Zooschule Hannover

Laufvögel im Erlebniszoo Hannover

Arbeitshilfe Nr. 16.6

Hannover

Inhaltsverzeichnis

2 Inhaltsverzeichnis

3 Einleitung

4 Sachinformation

4 Fünf Fragen zur Biologie der Laufvögel

4 1. Wie unterscheiden sich Laufvögel von anderen Vögeln?

5 2. Warum sind Laufvögel so groß?

6 3. Ist die Flügellosigkeit ursprünglich oder abgeleitet?

7 4. Wie erreichten die Laufvögel ihre heutige Verbreitung?

8 Wie sind die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Arten der Laufvögel?

9 Arbeitsmaterial

10 Materialien

10 M 1Feder gefunden

12 M2: Das Straußenspiel

14 M3: Ei-Mathe

16 M4: Laufvögel im Vergleich

17 M5: Verbreitung der Laufvögel

18 M6: Abstammung der Laufvögel

19 M7: Beispiele von Verhaltensdisplays

20 M8: Lösungen

23 Literaturverzeichnis

23 Abbildungsverzeichnis

Emu

Heimat: Australien
Größe: 150 – 190 cm
Gewicht: 35–40 kg
Flügellänge: 20 cm
Alter: ca. 10 Jahre

Einleitung

Im Zoo Hannover werden seit vielen Jahren mit Emu, Nandu, Strauß drei Laufvogelarten gehalten. Es sind die größten Vögel, die derzeit die Erde bevölkern. Grund genug, um diese eindrucksvollen, aber bis auf ihre Superlativen für Schüler nahezu unbekannten Tiere in einer ausführlichen Arbeitshilfe zu würdigen. Sie dient als Ergänzung zu den erarbeiteten Kurzfassungen, die viele biologischen Fakten über diese Tiere in steckbriefartiger Form zusammenfassen, Diese Arbeitshilfen sind unter den Nummern Ah 17.03 (Strauß), Ah 17.84 (Emu) und Ah 17.88 (Nandu) über die Internetportale der Zooschule und des Schulbiologiezentrums abrufbar.
Ziel des Papiers ist es, Lehrern Ideen, Material und Hintergrundwissen an die Hand zu geben, um Ihnen die Vorbereitung für einen spannenden und gehaltvollen Unterricht vor den Tieren zu erleichtern. Ein besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass die Schüler durch das Material möglichst selbstständig vor Ort arbeiten bzw. in der Nachbereitung nach einem Zoobesuch erkannte Phänomene vertiefen können. Viele inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen können so an diesem Fallbeispiel erworben bzw. vertieft werden. Die Lernangebote richten sich an Schüler aller Alters-stufen. Sie können entsprechend der Schulform gegebenenfalls vereinfacht oder modifiziert werden.

Strauß

Heimat: Afrika
Größe: 250 – 300 cm
Gewicht: 100 – 150 kg
Schrittlänge: bis 4 m
Alter: bis 70 Jahre

Nandu

Heimat: Südamerika
Größe: 125 – 140 cm
Gewicht: 20 – 25 kg
Schabellänge: 12 cm
Alter: bis 20 Jahre

Sachinformation

Fünf Fragen zur Biologie der Laufvögel:

1. Wie unterscheiden sich die Laufvögel von anderen Vögeln?
Die meisten Besonderheiten der Laufvögel werden nur durch ihre Größe verständlich. Da durch sie keine Flugfähigkeit mehr möglich ist, vollzog sich im Laufe der Evolution eine Umformung des Körperbaus, die man zusammenfassend so umschreiben kann: Weg von einer extremen Leichtbauweise hin zu einem graviportalen Körper, der in der Lage ist, große Gewichte zu tragen.Folgende Punkte sind kennzeichnend für den Körperbau der Laufvögel:

Sie besitzen einen großen Körper mit langen Beinen, langem Hals und relativ kleinem Kopf. Die größte Laufvogelart aller Zeiten dürfte Dinornis novaezea-landiae, eine Moa-Art, gewesen sein, die 3,50 m groß wurde und bis zu ihrer Ausrottung durch die Urbevölkerung auf Neuseeland lebte. Die schwerste Art war der auf Madagaskar beheimatete Elefantenvogel Aepyornis maximus, der bis zu 500 kg schwer wurde und ebenfalls ausgerottet wurde.

Das Brustbein ist flach und breit. Es besitzt keinen Brustbeinkiel, an dem die Flugmuskeln normalerweise ansitzen. Sie werden deshalb auch als Flachbrustvögel oder Ratites bezeichnet.

Die Flugmuskulatur ist vereinfacht und schwach, die Beinmuskeln dagegen sind gut einwickelt. Das Schlüsselbein ist rudimentiert oder fehlt bei einigen Arten ganz.

Das Flügelskelett ist mehr oder weniger stark rudimentiert oder fehlt bei einigen der ausgerotteten Arten ganz. Die Finger sind teilweise bekrallt und als Waffe einsetzbar.

Das Fenster zwischen Scham- und Darmbein ist länglich und nach hinten nicht abgeschlossen.

Der Beckengürtel ist breit und starr. Er hält den hohen Belastungen einer bipeden Fortbewegungsweise stand.

Die Beine, besonders das Laufbein (Tarsometatarsus) sind lang und gut ausgeprägt.

Wenn überhaupt, dann sind nur noch die Oberschenkelknochen hohl und mit Luftsäcken gefüllt.

Die Schwung- und Steuerfedern sind rudimentiert oder zu Schmuckfedern umgebildet.

Die Federn besitzen keine Hakenstrahlen (Ausnahme Nandu), Federfahnen im eigentlichen Sinne sind somit nicht ausgebildet. Das Gefieder ist weich und liegt dem Körper nur locker an.

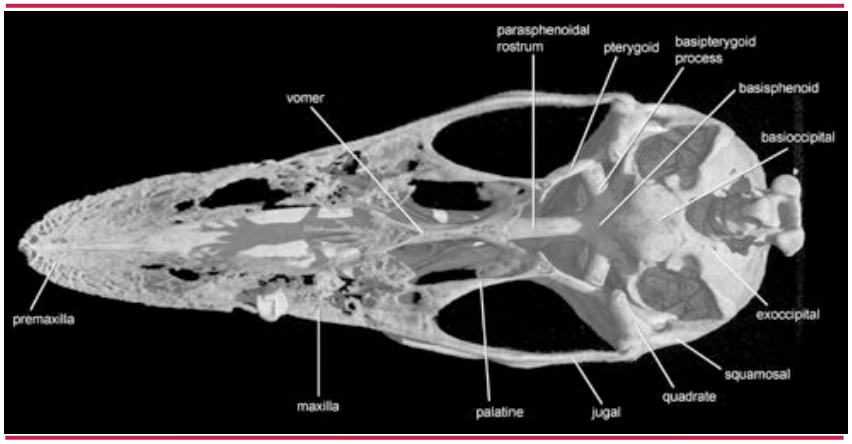


Abb. 1: Knochenbau eines Nanduschnabels (n.:http://www.digimorph.org/specimens/Rhea_americana/palate(label)thumb.jpg

Die Anzahl der Zehen ist auf drei, beim Strauß auf zwei nach vorne weisende Zehen reduziert, was höhere Laufgeschwindigkeiten ermöglicht. Nur die Kiwis besitzen noch vier Zehen.

