/Der_Humboldt_Pinguin.pdf) abgerufen am 22.11.2022
- KOYOYOMJIAN, C., GIARIKOS, D., & HIRONS, M. A. (2022): Evaluation of trace element concentrations in the serum and vibrissae of Peruvian pinnipeds (*Arctocephalus australis* and *Otaria byronia*). *Journal of Wildlife Diseases*: 608-620. DOI: 10.7589/JWD-D-21-00104
- KORALEWSKI, H. E. (2006): Energiehaushalt und Temperaturregulation URL: [https://klinphys.charite.de/bioinfo/2\\_p-skripten/b4\\_b\\_waermehaushalt.pdf](https://klinphys.charite.de/bioinfo/2_p-skripten/b4_b_waermehaushalt.pdf) abgerufen am 28.11.2022
- LANDESZOOVERBAND MECKLENBURG-VORPOMMERN (2021): *Verband deutschsprachiger Zoopädagogen* URL: <https://www.vzp.de/2021/12/08/zoos-tierparks-und-aquarien-stellen-den-artenschutz-und-die-umweltbildung-immer-st%C3%A4rker-in-den-fokus/> abgerufen am 10.03.2023
- LAU, K.-M., & YANG, S. (2003): Walker-Circulation. In *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*: 2505-2510 URL: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/93120/W-libre.pdf?1390585454=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DW.pdf&Expires=1671548708&Signature=dtXY39Z0cscmyLpyglvr6lhw2slaPJLmIY1Bd4llGH9ZAbaZcrMaKsamEXMG2vXDIQ49FDOcUKA7aYG1q0dHIXT5w8bT~tLk6z9TCX> abgerufen am 20.12.2022
- LENNINGER, P. (2015): Local Livelihoods, Conservation and Mining: An Uneven Struggle over Land Access in *Punta de Choros, Chile*. Uppsala URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:820233/FULLTEXT01.pdf> abgerufen am 08.11.2022
- LINZMEIER, D. (2002): Partnerwahl und Reproduktion bei Humboldtpinguinen (*Spheniscus humboldti*) in Zookolonien. Münster: Schöningh Verlag: 2-6
- LIPPELT, J., & SCHRICKER, J. (2016): Kurz zum Klima. Alle Jahre wieder? Das Klimaphänomen El Niño und die Agrarmärkte: München: 57 URL: <https://www.econstor.eu/handle/10419/165821> abgerufen
- Luna-Jorquera, G., & Culik, B. M. (1999). Diving behavior of Humboldt Penguins *Spheniscus humboldti* in northern Chile. *Marine Ornithology* 27, S. 67-76.

- MARTIN, G. R., & YOUNG, S. R. (1984): The eye of the humboldt penguin, *Spheniscus humboldti*: visual fields and schematic optics. *Proceedings of the Royal society of London. Series B. Biological science* 223. 1231: 197-222. DOI:10.1098/rspb.1984.0090
- MATSCHKEI, C. (2021): Ordnung: Sphenisciformes - Pinguine. In W. Lantermann, & J. Asmus, *Wildvogelhaltung*. Berlin: Springer-Verlag: 598-602
- MATTERN, T. (2001): *Jagdstrategien und Bruterfolg des neuseeländischen Zwergpinguins Eudyptula minor*. Institut für Meereskunde, Kiel: 95-110 URL: <http://www.eudyptula.net/Jagdstrategien.pdf> abgerufen am 13.11.2022
- MATTERN, T., ELLENBERG, U., LUNA-JORQUERA, G., & DAVIS, L. (2004): Humboldt Penguin census in Isla Chanaral, Chile: Recent increase or past Underestimate of Penguin Numbers? *Waterbird* 27(3): 368-376. URL: [https://doi.org/10.1675/1524-4695\(2004\)027\[0368:HPCOIC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1675/1524-4695(2004)027[0368:HPCOIC]2.0.CO;2) abgerufen am 23.10.2022
- MCGILL, P., REYES, J., BAKER, A., LACY, R. C., PAREDES, R., RODRIGUEZ-MATAMOROS, J., WALLACE, R. (2021): Humboldt penguin (*Spheniscus humboldti*) Population and Habitat Viability Assessment Workshop Final Report: 9 URL: [https://www.researchgate.net/publication/358233436\\_Humboldt\\_penguin\\_Spheniscus\\_humboldti\\_Population\\_and\\_Habitat\\_Viability\\_Assessment\\_Workshop\\_Final\\_Report\\_Humboldt\\_Penguin\\_Population\\_and\\_Habitat\\_Viability\\_Assessment\\_Workshop\\_Final\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/358233436_Humboldt_penguin_Spheniscus_humboldti_Population_and_Habitat_Viability_Assessment_Workshop_Final_Report_Humboldt_Penguin_Population_and_Habitat_Viability_Assessment_Workshop_Final_Report) abgerufen
- MEIER, J. (2009): Handbuch Zoo - Moderne Tiergartenbiologie (1. Ausg.). CH-Basel: Haupt Verlag.: 155-157
- MEYER-GRÜNFELDT, M. (2015). Durch Umweltschutz die biologische Vielfalt erhalten. (Umweltbundesamt, Hrsg.) Berlin: 23 URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/durch-umweltschutz-biologische-vielfalt-erhalten> abgerufen am 13.09.2022
- METCHEVA, R., YURUKOVA, L., & TEODOROVA, S. E. (2011): Biogenic and toxic elements in feathers, eggs and excreta of Gentoo penguin (*Pogyscelis papua ellsworthii*) in the Antarctic. *Environmental Monitoring and Assessment*: 571-585. DOI: 10.1007/s10661-011-1898-9
- Müller-Schwarze, D., & Müller-Schwarze, C. (1977): *Sphenisciformes; Spheniscidae* (2. Ausg.). Wittenberg Lutherstadt: A. Ziemsen Verlag.: 9-82
- NEELIN, J. D., & LATIF, M. (1998): El Nino Dynamics. *Physics Today* 51 (12): 32-36. DOI: 10.1063/1.882496
- NEVITT, B. N., LANGAN, J. N., ADKESSON, M. J., MITCHELL, M. A., HENZLER, M., & DREES, R. (2014): Comparison of air sac volume, lung volume and lung densities determined by use of computed tomography in conscious and anesthetized Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*) positioned in ventral, dorsal and right lateral recumbency. *American Veterinary Medical Association Journals Vol 75*: 739-745. DOI: [doi.org/10.2460/ajvr.75.8.739](https://doi.org/10.2460/ajvr.75.8.739)
- Olsson, O. (1998): Divorce in king penguins: asynchrony, expensive fat storing and ideal free mate choice. *Oikos Vol. 83*: 574-581. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Olof-Olsson-5/publication/259583667\\_Divorce\\_in\\_King\\_Penguins\\_Asynchony\\_Expensive\\_Fat\\_Storing\\_and\\_Ideal\\_Free\\_Mate\\_Choice/links/542957370cf2e4ce940ca380/Divorce-in-King-Penguins-Asynchony-Expensive-Fat-Storing-and-Idea](https://www.researchgate.net/profile/Olof-Olsson-5/publication/259583667_Divorce_in_King_Penguins_Asynchony_Expensive_Fat_Storing_and_Ideal_Free_Mate_Choice/links/542957370cf2e4ce940ca380/Divorce-in-King-Penguins-Asynchony-Expensive-Fat-Storing-and-Idea) abgerufen am 26.01.2023

- OPEL ZOO (2023): *Katta und Co im Opel-Zoo 2.0 - Werde Botschafter für den Artenschutz* URL: Förderverein Opel-Zoo: [https://www.foerderverein-opel-zoo.de/de/wettbewerb\\_\\_438/](https://www.foerderverein-opel-zoo.de/de/wettbewerb__438/) abgerufen am 13.03.2023
- OPITZ, K. (2012): Pinguin Wissen URL: <https://www.pinguinwissen.de/> abgerufen am 13.10.2022
- PAGEL, P. T. (2021): Rolle des ex situ-Artenschutz in Zoos und bei privaten Züchtern URL: <https://www.bundestag.de/resource/blob/845908/8051233eb56ce21ccd3070918457b8db/Prof-Theo-B-Pagel-data.pdf> abgerufen am 04.03.2023
- PAP, P. L., OSVÁTH, G., DAUBNER, T., NORD, A., & VINCZE, O. (2020): Down feather morphology reflects adaptation to habitat and thermal conditions across the avian phylogeny: *EVOLUTION - International Journal of Organic Evolution*: 2365-2376. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/evo.14075> abgerufen am 06.01.2023
- PAREDES, R., & ZAVALAGA, C. B. (2000): Nesting sites and nest types as important factors for the conservation of Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*): *Biological Conservation* 100: 199-205. Von [https://www.researchgate.net/profile/Rosana-Paredes/publication/248199789\\_Nesting\\_sites\\_and\\_nest\\_types\\_as\\_important\\_factors\\_for\\_the\\_conservation\\_of\\_Humboldt\\_penguins\\_Spheniscus\\_humboldti/links/5bbabd07445851572315ed06a/Nesting-sites-and-nest-types-as-importor](https://www.researchgate.net/profile/Rosana-Paredes/publication/248199789_Nesting_sites_and_nest_types_as_important_factors_for_the_conservation_of_Humboldt_penguins_Spheniscus_humboldti/links/5bbabd07445851572315ed06a/Nesting-sites-and-nest-types-as-importor) abgerufen am 02.11.2022
- PAREDES, R., ZAVALAGA, C. B., & BONESS, D. J. (2002): Pattern of Egg Laying and Breeding Success in Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*) at Punta San Juan, Peru: *The Auk*, 119(1) 244-250. URL: DOI: 10.1642/0004-8038(2002)119[0244:POELAB]2.0.CO;2
- PAREDES, R., ZAVALAGA, C. B., BATTISTINI, G., MAJLUF, P., & MCGILL, P. (2003): Status of the Humboldt Penguin in Peru, 1999-200: *Waterbird - Journal of the Waterbird Society Vol. 26, No. 2*: 129-256. DOI: 10.1675/1524-4695(2003)026[0129:SOTHPI]2.0.CO;2
- PELEGRIN, J. S., & HOSPITALECHE, C. A. (2022): Evolutionary and Biogeographical History of Penguins (Sphenisciformes): Review of the Dispersal Patterns and Adaptations in a Geologic and Paleoeological Context: *Diversity*: 1-20. DOI: 10.3390/d14040255
- PONGANIS, P. J., LEGER, J. S., & SCADENG, M. (2014): Penguin lungs and air sacs: implications for baroprotectioun, oxygen stores and bupyancy: *The Company of Biologists*: 720-730. DOI: 10.1242/jeb.113647
- PUENTE, S. D., BUSSALLEU, A., CARDENA, M., VALDÉS-VELÁSQUEZ, A., MAJLUF, P., & SIMEONE, A. (2013): Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*): *Penguins - Natural Histry and Conservation*: 265-283 URL: [https://www.researchgate.net/profile/Armando-Valdes-Velasquez/publication/304626790\\_Humboldt\\_Penguin\\_Spheniscus\\_humboldti/links/57754eb808ae1b18a7dfddcf/Humboldt-Penguin-Spheniscus-humboldti.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Armando-Valdes-Velasquez/publication/304626790_Humboldt_Penguin_Spheniscus_humboldti/links/57754eb808ae1b18a7dfddcf/Humboldt-Penguin-Spheniscus-humboldti.pdf) am 21.11.2022
- PÜTZ, K., & BATARILLO, D. (2018): Unverfrorene Freunde: Mein Leben unter Pinguinen. Berlin: Ullstein Buchverlage GmbH: 24-121
- PÜTZ, K., & REINKE-KUNZE, C. (2009): Tierwelt der Antarktis und Subantarktis (1. Ausg.). Forch: Eigenverlag des Antarctic Research Trust: 14
- QUEZADA, K., & KNAUF, G. (2022): Umwelttraining für Lehrer in der Region Coquimbo URL: <https://www.sphenisco.org/de/projekte-aktivitaeten/projekt-in-chile/umwelttraining-fuer-lehrer-in-der-region-coquimbo> abgerufen am 06.03.2023