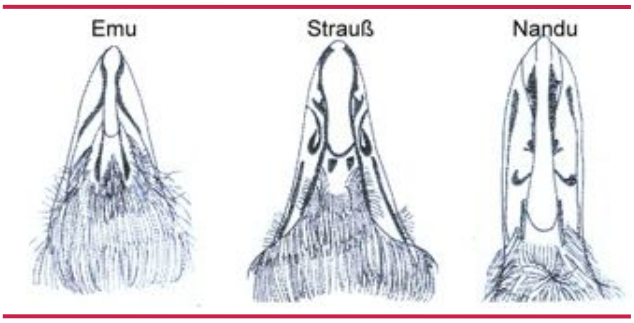


Abb. 2: Schnabelformen der im Zoo Hannover gehaltenen Laufvögel mit typischem Furchenmuster (schwarz)

Alle Laufvögel und die Steißhühner besitzen einen palaeognathen Schnabel (s. Abb. 1) und werden deshalb in der Überordnung der Paleognathae (Urkiefervögel) zusammengefasst und von allen anderen Vögeln, den Neognathae (Neukiefervögel), unterschieden. Der Schnabel besitzt mit dem Pterygoid (pterygoid) eine paarige Gaumenstruktur, in der zwei ausgeprägte Flügelbeine zwischen den Fortsätzen der Quadratbeine (quadrate, hinten), den Fortsätzen der hinteren Keilbeinen (basipterygoid process, seitlich) sowie den paarigen Gaumenbeinen und dem zentralen Pflugscharbein (palatine, vomer, jeweils vorn) eingepasst sind.

Ihre Ober- und Unterkiefer enden jeweils in einem dreiteiligen Hornschnabel (Rhamphotheca), deren mittlerer Kamm flach ist und von den jeweils seitlichen Schnabelteilen durch charakteristische Furchen getrennt ist (s. Abb. 2).

Eine Bürzeldrüse fehlt. Das Gefieder wird nicht eingefettet und ist somit nur begrenzt wasserabweisend.

Ein Kropf fehlt. Die Nahrung wird mit aufgenommen Steinen im Magen zerrieben.

Die Männchen besitzen einen gut entwickelten Penis.

Die Zunge ist reduziert, so dass die Aufnahme von großen Futterstücken ermöglicht wird.

Der Verdauungsapparat gut entwickelt und effektiv, so dass geringwertige Nahrung zum Überleben ausreicht. Die Darmpassage erfolgt langsam. Das hohe Gewicht des Verdauungstraktes trägt mit dazu bei, den Körperschwerpunkt möglichst tief zu halten. Kot und Urin werden beim Strauß, getrennt abgegeben.

2. Warum sind die Laufvögel so groß?

Die Vorteile, die große Vögel besitzen, sind vielfältig:
Ihr Energieverbrauch ist im Verhältnis zu kleineren Vögeln geringer, da die Wärmeabgabe bei großen Körpern relativ klein ist. Das ist die Folge davon, dass das Verhältnis von Körpermasse zu Körperoberfläche weitaus günstiger ist. An heißen Tagen ist andererseits auch die Wärmeaufnahme durch Sonneneinstrahlung relativ gering, so dass die Gefahr einer Überhitzung vermieden wird. Ein großer Körper ermöglicht also eine effektivere Temperaturregulation und Wärmespeicherung.

Die Tiere haben die Möglichkeit große Nahrungs- und Energiereserven für Notzeiten zu speichern, da das Körpergewicht keine nennenswerte Rolle spielt. Das macht sie geeignet, um auch in extremen Lebensräumen zu überleben.

Die Größe bietet den Bodenbrütern im offenen Gelände einen guten Schutz vor Fressfeinden, besonders dann, wenn die Beine verlängert sind und eine schnelle Flucht ermöglichen.

Größe bietet Selektionsvorteile in der Konkurrenz um Ressourcen, Partnern und Revieren.

Ihre Größe ermöglicht es ihnen Früchte und Blätter aus Bäumen und Sträucher aufzunehmen, die für kleinere Laufvögel unerreichbar bleiben. So kann eine neue Nahrungsnische erschlossen werden und Konkurrenz mit anderen Vögeln wird vermieden.

Das Verdauungssystem kann stärker entwickelt sein. Es ermöglicht eine Erweiterung des Nahrungsspektrums für die Pflanzenfresser, die deshalb auch weniger gehaltvolle Nahrung verwerten können.

Einige Nachteile stehen dem gegenüber. Es sind vor allem:

Der Verlust der Flugfähigkeit. Nur in wenigen Ausnahmefällen sind Vögel, die schwerer als 7 kg wiegen, voll flugfähig.
Eine lange Brutdauer und damit gefährliche Exposition gegenüber Fressfeinden. Mit nahezu 10 kg Eigewicht erreichte der Elefantenvogel Madagaskars wohl die Obergrenze für diese Art der Vermehrung.

Die Möglichkeiten sich zu verstecken sind begrenzt. Dies wird kompensiert durch scharfe Sinnesorgane, besonders die Augen, eine hohe Fluchtdistanz und hohe Laufgeschwindigkeiten bzw. gefährliche Waffen (bes. Kasuar) oder eine versteckte, nachtaktive Lebensweise bei Kiwi.

Ein großes Futterangebot in einer erreichbaren Entfernung wird benötigt. Laufvögel führen deshalb ein nomadistisches Leben, das von der Suche nach ausreichendem Futterangebot geprägt wird.

3. Ist die Flügellosigkeit ursprünglich oder abgeleitet?

Viele Merkmale der Laufvögel sind urtümlicher als bei den meisten heute lebenden Vögeln. So wurde lange Zeit kontrovers diskutiert, ob sich die Laufvögel bereits entwickelt hatten, bevor die Fähigkeit zu fliegen im Laufe der Evolution entstand oder ob es sich um eine sekundäre Flugunfähigkeit handelt, bei dem der Flügelapparat wieder zurückgebildet wurde.

Alle rezenten Laufvögel besitzen noch Flügel, völlig flügellos waren die Moas. Die Flügel zeigen einen Skelettaufbau, der im Grundbauplan dem der flugfähigen Vögel entspricht. Sie sind also homolog zu ihnen. Es sind demnach keine Vorderbeine wie bei den Vogelvorfahren, den bipeden Dinosaurier, sondern rudimentierte Flügel, deren Rückbildung unterschiedlich weit fortgeschritten ist. Sie stellen ein Musterbeispiel für eine Regressionsreihe dar (s, Abb. 3).

Teilweise (z.B. beim Strauß) sind sie noch mit Schwungfedern bedeckt, deren Bau jedoch stark modifiziert ist. Die engsten Verwandten der Laufvögel sind die Steißhühner, die alle funktionstaugliche Flügel besitzen.
Laufvögel stammen also von flugfähigen Vögeln ab und haben im Zuge der Größenzunahme ihre Flugfähigkeit eingebüßt. Eine analoge Rudimentierung der Flügel findet sich bei den Pinguinen, die im Zuge der Adaptation an die Unterwasserjagd ihre Flugfähigkeit ebenfalls eingebüßt haben.

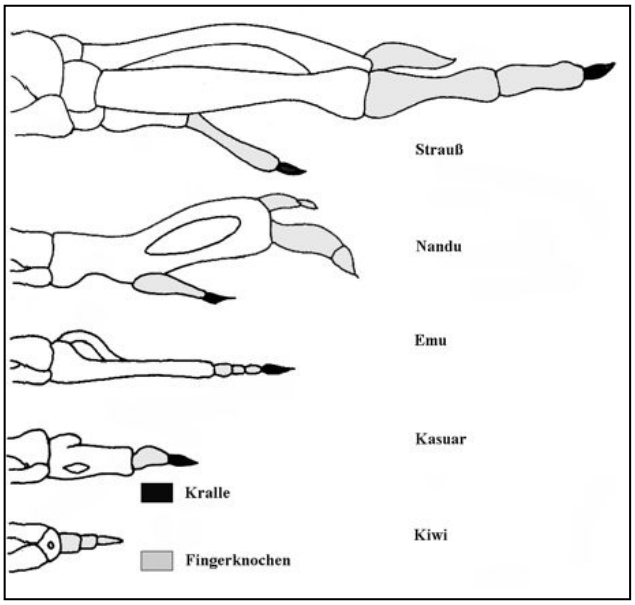


Abb. 3. Flügelskelette der rezenten Laufvögel (n. Jaenicke 1991, verändert)

4. Wie erreichten die Laufvögel ihre heutige Verbreitung?

Aktuell sind die Laufvögel über die südlichen Kontinente Südamerika, Afrika, Australien, Neuseeland und Neuguinea verbreitet, s. Abb. 4. Das lieferte für viele Jahre Argumente, dass die Laufvögel auf dem südlichen Superkontinent Gondwana entstanden sind, der vor 140 bis 56 Millionen auseinander brach.

Madagaskar, erreichten jedoch Indien nicht. Schwierig ist auch die Frage, wie Kiwis und Moas von Australien kommend Neuseeland erreichten, das sich vor 80 Mio. Jahren von Australien trennte. Wahrscheinlich wurde Neuseeland fliegend erreicht und die Flugunfähigkeit erst dort ausgebildet. Andererseits könnten die Inseln auch schwimmend erreicht worden sein. Wie die Vögel aber nach Australien selbst gelangt sind, ist letztlich ungeklärt. Zwei Möglichkeiten ergeben sich aus der Plattentektonik:

1. Sie erreichten den Kontinent zu einer Zeit als Australien über Antarktika noch mit Südamerika verbunden war. Die Antarktis diente somit als Ausbreitungsweg, was nur zu beweisen ist, in dem man dort entsprechende Fossilien findet.
2. (Weniger wahrscheinlich) Sie haben fliegend die Wallace-Linie zwischen Indo-Malaysia und Australien überwunden, was aufgrund der plattentektonischen Verhältnisse deutlich später geschehen sein muss. Diese These wird wohl aus Mangel an Belegen hypothetisch bleiben.

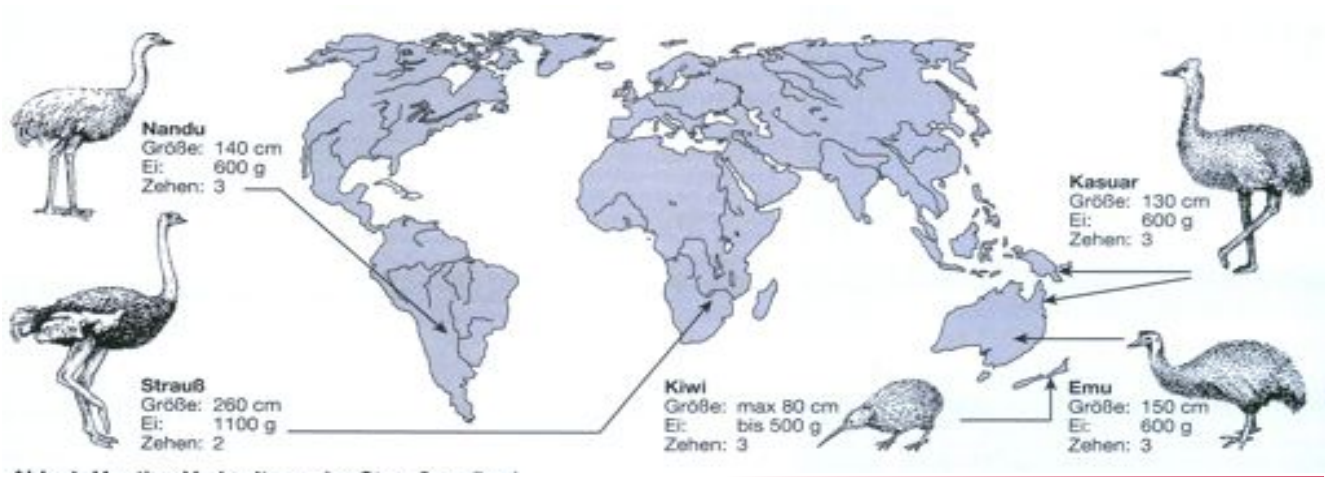


Abb. 4: Verbreitung der rezenten Laufvögel (n. Redinger, 2003)

Eine moderne Hypothese (vgl. Davies, 2002) geht davon aus, dass sich die Vorfahren der Vögel vor 80 Millionen Jahren von Norden kommend auf die südliche Hemisphäre verbreitet haben. Diese These wird unterstützt durch die Tatsache, dass die ältesten Fossilfunde der Laufvögelvorfahren in Nordamerika und Eurasien gemacht wurden. Während sie im Norden dann ausgestorben sind, haben sie im Süden überlebt. Demnach wanderten die Madagaskarstrauße vor 65 Mio. Jahren von Afrika nach

Die Verbreitungsgeschichte der Laufvögel bleibt letztlich bis heute ungeklärt und Gegenstand der Forschung.

5. Wie sind die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Arten der Laufvögel?

Es ist heute nahezu unbestritten, dass es sich bei den Laufvögeln um eine monophyletische Gruppe handelt. Sie werden mit den Steißhühnern in der Überordnung der Palaeognathae (Urkiefervögel) eingeordnet, die vor rund 100 Millionen Jahren entstanden sind. Der Zeitpunkt der einzelnen Abzweigungen ist noch unsicher. So werden besonders die Moas von verschiedenen Autoren zeitlich recht unterschiedlich eingeordnet. Auch die systematische Stellung der Steißhühner ist ungesichert.

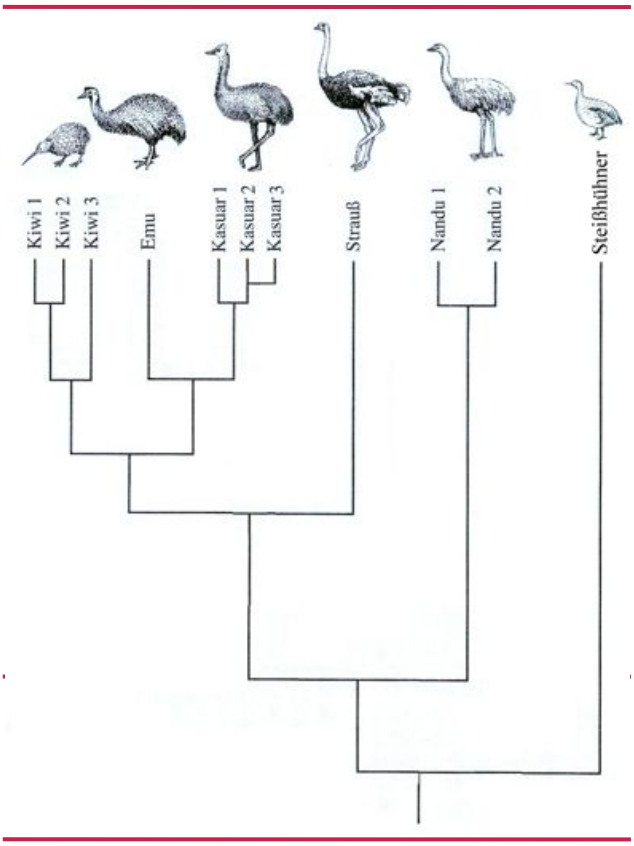


Abb. 4: vereinfachter Stammbaum der rezenten Urkiefervögel (zusammengestellt nach verschiedenen Autoren)

Sie werden jedoch von den meisten Autoren als Schwestergruppe der Laufvögel aufgefasst, die am Beginn der Laufvogelevolution divergierte (vgl. Haddrath, 1993).