- QUILLFELDT, P., & MASELLO, J. F. (2013): Impacts of climate variation and potential effects of climate change on Aouth American seabirds - a review: *Marine Biology Research Vol. 9, No. 4*: 337-357 DOI: 10.1080/17451000.2012.756982
- QUISPE, R., LERMA, M., LUNA, N., PROTFLITT-TORO, M., SERRATOSA, J., & LUNA-JORQUERA, G. (2020): Foraging Range of Humboldt Penguins *Spheniscus Humboldti* from Tilgo Island: The critical need for Protecting a unique marine Habitat: *Marine Ornithology 48*: 205-208. URL: [http://www.marineornithology.org/PDF/48\\_2/48\\_2\\_205-208.pdf](http://www.marineornithology.org/PDF/48_2/48_2_205-208.pdf) abgerufen am 15.11.2022
- RODRIGUES, P., & MICAEL, J. (2020): The importance if guano birds to the INca Empire and the first conservation measures implemented by humans: *IBIS International journal of avian science 163*: 283-291 DOI:10.1111/ibi.12867
- ROPERT-COUDERT, Y., KATO, A., CANNELL, B., & WILSON, R. (2006): Foraging strategies and prey encounter rate of free-rangeing Little Penguins: Springer Verlag: 144 DOI: 10.1007/s00227-005-0188-x
- ROSTOCK ZOO (2023): URL: <https://www.zoo-rostock.de/forschen-entdecken/zooschule.html> abgerufen
- ROTT, B. (2016): Alexander von Humboldt brachte Guano nach Europa – mit ungeahnten globalen Folgen: (E. K. Ottmar Ette, Hrsg.): 83-87 DOI: 10.18443/234
- RUXTON, G. D., SPEED, M. P., & KELLY, D. J. (2004): What, if anything, is the adaptive function of countershading?: 445 DOI: 10.1016/j.anbehav.2003.12.009
- SCHAEFER, M. (2012): Wörterbuch der Ökologie: Göttingen: Spektrum Akademischer Verlag: 34
- SCHERER, C. (2019): Böse Überraschungen bei der Sanierung: problematische Baustoffe aus den 1950er- bis 1980er-Jahre: *Bausubstanz Thema: Flugdach - Faltwerk - Fertigteile*: 32 DOI: 10.51202/9783738802054-32
- SCHMÄING, T., STEINLEIN, T., & GROTHJOHANN, N. (2019): Mikroplastik in den Meeren - eine Gefahr für Tiere und Menschen? Eine fachwissenschaftliche Problemanalyse inklusive Materialien für die unterrichtliche Nutzung: *Journal für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik*: 80-91
- SCHMIDT-NIELSEN, K., & SLADEN, W. J. (1958): Nasal salt secretion in the Humboldt penguin: *Nature Vol. 181*: 1217-1218 URL: <https://www.nature.com/articles/1811217b0.pdf?origin=ppub> abgerufen am 06.01.2023
- SIMEONE, A., & LUNA-JORQUERA, G. (2012): Estimating rat predation on Humboldt Penguin colonis in north-central Chile: *Journal of Ornithology*: 10797-1085 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10336-012-0837-z> abgerufen am 28.10.2022
- SIMEONE, A., ARAYYA, B., BERNAL, M., DIEBOLD, E. N., GRZYBOWSKI, K., MICHAELS, M., WILLIS, M. J. (2002): Oceanographic and climatic factors influencing breeding and colony attendance patterns of Humboldt penguins *Spheniscus humboldti* in central Chile: *Marine Ecology Progress Series Vol. 227*: 43-50 URL: <https://www.int-res.com/articles/meps2002/227/m227p043.pdf> abgerufen am 14.12.2022
- SIMEONE, A., BERNAL, M., & MEZA, J. (1999): Incidental Mortality of Humboldt Penguins *Spheniscus humboldti* in Gill Nets, Central Chile: *Marine Ornithology 27*: 157-161 URL: [http://www.marineornithology.org/PDF/27/27\\_19.pdf](http://www.marineornithology.org/PDF/27/27_19.pdf) abgerufen am 02.02.2023

- SIMEONE, A., HIRIART-BERTRAND, L., REYES-ARRIAGADA, R., HALPERN, M., DUBACH, J., WALLACE, R., LÜTHI, B. (2009). Heterospecific pairing and Hybridization between wild Humboldt and Magellanic Penguins in southern Chile: *The Condor* 111(3): 544-550. DOI: 10.1525/cond.2009.090083
- SIMEONE, A., LUNA-JORQUERA, G., & WILSON, R. P. (2003): Seasonal variations in the Behavioural thermoregulation of roosting Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti* in north-central Chile: *Marine Ornithology* 27: 35-40. DOI: 10.1007/s10336-003-0005-6
- SIVAK, J. G., & MILLODOT, M. (1977): Optical Performance of the Penguin Eye in Air and Water: *Journal of comparative physiology Vol. 119*: 241-247 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00656636> abgerufen am 11.01.2023
- SKEWGAR, E., SIMEONE, A., & BOERSMA, P. D. (2009): Marine Reserve in Chile would benefit penguins and ecotourism: *Ocean & Coastal Management* 52: 487-491. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2009.07.003
- SPARROW, S., & MACINTOSH, H. (2019): Veterinary nursing of a dyspnoeic juvenile Humboldt penguin *Spheniscus humboldti*: *Veterinary Nursing Journal Vol. 34*: 169-173. DOI: 10.1080/17415349.2019.1612299
- SPURR, E. B. (1974): Behavior of the Adèlie Penguin Chick. Christchurch, Neuseeland: 287 URL: <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/condor/v077n03/p0272-p0280.pdf> abgerufen am 14.01.2023
- STRANGEWAYS, I. (2010): Measuring Global Temperatures - Their Analysis and Interpretation. Cambridge: Cambridge University Press: 141-144
- STÜRMER, K. (2007): Pole, Packeis, Pinguine: Leben im ewigen Eis. München: Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG: 70-77
- SVENSSON, L., MULLARNEY, K., & ZETTERSTRÖM, D. (2011): Der Kosmos Vogelführer (2. Ausg.). Stuttgart: Franckh Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.: 8
- THIEL, M., JORQUERA, G. L., ÁLVAREZ-VARAS, R., GALLARDO, C., HINOJOSA, I. A., LUNA, N., ZAVALAGA, C. (2018): Impacts of marine plastic Pollution from Continental Coasts to subtropical Gyres - Fish, Seabirds and other Vertebrates in the SE Pacific: *Frontiers in Marine Science Vol. 5*: 1-16. DOI: 10.3389/fmars.2018.00238
- THIEL, M., MACAYA, E. C., ACUNA, E., ARNTZ, W. E., BASTIAS, H., BROKORDT, K., ALONSO VEGA, J. (2007): The Humboldt Current System of northern and central Chile - Oceanographic processes, Ecological interactions and socioeconomic feedback: *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, S. 195-344 URL: <https://repositorio.uc.cl/xmlui/bitstream/handle/11534/20998/The%20Humboldt%20Current%20System%20of%20northern%20and%20central%20Chile.pdf> abgerufen am 13.10.2022
- THOREL, M., MATEOS-HERNANDEZ, L., MULOT, B., AZZOUNI, M. N., ADNAN, H., GAILLOT, H., CABEZAS-CRUZ, A. (2022): Assessment of safety and efficacy of an Oral Probiotic-Based Vaccine Against *Aspergillus* Infection in Captive-Bred Humboldt penguins (*Spheniscus humboldti*): *Frontiers in Immunology Vol. 13*: 1-18 URL: [https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2022.897223/full?&utm\\_source=Email\\_to\\_authors\\_&utm\\_medium=Email&utm\\_content=T1\\_11.5e1\\_author&utm\\_campaign=Email\\_publication&field=&journalName=Frontiers\\_in\\_Immunology&id=897223](https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2022.897223/full?&utm_source=Email_to_authors_&utm_medium=Email&utm_content=T1_11.5e1_author&utm_campaign=Email_publication&field=&journalName=Frontiers_in_Immunology&id=897223) abgerufen am 16.12.2022

- THUMSER, N. N., & KARRON, J. D. (1994): Patterns of genetic polymorphism in five species of penguins: *The Auk* 111(4): 1018-1022 URL: <https://sora.unm.edu/sites/default/files/journals/auk/v111n04/p1018-p1022.pdf> abgerufen am 20.01.2023
- TRATHAN, P. N., GARCIA-BORBOROGLU, P., BOERSMA, D., BOST, C.-A., CRAWFORD, R. J., CROSSIN, G. T., WIENECKE, B. (2014): Pollution, habitat loss, fishing, and climate change as critical threats to penguins: *Conservation Biology*: 31-41 DOI: 10.1111/cobi.12349
- URBINA, M. A., GUERRERO, P. C., JEREZ, V., LISÓN, F., LUNA-JORQUERA, G., MATUS-OLIVARES, C., GOMEZ-UCHIDA, D. (2021): Extractivist policies hurt Chile's ecosystems: *Science* Vol. 373: 1208-1210 DOI: 10.1126/science.abm0157
- VEGA, C. M., SICILIANO, S., BARROCAS, P. R., HACION, S. S., CAMPOS, R. C., JACOB, S. D., & OTT, P. H. (2009): Levels of Cadmium, Mercury, and Lead in Magellanic Penguins (*Spheniscus magellanicus*) Stranded on the Brazilian Coast: *Arch Environ Contam Toxicol*: 460-468 DOI: 10.1007/s00244-009-9349-0
- VIANNA, J. A., CORTES, M., RAMOS, B., SALLABERRY-OINCHEIRA, N., GONZÁLEZ-ACUNA, D., DANTAS, G. P., LUNA-JORQUERA, G. (2014): Changes in Abundance and Distribution of Humboldt Penguin *Spheniscus Humboldti*: *Marine Ornithology* 42: 153-159 URL: [http://www.marineornithology.org/PDF/42\\_2/42\\_2\\_153-159.pdf](http://www.marineornithology.org/PDF/42_2/42_2_153-159.pdf) abgerufen am 28.11.2022
- WILLENER, A. S., HANDRICH, Y., HALSEY, L. G., & STRIKE, S. (2016): Fat King penguins are less steady in their Feet: *PLOS ONE*: 1-9. DOI: 10.1371/journal.pone.0147784
- WILLIAMS, C. L., & PONGANIS, P. J. (2021): Diving physiology of marine mammals and birds: the development of biologging techniques: *Philosophical Transactions on the Royal Society B*: 1-12 DOI: 10.1098/rstb.2020.0211
- WILSON, R. P., WILSON, M.-P., DUFFY, D. C., ARAYA, B., & KLAGES, N. (1989): Diving behaviour and prey of the Humboldt Penguin (*Spheniscus humboldti*): *Journal of Ornithology*: 75-79 URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF01647164.pdf> abgerufen am 19.02.2023
- WINK, M. (2011): Evolution und Phylogenie der Vögel - Taxonomische Konsequenzen: Frankfurt am Main: 18 URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/14527329.pdf> abgerufen am 27.02.2023
- WITTE, G. (1991): Zoopädagogik - Unterricht: Unterweisen am Tier. Zoopädagogik vor Ort - Schritte zum Naturverständnis (1. Ausg., Bd. 1): P. D. Witt, Hrsg: Kassel: 15
- WOLFF, M (2017): Auftriebsgebiete und El Nino. In G. Hempel, K. Bischof, & W. Hagen (Hrsg.), *Faszination Meeresforschung: Ein ökologisches Lesebuch*: Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag: 71-82 DOI: 10.1007/978-3-662-49714-2
- ZEPPER, M. (Mai 2004): Pinguin.net - schnabelhaft. URL: <http://www.pinguine.net/pinguinlexikon/fortbewegung/imwasser> abgerufen am 13.09.2022
- ZHANG, X.-H., LIU, J., LIU, J., YANG, G., XUE, C.-X., CURSON, A. R., & TODD, J. D. (2019): Biogenic production of DMSP and its degradation to DMS - Their roles in the global sulfur cycle: *SCIENCE CHINA, Life Science*: 1296-1319 DOI: 10.1007/s11427-018-9524-y
- ZOO FRANKFURT (2019): Jahresbericht 2019: Frankfurt am Main: URL: [https://www.zoo-frankfurt.de/fileadmin/redakteure/allgemein/PDF/2020/Zoo\\_Frankfurt\\_Jahresbericht\\_2019.pdf](https://www.zoo-frankfurt.de/fileadmin/redakteure/allgemein/PDF/2020/Zoo_Frankfurt_Jahresbericht_2019.pdf) abgerufen am 06.03.2023

ZOO FRANKFURT (2021): Jahresbericht 2021: Frankfurt am Main: URL: von [https://www.zoo-frankfurt.de/fileadmin/redakteure/allgemein/PDF/2020/Zoo\\_Frankfurt\\_Jahresbericht\\_2019.pdf](https://www.zoo-frankfurt.de/fileadmin/redakteure/allgemein/PDF/2020/Zoo_Frankfurt_Jahresbericht_2019.pdf) abgerufen am 03.03.2023

ZOO KREFELD (2023): Pädagogisches Konzept des Zoo Krefeld: URL: [https://www.zookrefeld.de/fileadmin/user\\_upload/Forscherhaus/BNE/Download\\_BNE/Paedagogisches\\_Konzept\\_BNE\\_11\\_3\\_22.pdf](https://www.zookrefeld.de/fileadmin/user_upload/Forscherhaus/BNE/Download_BNE/Paedagogisches_Konzept_BNE_11_3_22.pdf) abgerufen am 03.03.2023

ZOO WUPPERTAL (2023): Humboldtpinguin "Carlo": Der grüne Zoo Wuppertal: URL: <https://www.wuppertal.de/microsite/zoo/Zoo-Verein/inhaltsseiten/humboldtpinguin-carlo.php> abgerufen am 06.03.2023

## Quellen der Kartengrundlagen

IUCN (2020): Geografische Verteilung der Pinguine. URL: <https://www.iucnredlist.org/search?query=penguins&searchType=species>

## Bildquellen

ALIANZA HUMBOLDT (2023): Foto von „Geografische Darstellung des unter Schutz gestellten Humboldt-Archipels“ auf S. 47. URL: <https://alianzahumboldt.cl/Mapa> zuletzt aufgerufen am 09.03.2023

BURGHARD (2019): Foto von „Die feinverästelten Federteile (...)“ auf S. 22. URL: [https://www.researchgate.net/figure/a-Photograph-of-a-Humboldt-penguin-Spheniscus-humboldti-feather-left-collected-from\\_fig1\\_333871398](https://www.researchgate.net/figure/a-Photograph-of-a-Humboldt-penguin-Spheniscus-humboldti-feather-left-collected-from_fig1_333871398) zuletzt abgerufen am 16.09.2022

CARDENAZ et al. (2012): Fotos von „Monitoringprogramm einer Humboldtpinguin-Kolonie in Punta San Juan“ auf S. 48. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Susana-Cardenas/publication/319077071\\_The\\_Punta\\_San\\_Juan\\_Project-Protecting\\_One\\_of\\_the\\_World's\\_Largest\\_Colonies\\_of\\_Humboldt\\_Penguins/links/598ea497a6fdcc10d8ee2efb/The-Punta-San-Juan-Project-Protecting-One-of-the-Worlds-Largest-Colonies-of-Humboldt-Penguins.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Susana-Cardenas/publication/319077071_The_Punta_San_Juan_Project-Protecting_One_of_the_World's_Largest_Colonies_of_Humboldt_Penguins/links/598ea497a6fdcc10d8ee2efb/The-Punta-San-Juan-Project-Protecting-One-of-the-Worlds-Largest-Colonies-of-Humboldt-Penguins.pdf) zuletzt aufgerufen am 17.12.2022

CRAWFORD et al. (2017): Foto von „Die Punkte stellen die Fangareale dar (...)“ auf S. 35. URL: [https://www.researchgate.net/publication/320348412\\_Tangled\\_and\\_drowned\\_A\\_global\\_review\\_of\\_penguin\\_bycatch\\_in\\_fisheries/link/5a544876aca2725638cb67b8/download](https://www.researchgate.net/publication/320348412_Tangled_and_drowned_A_global_review_of_penguin_bycatch_in_fisheries/link/5a544876aca2725638cb67b8/download) zuletzt aufgerufen am 06.01.2023

FAVARO et al. (2017): Foto von „Unterschiedliche Stimmlagen der verschiedenen Humboldtpinguin-Individuen“ auf S. 29. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0170001&type=printable> zuletzt aufgerufen am 14.11.2022

INSTITUT FÜR OZEAN PLASTIK RECYCLING (2023): Foto von „: Meeresströmungen tragen das Plastik zusammen, sodass riesige „Müllinseln“ entstehen“ auf S. 41. URL: <https://ifopr.eu/> zuletzt aufgerufen am 14.03.2023

MEIER (2009): Grafik von „Möglichkeiten der Belehrung im Zoo“ auf S. 16. Handbuch Zoo – Moderne Tiergartenbiologie

QUISPE et al. (2020): Foto von „Diese Darstellung veranschaulicht hierbei den durchschnittlichen Radius

während des Nahrungserwerbs (violett) auf der Insel Tilgo“ auf S. 36. URL: [http://www.marineornithology.org/PDF/48\\_2/48\\_2\\_205-208.pdf](http://www.marineornithology.org/PDF/48_2/48_2_205-208.pdf) zuletzt aufgerufen am 13.03.2023

TAWAKI-PROJECT (2022): Foto von „Brutplatz eines Humboldtpinguins in einem Steilhang“ auf S. 28. URL: <https://www.tawaki-project.org/2022/08/01/helping-out-with-humboldts-part-1/> zuletzt aufgerufen am 10.03.2023

WINGHAM WILDLIFE PARK (2007-2023), South Florida PBS, Inc. (2023), R. ROSCOE (2023): Fotos von „Geschlüpfes Humboldtpinguinküken“ auf S. 30. URL: <https://winghamwildlifepark.co.uk/humboldt-penguins-from-egg-to-fledging/>, <https://www.changingseas.tv/season-12/1203/>, <http://www.photovolcanica.com/PenguinSpecies/Humboldt/2012dHumbZoo3088u3089.jpg> zuletzt aufgerufen am 23.09.2022

W. KNAUF (2022): Fotos von „Humboldtpinguin ausgestattet mit Fahrtenschreiber“ auf S. 46. URL: <http://www.sphenisco.org/de/projekte-aktivitaeten/projekt-in-chile/forschungs-impressionen-2-teil> zuletzt aufgerufen am 19.01.2023

ZOO FRANKFURT (2019): Foto von „Interaktive Beschilderung im Frankfurter Zoo in Bezug auf die Gefahren (...)“ auf S. 17. URL: [https://www.zoo-frankfurt.de/fileadmin/redakteure/allgemein/PDF/2020/Zoo\\_Frankfurt\\_Jahresbericht\\_2019.pdf](https://www.zoo-frankfurt.de/fileadmin/redakteure/allgemein/PDF/2020/Zoo_Frankfurt_Jahresbericht_2019.pdf) zuletzt abgerufen am 09.03.2023

## **Bildquellen Anhang**

UZH (2013): Foto von Anhang 1 „Archaeopteryx als wichtiges Bindeglied“ auf S. 75 URL: [https://www.swisseduc.ch/biologie/archaeopteryx/docs/archaeopteryx\\_dossier2.pdf](https://www.swisseduc.ch/biologie/archaeopteryx/docs/archaeopteryx_dossier2.pdf) zuletzt abgerufen am 13.01.2023

SEOS (2023): Foto von Anhang 3 „Verbreitung ausgestorbener Pinguine“ auf S. 77 URL: <https://seos-project.eu/oceancurrents/oceancurrents-c02-p03.de.html> Zuletzt abgerufen am 13.01.2023

PAN et al. (2019): Foto von Anhang 15 „Verbreitungsgebiete der Pinguine“ auf S. 91 URL: [https://www.researchgate.net/figure/Locations-of-breeding-colonies-of-penguins-and-sampling-sites-for-the-final-genomes\\_fig1\\_335921764](https://www.researchgate.net/figure/Locations-of-breeding-colonies-of-penguins-and-sampling-sites-for-the-final-genomes_fig1_335921764) zuletzt abgerufen am 21.02.2023

PELEGRIN & HOSPITALECHE (2022): Foto von Anhang 3 „Verbreitung ausgestorbener Pinguine“ auf S. 77 URL: <https://www.mdpi.com/1424-2818/14/4/255> zuletzt abgerufen am 02.11.2022

Abbildungen ohne Angaben wurden von der Autorin dieser Bachelorarbeit selbst erstellt und sind somit urheberrechtlich geschützt.



# ANHANG – ZOOPÄDAGOGIK

---

Anhang 1 – Archaeopteryx als wichtiges Bindeglied

Anhang 2 – Beschriftung linke Flosse Humboldtpinguin

Anhang 3 – Verbreitung ausgestorbener Pinguine

Anhang 3.1 – Humboldtstrom

Anhang 4 – Bergmannsche Regel

Anhang 5 – Jahreszyklus des Humboldt- und Königspinguin

Anhang 6 – Nahrungsnetz

Anhang 6.1 – Nahrungspyramide

Anhang 7 – Countershading

Anhang 8 – Gegenstromprinzip

Anhang 9 – Salzdrüse

Anhang 10 – Überblick Gefahren

Anhang 10.1 – Arbeitsblätter Thema: Gefahren

Anhang 10.2 – Arbeitsblatt „El-Nino“

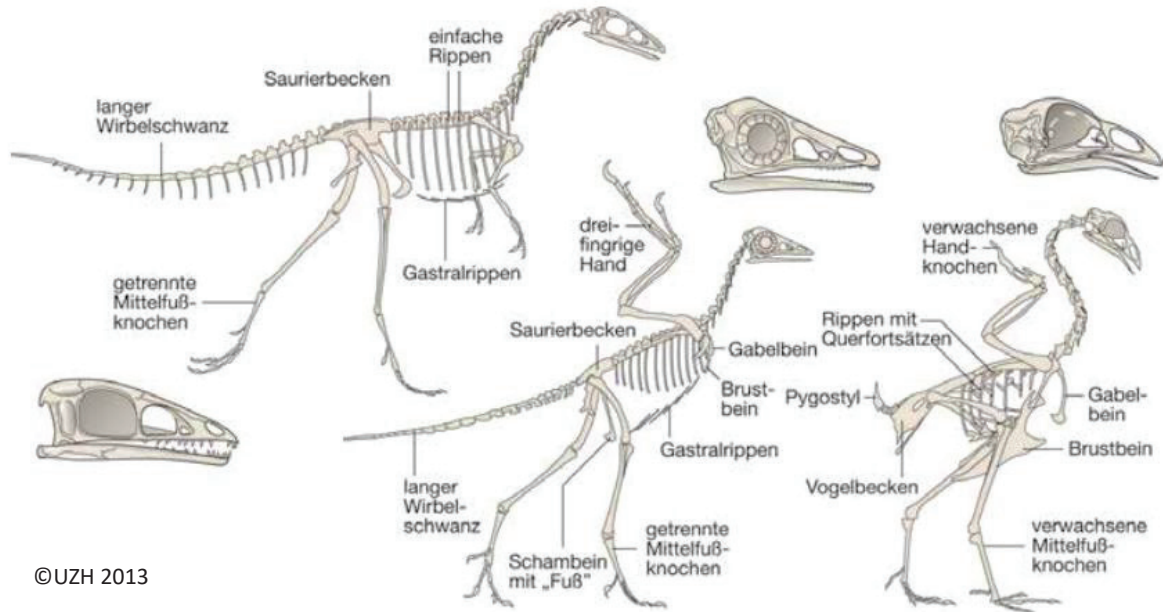
Anhang 10.3 – Arbeitsblatt „Industrielle Fischerei“

Anhang 11 – Mögliche Lösungen/ Hilfestellung

Anhang 12 – Übersicht Vorkommen der Pinguine



Welche Vergleichsmerkmale unterstützen die Aussage, dass der *Archaeopteryx* das Bindeglied zwischen dem Dinosaurier und dem Vogel ist?