Einen Überblick über die heutigen Vorstellungen der Evolution der Laufvögel gibt Abbildung. 4. Der Stammbaum beruht im Wesentlichen aus Daten, die durch Sequenzanalysen von mDNA gewonnen wurden.

Betrachtet man nur die rezenten Arten der Laufvögel, ergibt sich folgende aktuelle Systematik:

Ordnung: Nandus (Rheiformes)

Familie: Nandus (Rheidae)

Gattung: Nandu (Rhea)

Art 1: Nandu (Rhea americana) im Zoo

Gattung: Darwinnandu (Pterocnemia)

Art 2. : Darwinnandu (Pterocnemia pennata)

Ordnung: Schnepfenstrauße (Apterygiformes)

Familie: Kiwis (Apterygidae)

Gattung: Apteryx (Kiwi)

Art 1: Streifenkiwi (Apteryx australis)
Art 2: Zwergkiwi (Apteryx owenii)
Art: 3 Haastkiwi (Apteryx haastii)

Ordnung: Casuariiformes

Familie: Kasuare (Casuariidae)

Gattung: Kasuar (Casuarius)

Art 1: Helmkasuar (Casuarius casuarius)
Art 2: Einlappenkasuar (Casuarius unappendiculatus)
Art 3: Bennettkasuar (Casuarius bennetti)

Familie Emus (Dromaidae)

Gattung: Emu (Dromaius)

Art 1 Emu (Dromaius novaehollandiae)

Ordnung: Struthioniformes (Afrika- Laufvögel)

Familie: Strauße (Struthionidae)

Gattung: Strauß (Struthio)

Art 1: Afrikanischer Strauss(Struthio camelus)

Arbeitsmaterial

Material 1: Emufeder. Zielgruppe ab Klasse 3:

Grundlage des in rallyeartiger Form gehaltenen Arbeitsblattes ist die originalgroße, farbige Abbildung einer sehr ungewöhnlichen Vogelfeder. Originalfedern können in der Zooschule als Demonstrations-objekte ausgeliehen werden. Zunächst erhalten die Schüler den Auftrag den passenden Vogel zu finden. Selbstständiges Erkunden und genaues Beobachten sind hierfür erforderlich. Emus besitzen besondere Federn, die stark vom gewohnten Bau abweichen. Die Doppelfedern spalten sich in etwa zwei gleich lange Federn, eine Hauptfeder und eine Sekundärfeder (Afterfeder), die vom selben Schaft abzweigen. Sie verraten viel über die Angepasstheiten des Vogels an die extremen Klimaverhältnisse Australiens. Deshalb wird der Blick nun auf konkretere Fragestellungen gelenkt, die zunächst noch von allen Schülern beantwortet werden können. Es sind Beobachtungsaufgaben, die analog auch zu anderen Laufvogelarten gestellt werden können. Den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion des Gefieders bzw. der Federn kann auf unterschiedlichen Leistungsniveaus bearbeitet werden, so dass auch hier schwächere Schüler zu positiven Ergebnissen kommen und leistungsstärkere ihre Kreativität ausspielen können.

Material 2: Straußenspiel. Zielgruppe ab Klasse 5:

Die Strauße leben in Gemeinschaftshaltung mit den Kaama-Hartebeest-Antilopen (s. auch Arbeitshilfe 16.5 Antilopen im Zoo Hannover). Manchmal gesellen sich Schwarzfersen-Antilopen oder Thomsongazellen dazu, in dem sie aus dem Nachbargehege den Trenngraben überwinden, was toleriert wird. Im Gehege zeigen die Strauße nur sehr selten Ruheverhalten, sondern interagieren häufig mit den Antilopen. Das sind gute Voraussetzungen, um dieses Verhalten genauer zu beobachten und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Um auch jüngere Schüler hierfür zu motivieren, um die Beobachtungen auf die recht überschaubare Verhaltensweise der Ortsveränderung zu begrenzen, wird ein spielerischer Zugang vorgeschlagen. Anstatt Tabellen auszufüllen oder komplexe Verhaltensweisen zu differenzieren bzw. zu verbalisieren, sollen die Bewegungen der Tiere mit Gummibärchen auf einem sehr einfachen Gehegeplan nachvollzogen werden. Indem Schüler verschiedene Tierarten übernehmen, wird Gruppenarbeit möglich. Durch die daraus immer entstehenden Interaktionen werden schon Grundlagen für den erklärenden Teil der Arbeitsphase gelegt. Die Schüler lernen so zudem spielerisch ein Geschehen auf eine Kartengrundlage umzusetzen und sich in den Aufbau des Geheges einzusehen. Wenn möglich, sollte der Gehegeplan auf die Größe DinA3 hoch vergrößert werden.

Material 3: Ei-Mathe. Zielgruppe ab Klasse 7

Dieses Material dient zur Nachbereitung eines Zoobesuches, kann aber auch unabhängig davon zum Einsatz kommen. Eier wird man im Normalfall nicht in den Gehegen sehen können. Um die enormen Größenunterschiede zu verdeutlichen werden sie deshalb auf dem ersten Arbeitsblatt demonstriert. Die Daten für die eigentlichen Arbeitsaufgaben sind in einer Tabelle zusammengefasst. Länge und Breite der Eier können auch aus den Abbildungen der Eier abgemessen werden. Fächerverbindend sollen nun einige typische Fragen beantwortet werden, die Biologen in diesem Zusammenhang stellen würden. Kern der Materialauswertung ist immer, dass zwei Informationen zueinander in Beziehung gesetzt werden, um durch den Vergleich der errechneten Werte eine neue, qualitativ höherwertige Erkenntnis zu gewinnen. Hierzu muss zunächst die grundlegende Vorgehensweise festgelegt werden, wie man diese Problemstellung bewältigen könnte. Dann folgen die Darstellung der Ergebnisse und deren Deutung. Der naturwissenschaftliche Weg der Erkenntnisgewinnung wird so nachvollzogen.

Material 4: Vergleich der Laufvögel. Zielgruppe ab Klasse 9

Sehr häufig, wenn Besucher vor den Nandus stehen, werden sie als Strauße bezeichnet. So lässt sich zwar der Trivialname „Pampastrauß“ für die Vögel leicht ableiten, doch wird man den Tieren so nicht gerecht. Auf den ersten Blick ähnlich aussehend, weisen sie doch erhebliche morphologische Unterschiede auf, die man herausarbeiten kann, indem man nacheinander die Tiere genauer betrachtet. Als Anleitungshilfe dient hierzu Mat. 4, in dem wesentliche Merkmale in einer Art Checkliste abzuarbeiten sind. Die Beobachtungen werden damit intensiver und machen mehr Freude.Als Quintessenz soll der Schüler dann aufgrund der eigenen morphologischen Befunde auf die möglichen Verwandtschaftsbeziehungen der Tiere schlussfolgern. Wichtig hierbei ist nicht das Ergebnis, sondern dass zunächst die gemachten Befunde gewichtet werden. Ist z.B. die Anzahl der Zehen wichtiger als die Körpergröße? Daraus kann dann ein argumentativ fundiertes Gesamtergebnis abgeleitet werden, was jedoch selten mit den derzeitigen Forschungsergebnissen übereinstimmen wird. Diese Aufgabe ist als Nachbereitung des Zoobesuches gedacht. Die Ergebnisse von verschiedenen Schüler(gruppen) sollen im Klassenraum präsentiert, Argumentation und Ergebnisse verglichen und anhand der Literatur überprüft werden.