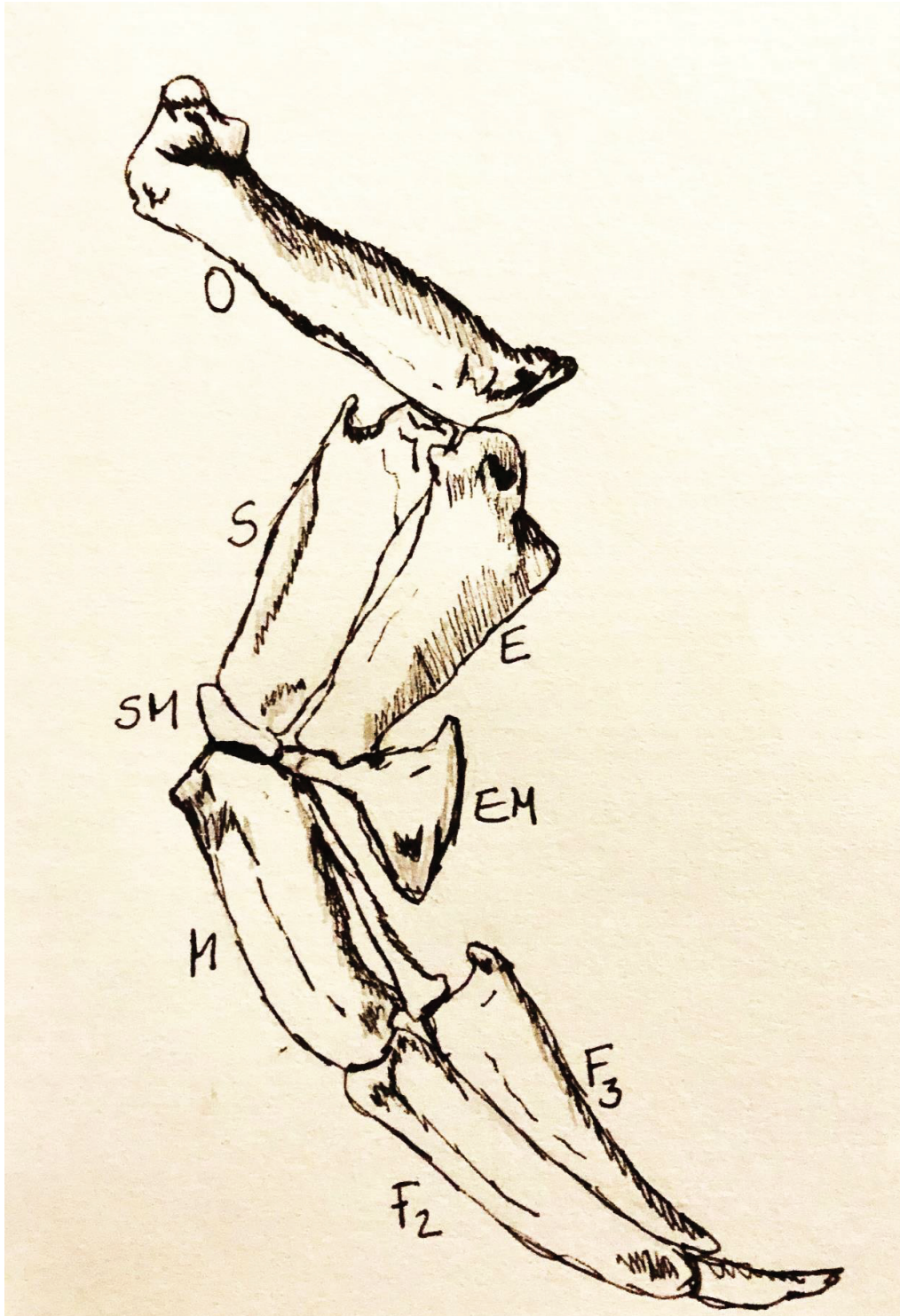
## Archaeopteryx als wichtiges Bindeglied

Bezüglich der Vorfahren der Pinguine wird nach vermutet, dass diese sich von den Dinosauriern des Erdmittelalters ableiten lassen. Diesbezüglich belegen fossile Funde des *Archaeopteryx* aus Süddeutschland und China klar den Übergang vom Dinosaurier zum Vogel. Somit ist *Archaeopteryx* ein wichtiges Bindeglied zwischen den Dinosauriern und den heute bekannten Vogelarten.

Dinosauriermerkmale	Vogelmerkmale

Anhang 2 – Beschriftung linke Flosse Humboldtpinguin

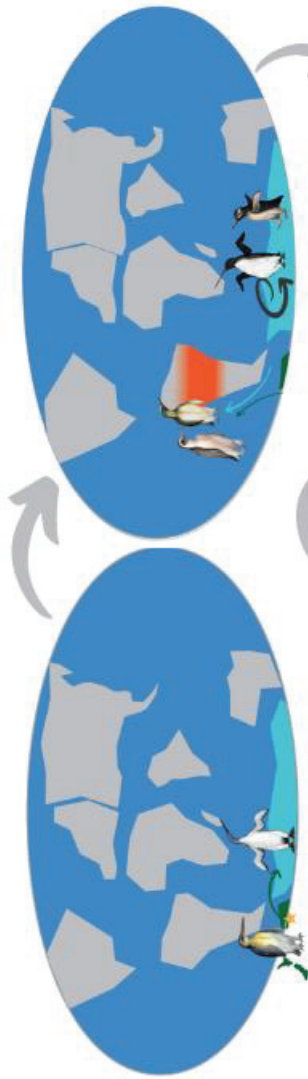
- O: Oberarm
- S: Speiche
- E: Elle
- SM, EM: Speichen- und Ellen-Handwurzelknochen
- M: Mittelhandknochen
- F<sub>2,3</sub>: Finger



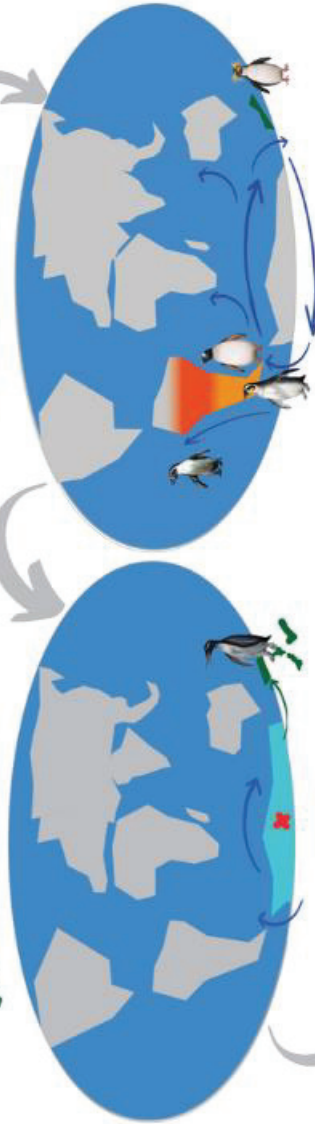
Vergleiche die Abbildung „Verbreitung ausgestorbener Pinguinarten“ mit der unten rechts aufgeführten Weltkarte. Was fällt Euch hinsichtlich der Ausbreitung der Pinguine auf?

## Verbreitung ausgestorbener Pinguinarten

**Paläozän:** Ursprung der Pinguine (*Crossavilla*) in Neuseeland sowie die frühe Ausbreitung in der Antarktis (*Crossavilla waiparensis*). Neuseeland und Antarktis hatten ähnliche Umweltbedingungen, z. B. eine kalte bis gemäßigte Umgebung zwischen Paläozän und Eozän.

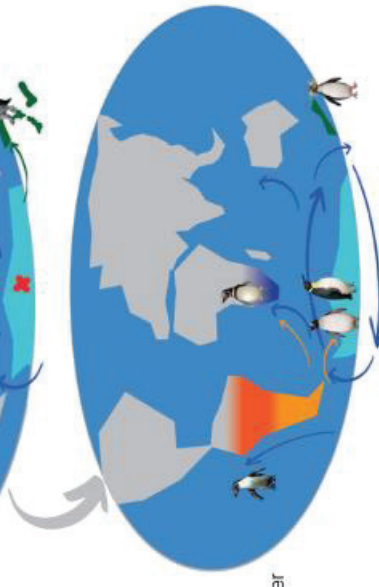


**Eozän:** Diversifizierung verschiedener Arten in der Antarktis, z. B. *Palaeudyptes* sowie *Delphinornis*. Frühe Ausbreitung und Kolonisierung von Arten, wie *Pemdyptes* und *Incaiyacu*, in Richtung Südamerika.

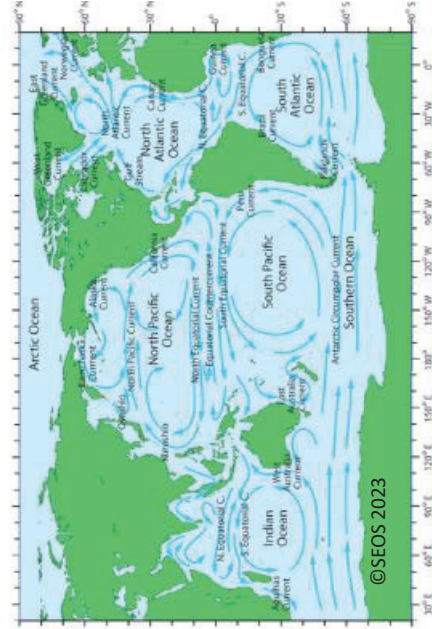


**Miozän:** Neuseeländische Arten siedeln sich in Südamerika an. Diversifizierung u. a. von *Spheniscus* in Südamerika, *Megadyptes*- und *Eudyptes*-Kladen in Neuseeland sowie *Pygoscelis*-Kladen im Süden von Südamerika.

**Oligozän:** Pinguine verlassen die Antarktis aufgrund der Abkühlung und wandern in Richtung Neuseeland ab. Dadurch ist Neuseeland das Zentrum der Diversifizierung.

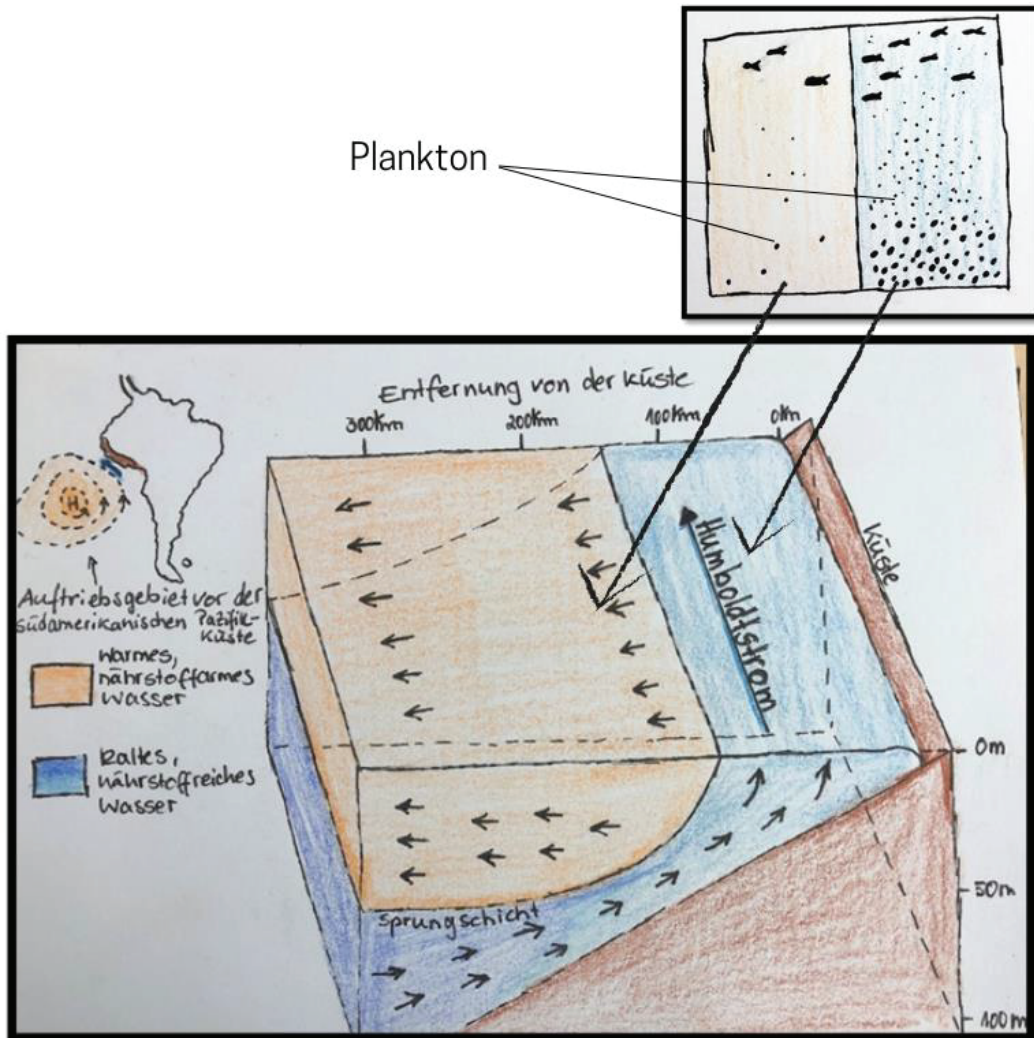


**Plio-Pleistozän:** Ausbreitung der Vorfahren der heutigen *Spheniscus*-Arten nach Südafrika. *Pygoscelis*- und *Aptenodytes*-Kladen kolonisieren die Antarktis. *Eudyptes*-Kladen aus Neuseeland breiten sich über die zirkumantarktischen Inseln aus.



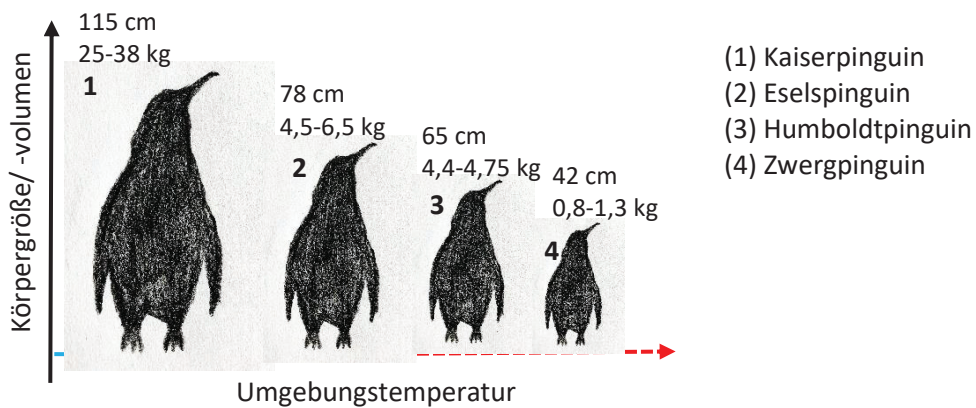
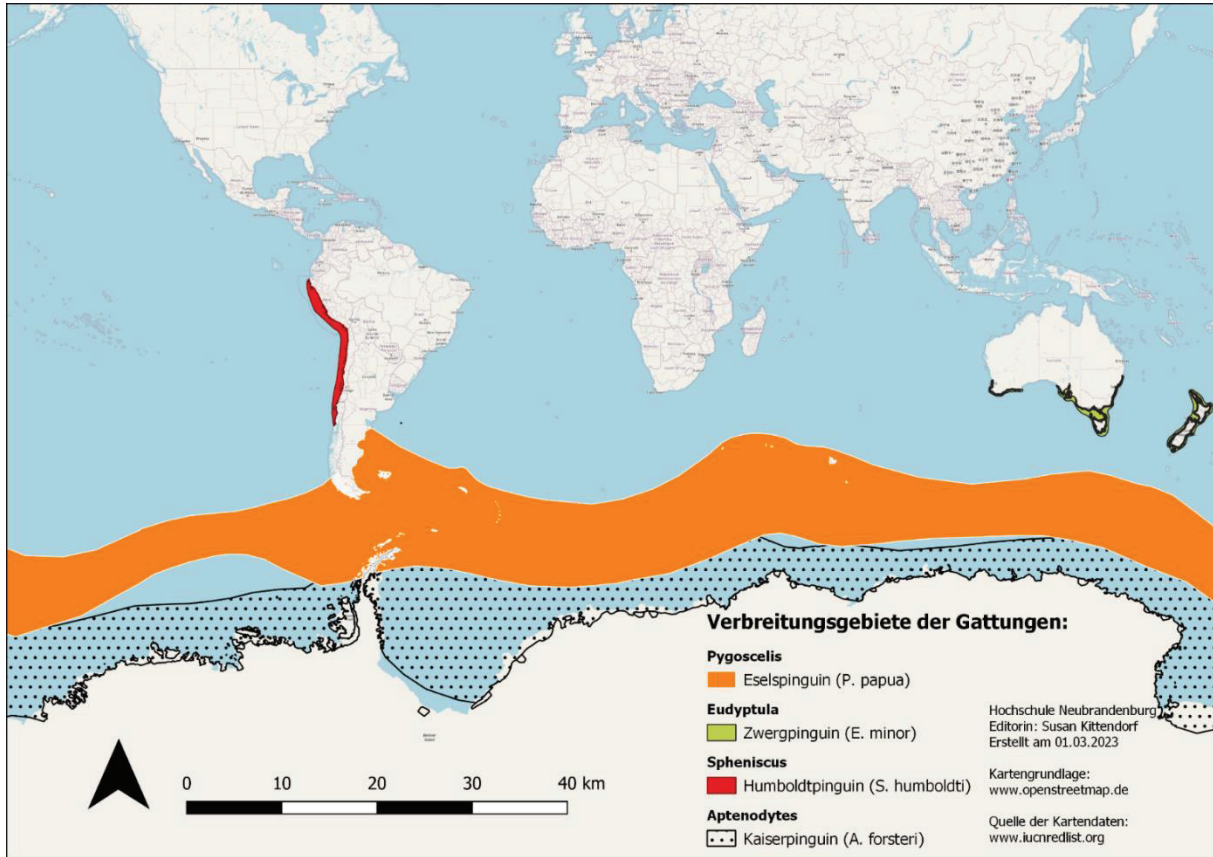
### Übergang von „Verbreitung ausgestorbene Pinguinarten“ auf den Humboldtstrom:

Warum haben sich die Pinguine entlang der Meeresströmungen verbreitet? Verwende für die Erläuterung die folgende Abbildung:



## Bergmannsche Regel

Definiere die Bergmannsche Regel. Erläutere die Bergmannsche Regel anhand des aufgeführten Beispiels der Pinguinarten die auf der Verbreitungskarte angegeben sind.

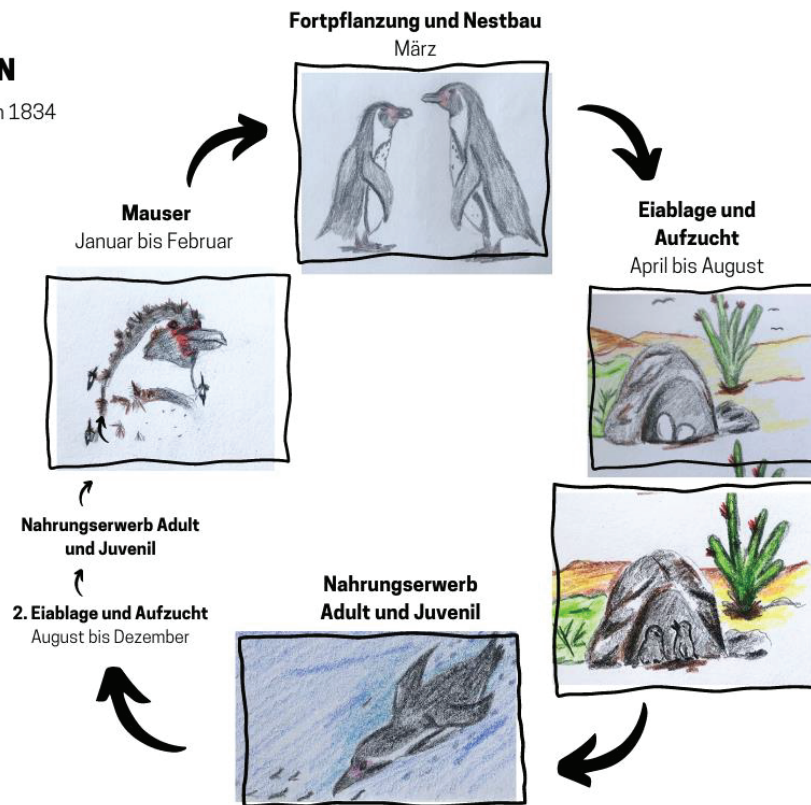


Vergleiche die Jahreszyklen des Humboldt- und Königspinguin.

### JAHRESZYKLUS HUMBOLDTPINGUIN

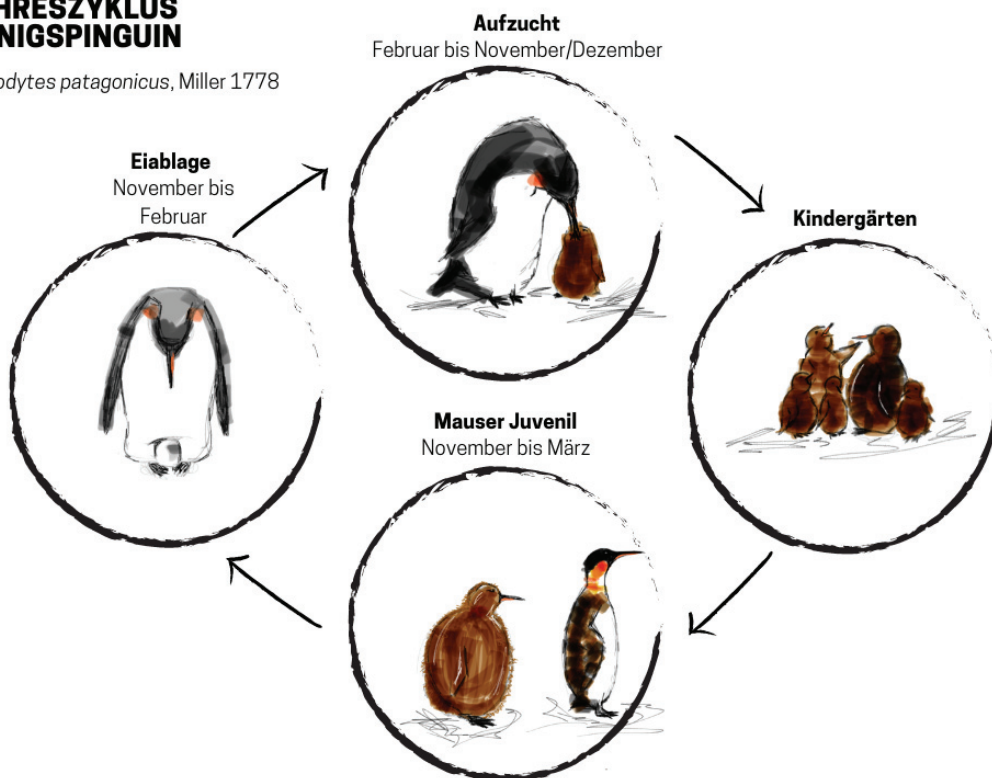
*Spheniscus humboldti*, Meyen 1834

Der Jahreszyklus des Humboldtpinguins veranschaulicht, wie die bestimmten Lebensweisen miteinander verbunden sind und welches wiederholendes Muster es innerhalb eines Jahres bildet.