Material 5: Verbreitung der Laufvögel. Zielgruppe ab Jg. 11

Wie sich die Laufvögel im Laufe der Erdgeschichte über die Südhalbkugel verbreitet haben, ist nach wie vor ungeklärt. Durch Auswertung der gezeigten Karten lassen sich jedoch die Grundzüge der Verbreitung (s. Fragen … Punkt 4) ableiten und thesenartig zusammenfassen.

Material 6: Biochemische Befunde zur Evolution der Laufvögel. Zielgruppe ab Jg. 12

Nur durch die Anwendung immer ausgeklügelterer biochemischer Methoden kann es gelingen, Licht in die Abstammungsverhältnisse der Laufvögel zu bringen. Die Methoden haben mittlerweile einen so hohen Komplexitätsgrad erreicht, dass sie nur noch von spezialisierten Studenten im Detail nachvollzogen werden können. Dennoch ist es wichtig Oberstufenschüler an diese Methoden heranzuführen und sei er nur, in dem so gewonnene Erkenntnisse weiter bearbeitet werden.

Material 7: Verhaltensbiologische Beobachtungen Zielgruppe Oberstufenschüler und Studenten

Bei der Durchführung längerer ethologischer Arbeit mit den Laufvögeln werden viele Verhaltenselemente leicht unterscheidbar sein, komplexere bzw. spezielle Displays jedoch kaum. Als Display bezeichnet man in der Verhaltensbiologie ein ritualisiertes Verhalten eines Tieres, das seine Gestimmtheit zeigt und das Verhalten von Artgenossen oder anderen Tieren beeinflussen soll. Am Beispiel des Nandus werden die grundlegenden Displays exemplarisch vorgestellt. Entsprechende Hilfestellungen und Anleitungen für ethologische Arbeiten sowie Kartenmaterial zum Gehegeaufbau sind für die übrigen Laufvögel in der Zooschule abrufbar.

Feder gefunden

Diese schöne Feder wurde neulich gefunden. Sie sieht ganz anders aus als eine gewöhnliche Feder. Sicher stammt sie von einem Vogel aus dem Zoo, der sie während der Mauser verloren hat. Doch von welchem Vogel stammt sie? Sicher hast du schon eine Vermutung, doch hier ein kleiner Tipp: Der Vogel, von dem die Feder stammt, muss sehr groß gewesen sein.

1. Suche im Zoo nach dem Vogel, dem diese Feder ausgefallen ist!

Name des Vogels: _____

2. Erläutere, die Besonderheiten dieser Feder!

Farbe: _____

Form: _____

Details: _____

3. Erläutere das Aussehen des Federkleids des Vogels!

Kopf: _____

Körper: _____

Füße: _____

4. Gib die Aufgaben an, welche die Federn für den Vogel erfüllen!

_____

_____

_____

_____

5. Notiere, welche Aufgaben die Federn nicht leisten können!

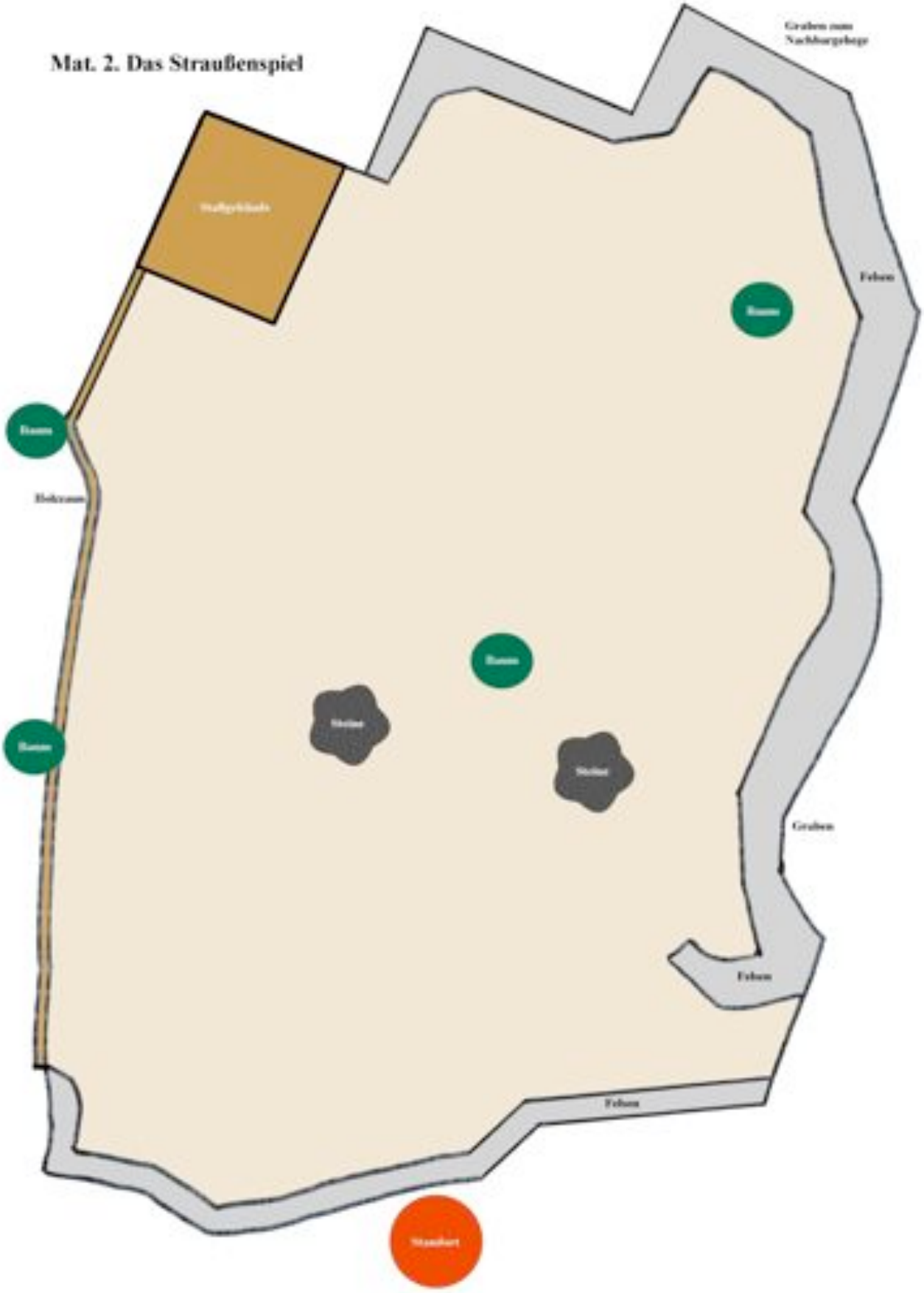
_____

_____

_____

_____

Mat. 2. Das Straußenspiel



Benötigt werden:

1. Gehegeplan (s. vorherige Seite). Er kann in laminierter Form in der Zooschule ausgeliehen werden.
2. Klemmbretter (können in der Zooschule ausgeliehen werden)
3. Gummibärchen (müssen selbst mitgebracht werden). Es geht auch mit Spielfiguren, kleinen Steinen oder ähnlichem
4. Handy/Fotoapparat

Spielregeln:

- Es spielen zwei Mannschaften (insgesamt mindestens 2 Personen).
- Die Mannschaften gehen vor das Gehege (Standpunkt ist auf der Karte verzeichnet)
- Sie setzen auf den Gehegeplan für jede Tierart eine entsprechende Anzahl von Gummibärchen auf den Plan und zwar auf die Stellen, an denen sich die Tiere gerade befinden, z.B. Mannschaft 1: rote Bärchen /Strauße, Mannschaft 2: grüne Bärchen für Kaama-Antilopen. Wenn sich Schwarzfersen-Antilopen oder Thomson-Gazellen auf dem Gehege befinden, können sie als dritte Gruppe mitspielen (als Bärchen mit anderen Farben) oder man beachtet sie nicht.
- Ortsveränderungen der Tiere werden sofort umgesetzt, indem die Gummibärchen immer wieder neu an die Stellen gesetzt, an denen sich die Tiere dann befinden. Profis können zur Dokumentation davon dann ein digitales Foto (senkrecht von oben machen). Wenn sehr viel passiert, wird nur beobachtet bis wieder eine ruhigere Phase einsetzt.
- Nach 15 Minuten endet das Spiel, in dem die Gruppe die Gummibärchen aufisst.