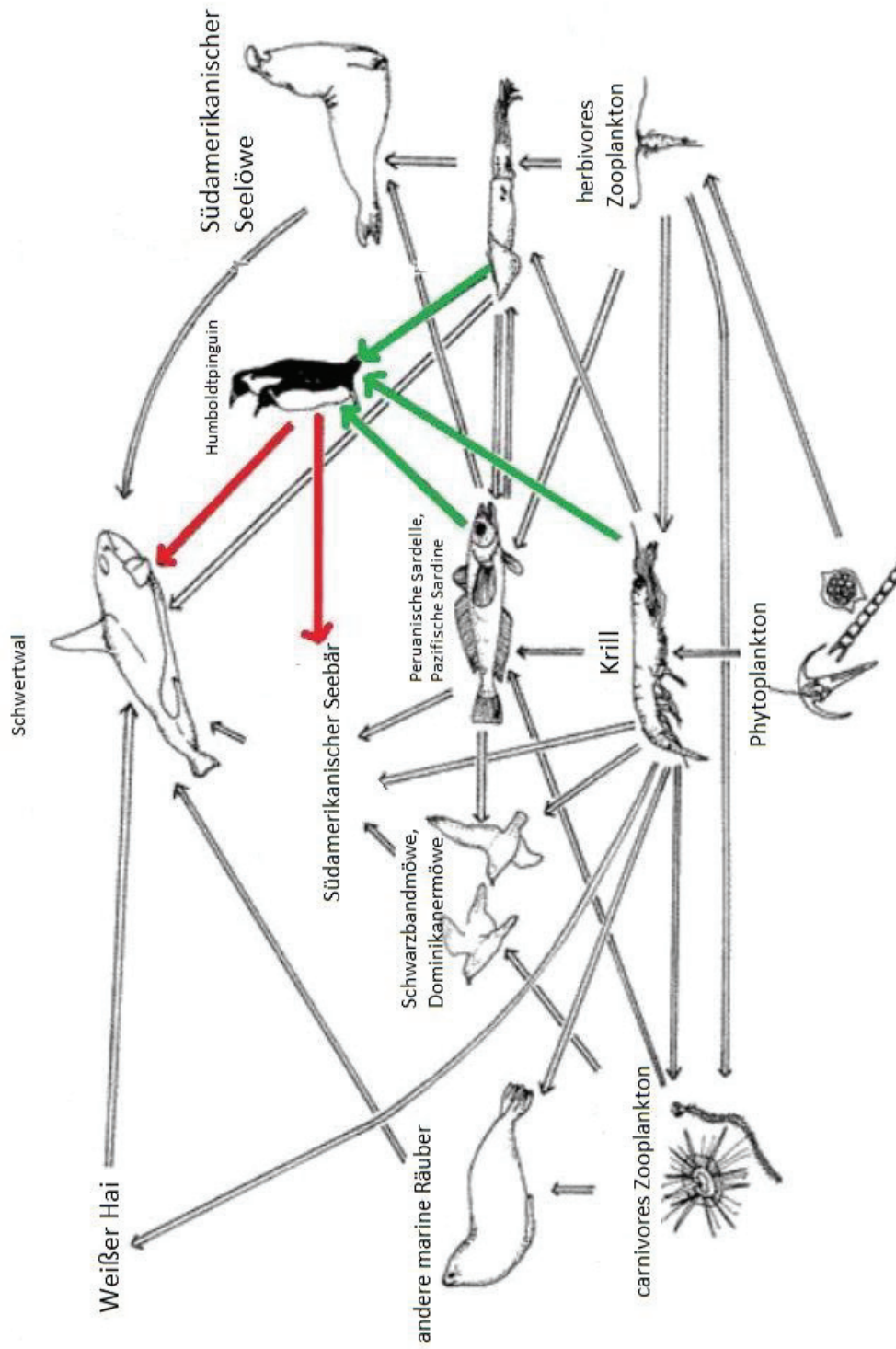
### JAHRESZYKLUS KÖNIGSPINGUIN

*Apenodytes patagonicus*, Miller 1778





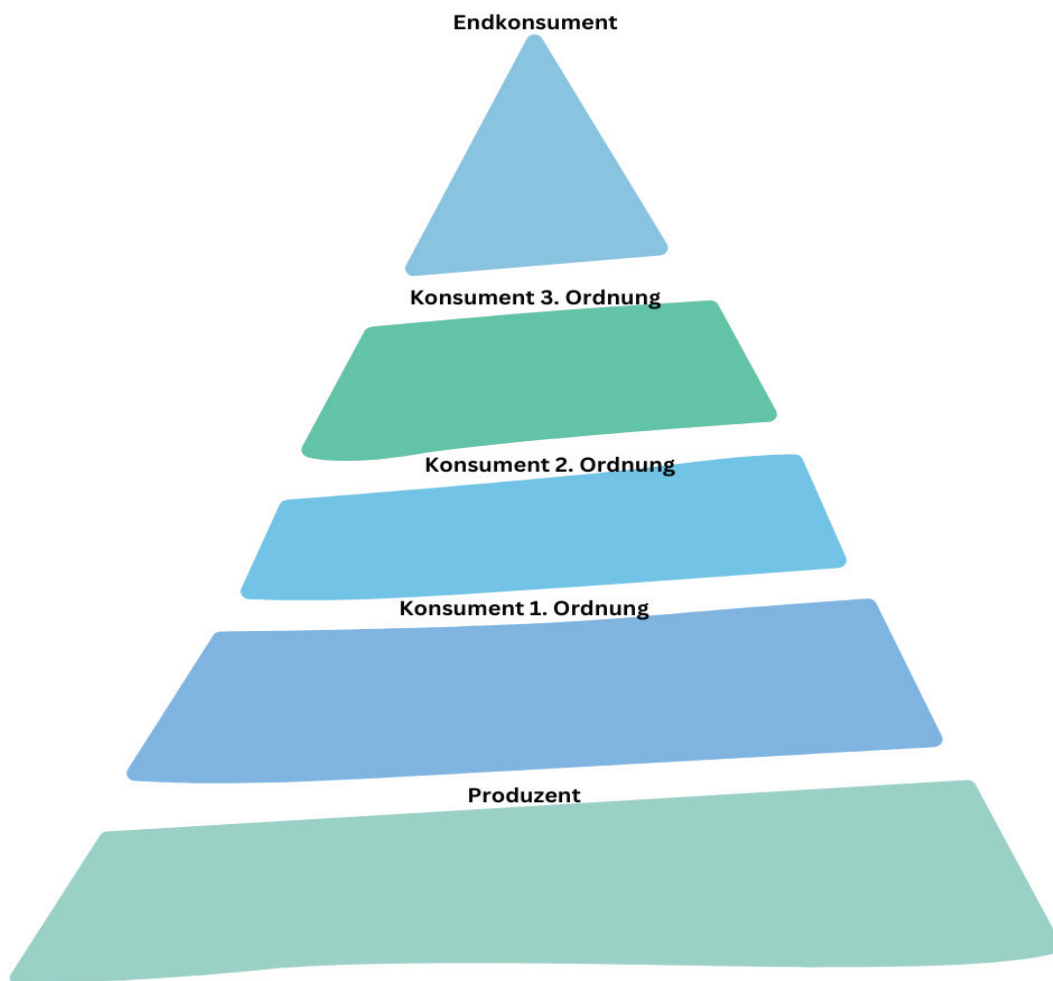
Welche Bedeutung hat das marine Nahrungsnetz des Humboldtstroms für den Humboldtpinguin?



## Anhang 6.1 - Nahrungspyramide

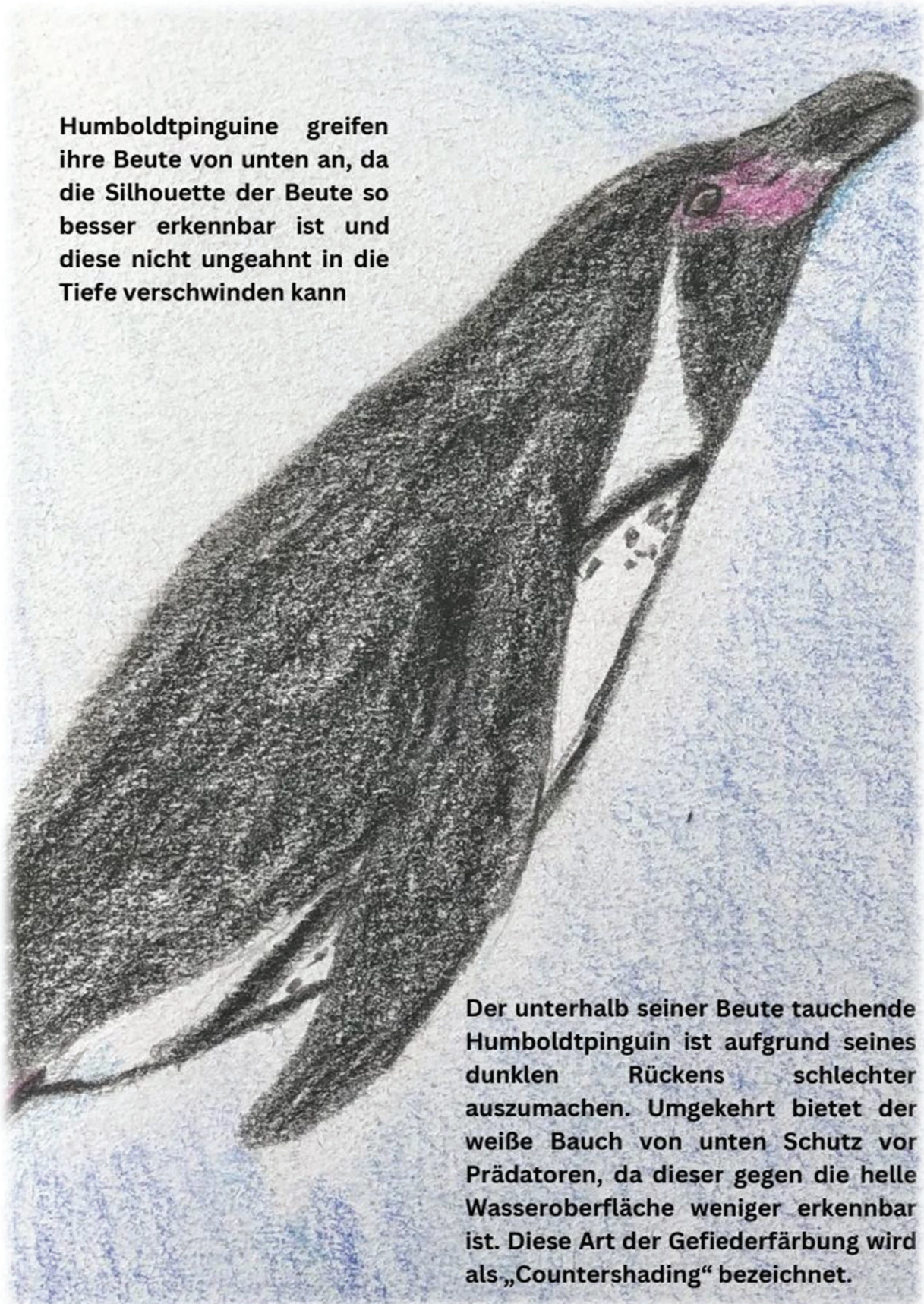
Erstelle mit Hilfe des Nahrungsnetzes eine Nahrungspyramide und die Räuber-Beute-Beziehung von Produzenten bis Konsumenten. Ordne mindestens eine Art entsprechend in die Darstellung ein.

Was passiert, wenn eine der Stufen wegfällt?

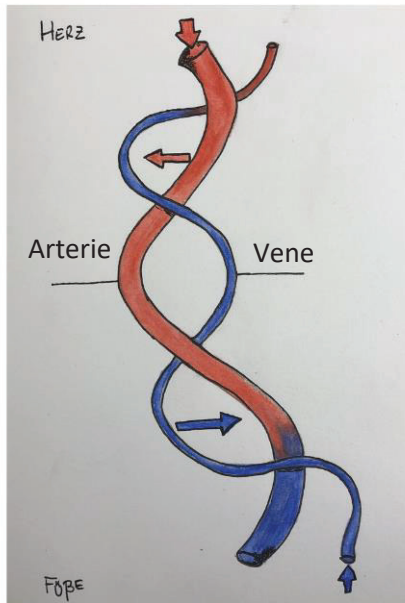


Durch welche äußeren Einflüsse (natürlich als auch anthropogen) kann das Nahrungsnetz des Humboldtstroms grundlegend verändert werden?

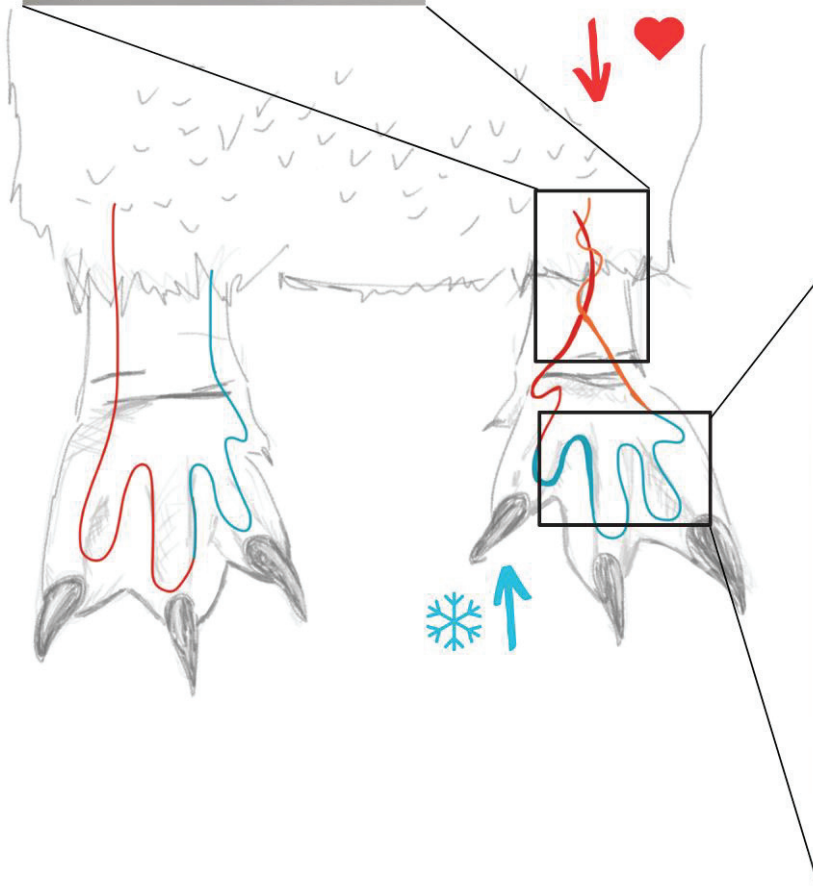
Welche ökologischen Folgen hat dies für den Humboldtpinguin?



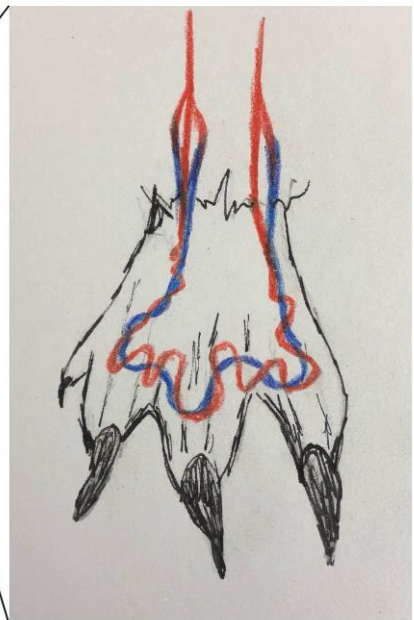
## Warum frieren Pinguine nicht am Eis fest?



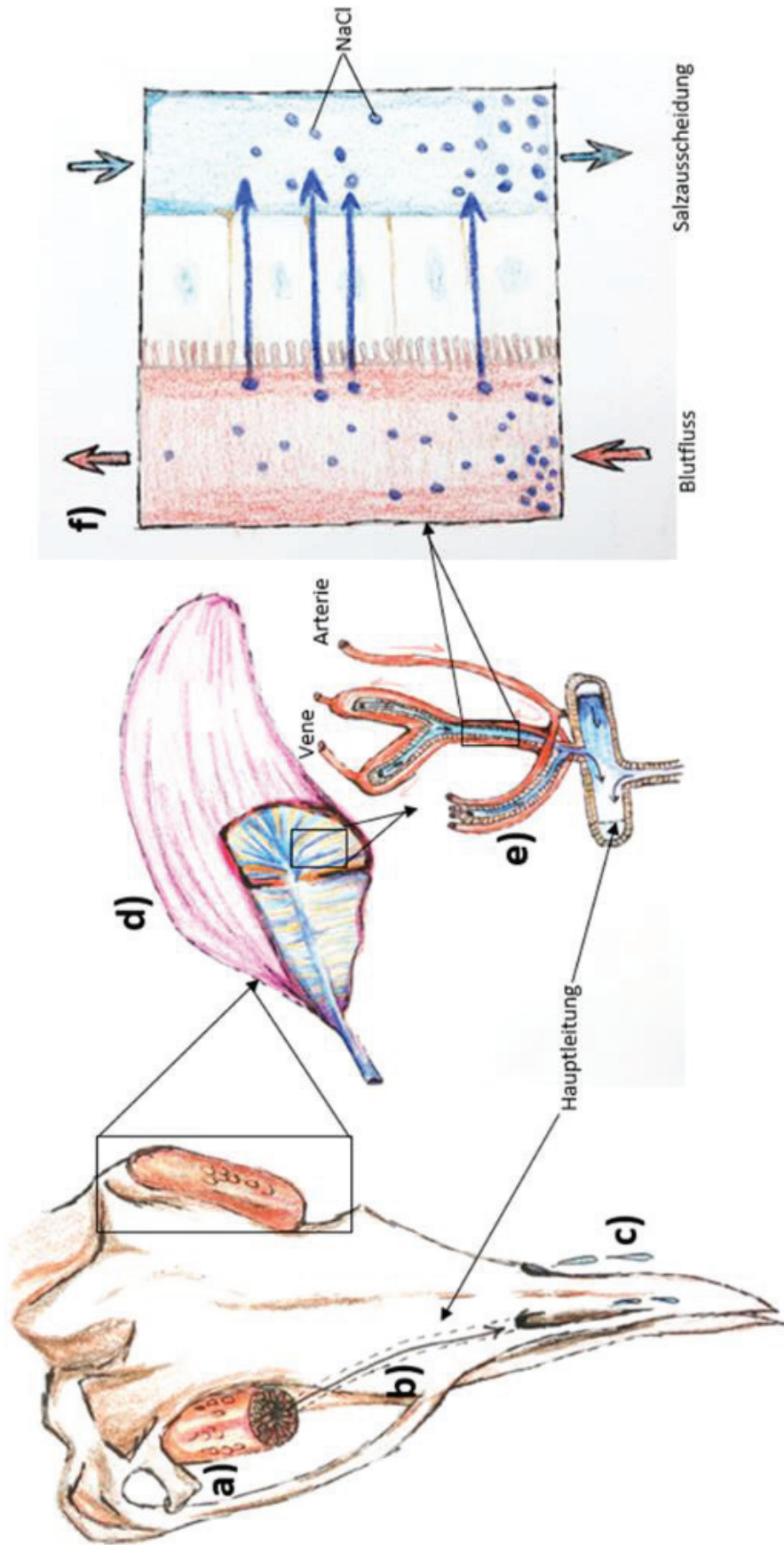
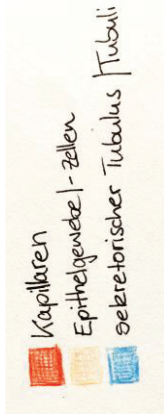
Warmes arterielles Blut fließt parallel an das kalte venöse Blut vorbei, ohne dabei die Hautoberfläche zu erreichen. Dabei erfolgt der Blutfluss zu und von den Gliedmaßen im Gegenstrom – ein Blutgeflecht aus Arterien und Venen sorgt für den nötigen Wärmeaustausch.



*"Rete Tibio Tarsale"* ist ein Blutgeflecht aus Arterien und Venen in den Beinen und Füßen



- a), d) Salzdrüse
- b), e) Hauptleitung der Salzdrüse
- c) konzentriertes NaCl



### Ölverschmutzung

Die Verschmutzung durch Öl wirkt sich bei Humboldtpinguinen in dreifacher Weise aus:

- Veröltete Federn fallen aus und verfilzen,
  - Isolation nicht mehr gegeben (kühlen aus) und
  - Auftrieb kann verloren gehen (sinken und ertrinken).
- Das das Gefieder mit Öl verseucht ist, ist es nicht mehr wasserdicht. Das liegt daran, dass das zusammengeklebte Gefieder keine isolierende Luftschicht zwischen Federkleid und Haut besitzt und sie demnach weniger Auftrieb haben und das kalte Wasser durch das Federkleid dringt – dadurch verbrauchen sie etwa 50 % mehr Energie, um den höheren Wasserwiderstand auszugleichen. Zudem verlieren sie mehr Wärme als sie erzeugen können. Darüber hinaus nimmt das Tier beim Putzen des Federkleids das giftige Öl auf.

### Invasive und natürliche Feinde

Durch die Globalisierung und zahlreicher anthropogener Eingriffe in dem Lebensraum des Humboldtpinguins steigt die Zunahme sämtlicher invasiver Prädatoren, wie Hausratten (*Rattus rattus*). Der Nachwuchs der Humboldtpinguine ist Fressfeinden, wie die Dominikanermöwe (*Larus dominicanus*) und dem Andenschakal (*Lycalopex culpeo*), ausgesetzt. Im Wasser hingegen sind adulte Humboldtpinguine durch marine Prädatoren wie dem Südamerikanischen Seebär (*Arctocephalus australis*) ausgesetzt.

### Industrielle Fischerei

Besonders das Fischen mit Kiemennetzen trägt dazu bei, dass sich Humboldtpinguine während des Tauchgangs verfangen und schließlich ertrinken. Aufgrund hohen Fanggouten und der fortlaufenden Ressourcenknappheit, ist das dortige Gewässer stark ausgebeutet. Das Nahrungsangebot ist für die Humboldtpinguine demnach knapp – zumal die industrielle Fischerei auf jene Fischarten abzielt, die das Beutespektrum des Humboldtpinguins umfasst.



### Aspergillose

Hierbei handelt es sich um eine Infektionskrankheit die durch einen Schimmelpilz (*Aspergillus fumigatus*) hervorgerufen und aktuell immer häufiger bei Humboldtpinguinen, die in menschlicher Obhut untergebracht sind, beobachtet wird.

### Hafengewirtschaft/-bau

Das „Dominga-Projekt“ ist ein stark umstrittenes Bergbau- und Hafenprojekt und grenzt u. a. direkt an drei Hotspot-Inseln auf denen Humboldtpinguin-Kolonien brüten – Punta de Choros, Isla Damas und Isla Choros. Darüber hinaus sind die Inseln Damas sowie Choros Teil des „Reserva Nacional de Pinguino Humboldt“, welche rund 30 km von dem Haupthafen des Dominga-Projektes entfernt liegen.

### Guanoabbau

Guano wird seit Ende des 19. Jahrhunderts als Düngemittel für Pflanzen verkauft. Ein Raubbau, der gravierende ökologische Folgen mit sich zog: Verlust des Lebensraums und die damit einhergehenden Nistplatzmöglichkeiten führten folglich zu einem rapiden Rückgang der peruanischen Populationen. So ist die unmittelbare Ernte nicht nur ein extremer Stressfaktor für die Humboldtpinguine, zusätzlich werden Nester zertrampelt, Eier zerstört, aber auch invasive Arten, z. B. *Rattus rattus*, eingeführt. Des Weiteren wird der Nachwuchs häufig zurückgelassen, was wiederum zu einem verminderten Bruterfolg führt.

Das **El-Nino-Phänomen** ist eine erhebliche Störung, welche etwa alle zwei bis sieben Jahre auftritt. Darüber hinaus wird El-Nino auch als „El-Nino-Southern-Oscillation (ENSO)“ bezeichnet, da jene Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Ozean während der El-Nino-Phase nicht in Einklang ist. Das typische Hochdruckgebiet (Trockenperiode) fällt im Westpazifik und über Südamerika ab, wodurch ein Tiefdruck (Feuchtperiode) entsteht, welches vermehrt Niederschläge, Stürme und demnach Überschwemmungen mit sich bringt. Während der El-Nino-Periode findet eine verringerte Nährstoffversorgung und somit eine geringere Primärproduktion statt – was u. a. einen Zusammenbruch der Fischpopulationen zur Folge hat.

Darüber hinaus wird vermutet, dass die **globale Erwärmung** Auswirkung auf die Intensität, sprich auf der Häufigkeit und Dauer, der ENSO-Ereignisse hat.

Die folgenden Arbeitsblätter sollen einen Überblick der aktuellen Gefahren die sich auf den Humboldtpinguin auswirken veranschaulichen. Um den Schüler und Schülerinnen einen besseren Eindruck diesbezüglich geben zu können soll mit Hilfe zweier Übungen der Wert der Schutzwürdigkeit der Humboldtpinguine vermittelt werden.

*In Anhang 12 ist ein möglicher Lösungsweg für beide Arbeitsblätter.*

### **Aufgabenstellungen:**

#### *Arbeitsblatt „El-Nino“*

Welchen Einfluss hat das El-Nino Ereignis auf den Humboldtpinguin und wie verändert sich das Nahrungsangebot und das Brutverhalten des Humboldtpinguins?

Ordne folgenden Begriffe in einer logischen Reihenfolge an – von Ursache über Wirkung bis zur Folge:

- Nistplatzverlust, eingeschränkte Brutfürsorge, Absinken der planktonreichen Wasserschicht, Überschwemmung, Artenverlust, Kükensterblichkeit, erhöhte Mortalität, starke Niederschläge, geringere Nahrungsverfügbarkeit in der ursprünglichen Jagdtiefe, Abwandern, Abnahme des Brutgeschehens, Störung des Nahrungsnetzes, erhöhte Mortalität der juvenilen Humboldtpinguine (Brutversagen), erhöhte Intensität und Häufigkeit der El-Nino Perioden, schlechte Fruchtbarkeit und schwaches Immunsystem, geringer Bruterfolg,

#### *Arbeitsblatt „Industrielle Fischerei“*

Was passiert, wenn die industrielle Fischerei im Lebensraum des Humboldtpinguins aktiv ist?