Aufgaben:

Nach dem Spiel folgt nun eine Schreibphase, in der ihr als Spielexperten zu den folgenden Fragen Stellung nehmen sollt:

1. Welches Tier hat sich am meisten bewegt bzw. die meiste Aktivität gezeigt?

2. Welches sind die Lieblingsplätze der Strauße, welche Plätze bevorzugen die Antilopen?

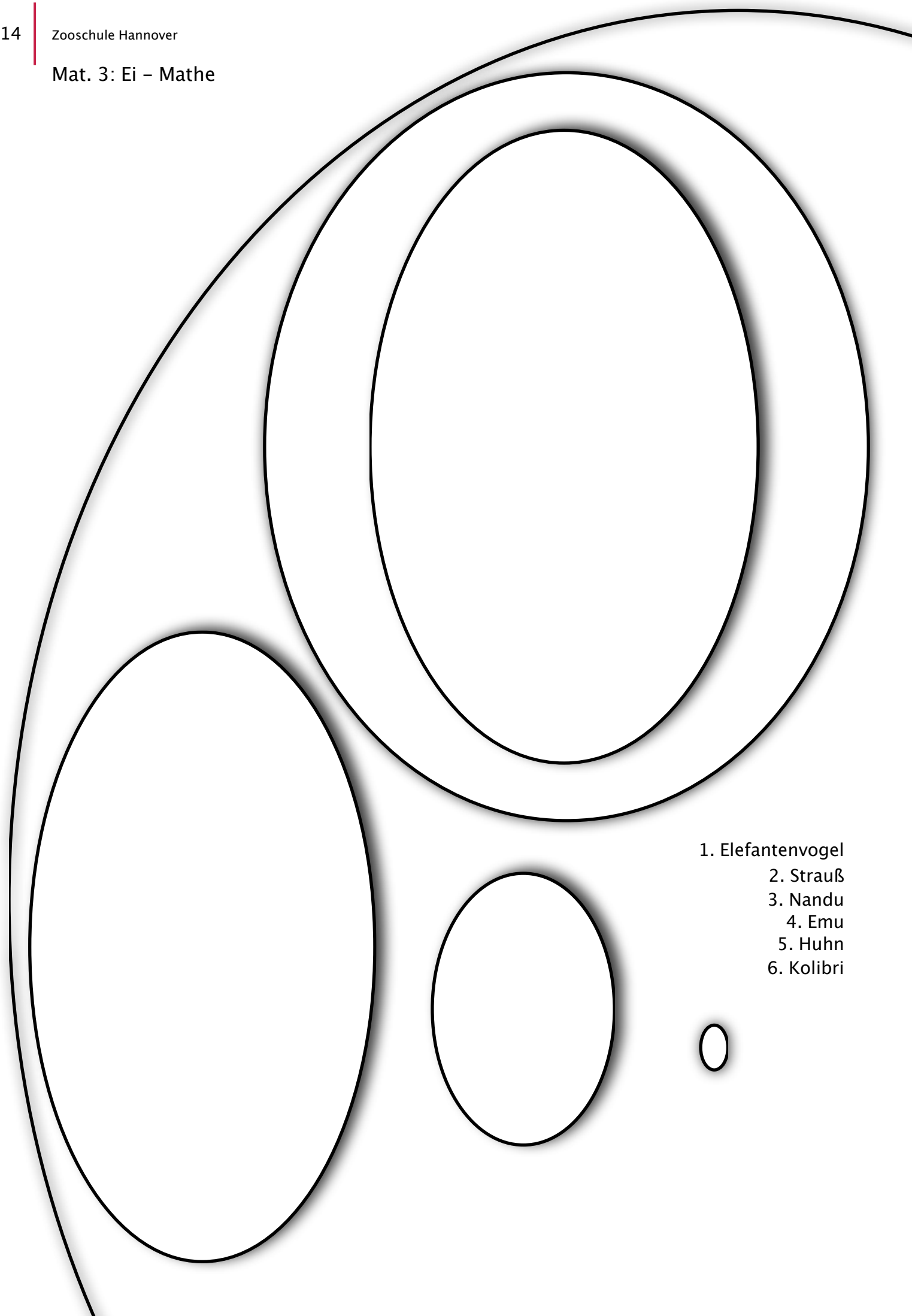
3. Von welcher Tierart/Von welchem Tier gingen die Aktivitäten meist aus?

4. Wie reagierte die andere Art bzw. die anderen Arten darauf?

5. Welche Schlussfolgerungen kannst du aus dem Verhalten der Tiere ziehen?

Am Ende kannst du, wenn du willst, weitere wichtige Beobachtungen aufschreiben.

Mat. 3: Ei – Mathe



1. Elefantenvogel
2. Strauß
3. Nandu
4. Emu
5. Huhn
6. Kolibri

Maße und Gewichte

Name	Eilänge Millimeter	Eibreite Millimeter	Eigewicht Gramm	Eivolumen Gramm	Vogelhöhe Millimeter	Vogelgewicht Gramm
Strauß	160	130	1500	1300	2500	100000
Emu	130	70	570	520	1600	40000
Nandu	130	80	600	550	1300	25000
Elefantenvogel	390	320	10000	9000	3500	500000
Huhn	60	40	60	55	500	1500
Kolibri	10	6	1,5	1,4	30	10

Die Abbildungen zeigen die Größenunterschiede der Vogeleier. Gigantisch das Ei des ausrotteten Elefantenvogels, winzig das des Kolibris. Doch legt der größte Vogel auch tatsächlich das größte Ei im Verhältnis zu seinem seiner Größe [Aufgabe 1]? Oder ist es eher sogar umgekehrt, dass der kleinste Vogel die relativ größten Eier legt? Hat der schwerste Vogel auch die relativ schwersten Eier? [Aufgabe 2]? Haben sie ein unter-schiedliches spezifisches Gewicht [Aufgabe 3]? Spannend sind auch die Fragen wie viel ein mm Vogel wiegt [Aufgabe 4] oder welcher Vogel das schlankste Ei besitzt [Aufgabe 5].
Alle diese Fragen kannst du aus den gegebenen Fakten errechnen, indem du die einzelnen Fakten in die richtige Beziehung setzt. Schreibe als Lösung nur Zahlen bis zu zwei Stellen hinter dem Komma in deine Lösungstabelle ein!

1. Überlege dir die Rechenschritte zu den oben angegebenen Aufgeben und notiere dir den Rechenweg in die unteren Zeilen!

Aufgabe 1: _____

Aufgabe 2: _____

Aufgabe 3: _____

Aufgabe 4: _____

Aufgabe 5: _____

2. Berechne aus den Daten die einzelnen Lösungen und trage sie in die Tabelle ein!

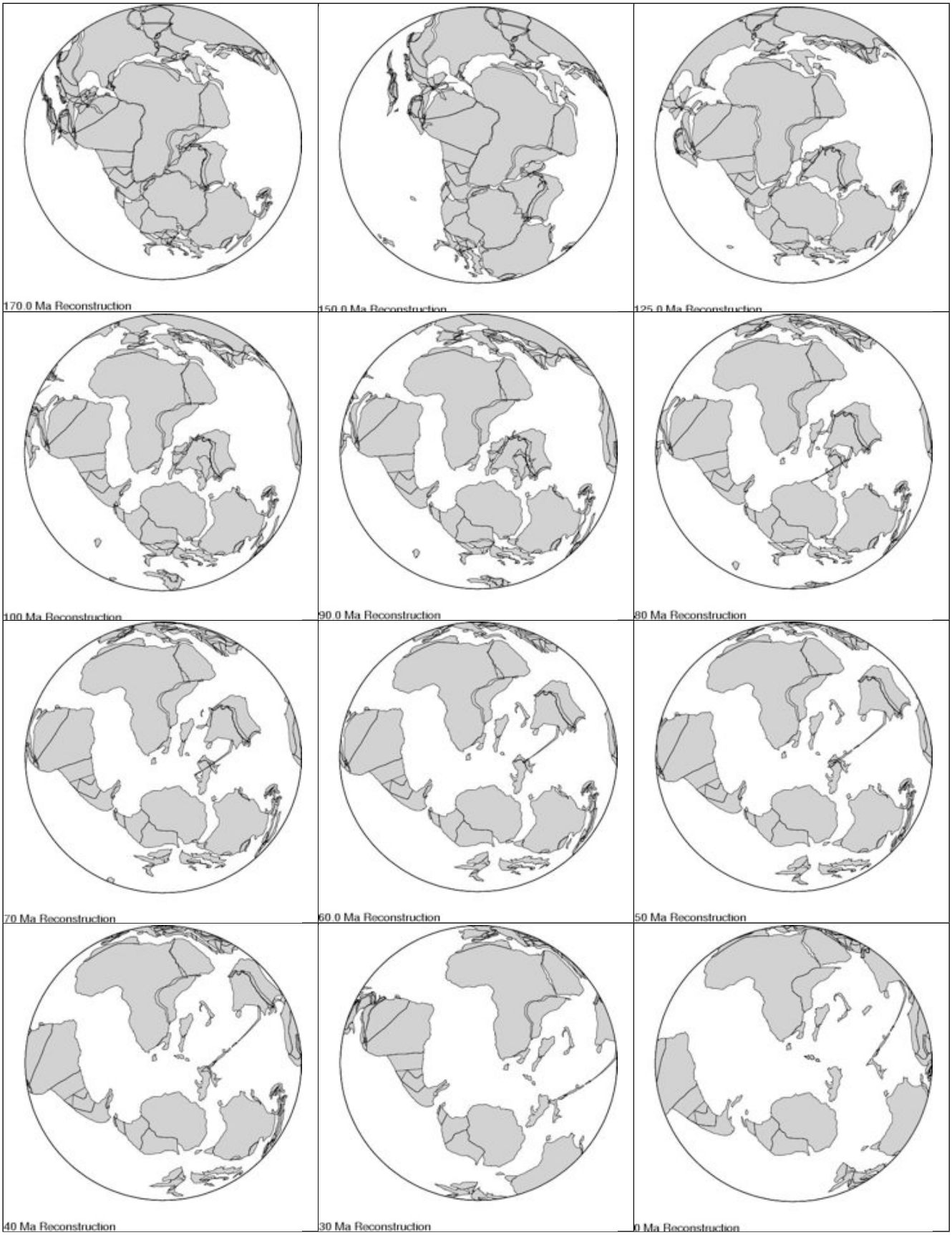
	1. Relativ größtes Ei?	2. Relativ schwerstes Ei?	3. Spezifisches Gewicht?	4. Wie viel wiegt 1 mm Vogel?	5. Wer hat das schlankste Ei?
Strauß					
Emu					
Nandu					
Elefantenvogel					
Huhn					
Kolibri					

3. Werte die errechneten Daten aus, indem du die Ergebnisse in einem Satz zusammenfasst!

4. Deute deine Befunde, in dem du mögliche Erklärungen für die festgestellten Phänomene angibst!

Laufvögel im Vergleich	Strauß	Emu	Nandu
Anzahl der Tiere im Gehege?			
Anzahl der ♂♂, ♀♀?			
Größenabschätzung			
Gewichtsabschätzung			
Anzahl der Zehen?			
Flügel sichtbar?			
ungefähre Länge der Flügel?			
Körperumriss ohne Hals und Beine? (Skizze)			
Grundfärbung des Gefieders?			
Besonders gefärbte Körperteile?			
Länge und Bau der Deckfedern (ev. Skizze auf der Rückseite)			
Kreuze an, welche Arten aufgrund der Beobachtungen näher miteinander verwandt sind?	Strauß – Nandu Strauß – Emu Emu – Nandu	Begründungen (ggf. Rückseite benutzen):	

Mat. 5: Verbreitung der Laufvögel



1. Rekonstruieren Sie mögliche Verbreitungswege der Laufvögel zu ihren heutigen Lebensräumen!
2. Entwickeln Sie eine Hypothese zur Evolution der Laufvögel anhand des Modells der allopatrischen Artbildung!

Mat. 6: Abstammung der Laufvögel:

Aufgrund von vergleichenden Sequenzanalysen mitochondrialer DNA (mDNA) konnte der bisher beste phylogenetische Stammbaum der Laufvögel ermittelt werden. Aus den Daten konnte bei Zugrundelegung einer molekularen Uhr die Abzweigungszeiten der einzelnen Arten datieren (s. Tabelle).

Art bzw. Gattung	Divergenz vor Millionen Jahren
Moa 1 / Moa 2(Anomalopteryx didiformis / Emeus crassus)	5,3 +/- 1,6
Großer Nandu / Darwin Nandu	13,7 +/- 3.2
Emu	35 +/- 2
Kasuare	35 +/- 2
Kiwis	68 +/- 7
Strauß	75 +/- 3
Nandus	88 +/- 12
Moas	82 +/- 14 (Angaben nach verschiedenen Quellen)

1. Erstellen Sie anhand der Zeitangaben ein Kladogramm der Laufvögel!
2. Tragen Sie das Vorkommen der Vogelarten ein, in dem Sie die Länder bzw. Kontinente zuordnen!
3. Deuten Sie die Verbreitung der Laufvögel durch die Anwendung ökologischer Prinzipien!
4. Charakterisieren Sie anhand von Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Strauß, Nandu und Emu!:

Mat. 7: Beispiele von Displays und komplexen Verhaltensweisen des Nandus

1. Kopf-Vor-Display: geringste Intensität gegenüber einem sich näherndem Eindringling ab 3-5 m: Beobachten, Schnabel öffnen, Kopf zurückziehen, Augenkontakt halten. Höchste Intensität: Kopf unter lautem Gezische mehrmals vor und zurück stoßen, mit dem Schnabel schnappen und dabei die Flügel leicht öffnen.

2. Ruf-Display: Beginnt mit Federabspreizen, worauf die Einnahme der Display-Haltung folgt. Die vordere Körperhälfte ist erhoben, der Hals steif schräg nach oben gereckt. Die Halswurzel dehnt sich aus und die Flügel sind leicht angehoben. Dann folgt der Ruf, ein tiefer, zweisilbiger Ton, der ca. 1 Sekunde dauert. Danach entspannt der Vogel entweder oder rennt eine kurze Wegstrecke. Das Bewegungselement des Ruf-Displays gleicht der Verteidigungshaltung. Die Hauptfunktion des Displays liegt darin, Weibchen anzulocken oder bei Bedrohung oder Konflikten die Dominanz des Männchen herauszustellen. Wenn ein Männchen einen Rivalen aus dem Harem vertrieben hat, dient es als Sieges-Display.

3. Flügel-Display: Das Männchen nähert sich langsam den Weibchen, senkt den Hals und geht neben ihnen, den Hopf Kopf leicht auf und nieder schaukeln. Das Gefieder auf dem Kopf und am oberen Hals ist abgespreizt. Dabei können sie am Boden picken. Nach einigen Minuten öffnet das Männchen die Flügeln soweit, dass die Endfedern noch den Boden berühren können, und wandert vor den Weibchen. Der Vorderkörper ist dabei abgesenkt und der Hals beschreibt ein U. Ab und zu dreht er sicht und präsentiert sich denWeibchen von vorne. Das Display kann bis zu 10 min andauern. Die Weibchen bleiben im Erfolgsfall, beim Misserfolg gehen sie weg. Dann ist das Display beendet und das Männchen beginnt oft damit, sein Flügelgefieder zu putzen. Sonst intensiviert das Männchen das Display und wogt mit dem Kopf leicht achtförmig hin und her und als Reaktion bilden die Weibchen einen Halbkreis um ihn, schauen ihn und seine Bewegungen einige Minuten an, bevor sie zu fressen beginnen. Wenn das Männchen weg geht, folgen sie ihm. Mit den Reaktionen der Weibchen steigert sich die Intensität des Displays. Das Display kann bis zu 50 % des Verhaltens des Mänchens bam Tage ausmachen. Es wird 5 - 8-mal in einer Stunde ausgeführt.

4. Kopf-Schüttel-Display: Wird vom Männchen gegenüber den Weibchen ausgeführt. Das Männchen steht, den Hals zu einem niedrigen Bogen gekrümmt, ruckelt den Kopf energisch 20 cm auf und nieder, wobei er auch von links nach rechts schwingen kann. Das Display wird oft im Sitzen ausgeführt. Die Weibchen werden sofort aufmerksam, gehen in die Hocke, stehen danach auf und gehen weg. Das Männchen folgt oft im Flügel-Display, doch folgt keine Paarung. Die Anzahl der Kopf-Ruckel Displays steigern sich, bis eine erfolgreiche Kopulation erfolgt ist.

5. Angriffsverhalten: bei Hähnen mit Harem zu Beginn der Brutsaison häufig. Das Männchen geht einige Schritte auf den Rivalen zu, beschreibt mit Kopf und Hals eine S-Kurve, versucht durch ständiges Kopf vorstoßen und Schnabelschnappen zu attackieren, hebt während des Vorstoßes die Flügel über den Körper. Die Kämpfe sind meist sehr kurz. Sie dauern selten über 30 Sekunden an. Einmal verjagt, verlässt der Verlierer den Ort.

6. Unterlegenheitsverhalten: Der verfolgte Rivale hält Kopf und Hals niedrig in einer S-Kurve oder horizontal. Ein untergeordnetes Männchen hält die Flügel tief. Es erhöht die Chance nicht weiter verfolgt zu werden dadurch, dass es sich klein macht, indem er Kopf und Flügel niedrig hält und das Gefieder an Hals und Kopf anlegt.

7. Verteidigungshaltung: Der Kopf ist leicht zurückgezogen, der Hals beschreibt eine S-Kurve. Die Flügel sind hoch angehoben oder seitlich abgespreizt. Sie werden in unregelmäßigen Abständen auf- und ab geschlagen. Der Nandu läuft Zick-Zack. In wenig bedrohlichen Fällen bleibt der Kopf angehoben und er flattert nicht. Verfolgungen im Zoo sind selten länger als 15 m.

Lösungen:

M. 1: Emufeder

1. Name des Vogels: Emu
2. Erläutere die Besonderheiten dieser Feder!
   Farbe: Spitze ist dunkel (braun), der Rest ist hell (cremefarben)
   Form: Doppelfeder mit zwei am Grund verwachsenen Schäften, vordere größer als hinterer
   Details: Äste oder Seitenäste verhaken nicht, sondern stehen frei ab
3. Erläutere das Ausshen des Federkleids!
   Kopf: spärlich spärlich mit schwarzen kurzen Feder, Gesicht bedeckt
   Körper: zottelig, braun gesprengelt, Federn hängen locker von einem Mittelscheitel auf dem Rücken
   Füße: unbefiedert
4. Gib die Aufgaben an, welche die Federn für den Vogel erfüllen!
   Tarnung (durch Farbangleichung an Lebensraum)
   Thermoisolation: a. Lockeres Gefieder hat einen hohen Anteil an Luftzwischenräumen, die Wärmeverluste vermindern
   b. Weitgehend helle Bereiche, die besonders bei schnellen Laufen sichtbar werden, reflektieren die Sonnenstrahlung effektiv, so dass nur 2% der Sonnenergie als Wärme aufgenommen werden
   arteigene Erkennungszeichen
   Exkretion bei der Mauser
5. Notiere, welche Aufgaben die Federn nicht leisten können!
   Fliegen und gleiten, da keine Hakenstrahlen vorhanden sind, die bei der Feder den notwendigen Luftwiderstand erzeugen -> Laufvögel
   Effektiver Regenschutz. Federn sind zudem durch das Fehlen einer Bürzeldrüse nicht durch Öle imprägniert

Mat. 2: Straußenspiel

1. Welches Tier hat sich am meisten bewegt bzw. die meiste Aktivität gezeigt?
Wenn keine Sondersituation vorliegt (z.B. Jungtier) dürften die meisten Aktivitäten von den Straußen gezeigt werden und zwar vom Straußenhahn und Hennen gleichermaßen.
2. Welches sind die Lieblingsplätze der Strauße, welche Plätze bevorzugen die Antilopen?
Die Lieblingsplätze der beiden Tierarten sind getrennt. Die Strauße bevorzugen meist die Plätze vor dem Besucherbereich, die Kaamas das Zentrum der Anlage.
3. Von welcher Tierart/Von welchem Tier gingen die Aktivitäten meist aus?
Das ist wie bei 1. der Straußenhahn. Es ist meist ein latent aggressives Verhalten. Es kann jedoch auch sein, dass sie vom Kaama-Männchen ausgehen, wenn er sich gestört fühlt. Sie gehen nie von den Thomson-Gazellen und Schwarzfersen-Antilopen aus.
4. Wie reagieren die andere Art bzw. die anderen Arten darauf?
Auf Aktivitäten des Hahns reagieren die Kaamas durch Zurückweichen bzw. Weggucken. Bei starkem aggressivem Verhalten des Hahns ergreifen sie die Flucht oder setzen sich zur Wehr, in dem sie durch Senken der Hörner und langsames Vorwärtsgehen drohen.
5. Welche Schlussfolgerungen kannst du aus dem Verhalten der Tiere ziehen?
Es gibt im Gehege offenbar eine Rangordnung zwischen den Tieren, in der der Straußenhahn ganz oben steht. Dann folgen die Kaamas, dann die Straußenhennen und am unteren Ende stehen die kleineren Antilopenarten.

Mat. 3: Ei-Mathe

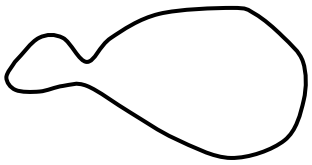
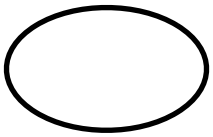
1. Rechenweg
Aufgabe 1: Vogellänge / Eilänge: ?? mm Vogel legen 1 mm Ei
Aufgabe 2: Vogelgewicht / Eigewicht: ?? Gramm Vogel legen 1 Gramm