Was hat das für Folgen für das Vorkommen des Humboldtpinguin?

Ordne folgenden Begriffe in einer logischen Reihenfolge an – von Ursache über Wirkung bis zur Folge:

- Nahrungsknappheit/ -mangel, Beifang, Artenschwund, Jagd/ Fang gleicher Fischarten, erhöhte Mortalität (2x), Artensterben, Fang mit

Kiemennetzen, Populationsrückgang, hohe Fangquoten,  
Überfischung

Welche Schutzmaßnahmen können die Gefahr des Artenverlusts abwenden und wo können diese bereits greifen?

Ordne die folgenden möglichen Schutzmaßnahmen in die vorgegebenen Kästchen ein:

- (a) Begrenzung der Fangquoten
  - (b) Ex-situ Zuchten in Zoos, gesetzlicher Artenschutz
  - (c) Schutzzonen, Sperrzonen
  - (d) schonendere Fangmethoden
  - (e) strengere Fischereiregelungen
  - (f) Monitoring, In-Situ, Meeresraumplanung, Artenschutzprogramme
- Weitere Schutzmaßnahmen können von den Schülern ergänzt werden

Wo macht es bereits Sinn, dass die Zoopädagogik eingreift?

*Diesbezüglich können die Schüler im Alleingang die Aufgabe bewerkstelligen oder gemeinsam/ in Gruppen lösen.*

*Die Aufgabenstellung kann auch in analoger Form umgesetzt werden. Dafür benötigt der Zoopädagoge kleine farbliche Karteikarten, eine Tafel und Magneten. Die Schüler können nun selbstständig Begriffe aufschreiben, die anschließend an die Tafel in eine logische Reihenfolge gebracht werden.*

**Schlussfolgerung:** Sobald die Arbeitsblätter ausgefüllt sind, sollen die Schüler gemeinsam überlegen, welcher komplexe Zusammenhang diesbezüglich besteht.

*\*Hilfestellung:* Natürliche Umweltbelastungen haben einen starken negativen Einfluss auf die Populationsdynamik der Humboldtpinguine. Anthropogene Eingriffe begünstigen dabei zusätzlich die negative Bestandsentwicklung, indem sie nachhaltig die Funktion des Ökosystems beeinflussen. Von höchster Relevanz für den Arterhalt der Humboldtpinguine sind optimale Lebensbedingungen in ihrem Verbreitungsraum und ein ausreichendes Nahrungsangebot. Da diese, wie in den Aufgaben hervorgegangen, die limitierenden Faktoren



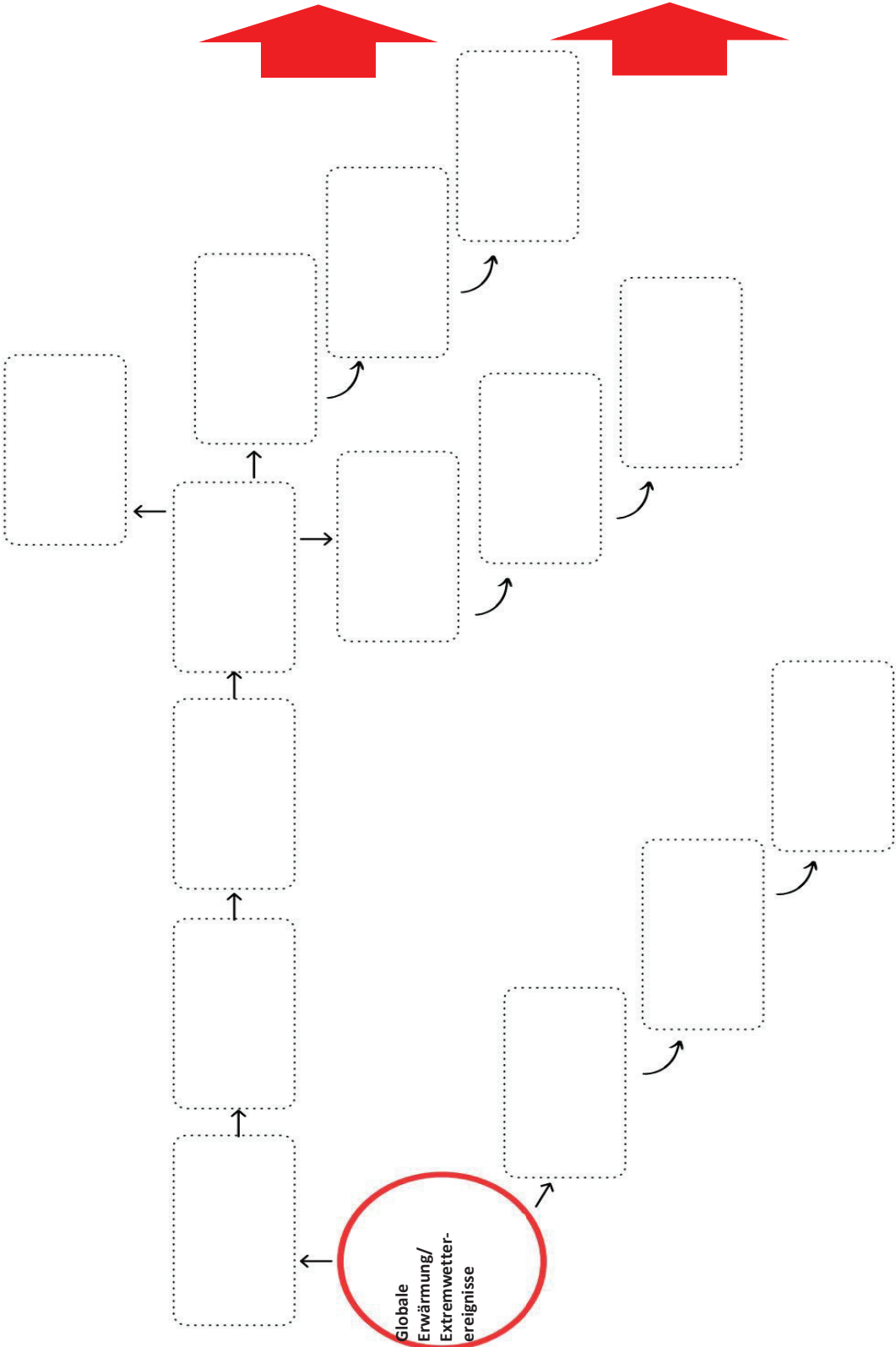
sind. Störungen durch menschliche Eingriffe sollten so gering wie möglich gehalten werden oder zum Schutz der Humboldtpinguin beitragen.

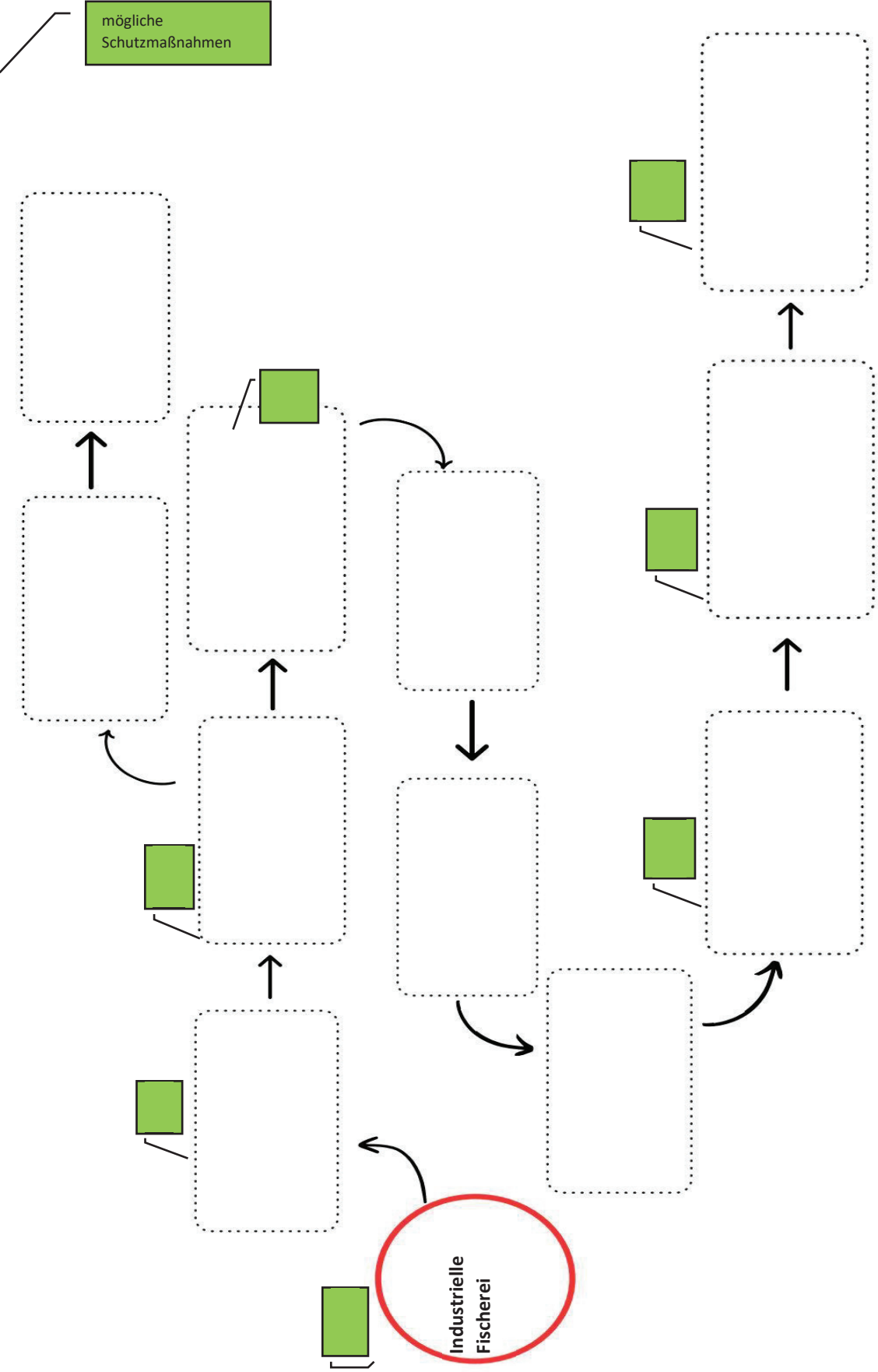
**Artenschutzkonferenz „Humboldtpinguin“:** Die Schüler sollen sich in fünf Arbeitsgruppen aufteilen. Die einzelnen AGs werden den jeweiligen Akteuren zugeteilt. Folgende Interessensgruppen können sein: Industrielle Fischerei, lokale/ traditionelle Fischerei, Artenschutzorganisation, Wissenschaft/ Forschung, Regierung. Die Regierung fungiert hierbei als Moderator/ Leitung der Artenschutzkonferenz.

Die folgende Tabelle kann als Anreiz und Hilfestellung für die Artenschutzkonferenz genommen werden.

	<b>Industrielle Fischerei</b>	<b>Lokale Fischerei</b>	<b>Artenschutzorganisation</b>	<b>Wissenschaft/ Forschung</b>
<b>Begrenzung der Fangquoten</b>	contra	pro	pro	contra
<b>Ex-situ Zuchten in Zoos, gesetzlicher Artenschutz</b>	pro	pro	pro	pro
<b>Schutzzonen, Sperrzonen</b>	contra	contra	pro	pro
<b>schonendere Fangmethoden</b>	contra	pro	pro	pro
<b>strengere Fischereiregelungen</b>	contra	pro	pro	-
<b>Monitoring, In-Situ, Meeresraumplanung, Artenschutzprogramme</b>	pro	pro	pro	pro

# Populationsrückgang





**Anhang 3:** \*Die Schüler sollen dabei auf die Meeresströmungen eingehen.

**Anhang 6.1:** \*Produzent zum Endkonsument: Zooplankton, Phytoplankton -> peruanische Sardelle, Pazifische Sardine -> Humboldtpinguin -> Südamerikanischen Seebären, Südamerikanischen Seelöwe -> Schwertwal, Weißer Hai

**Anhang 10.2, 10.3:**

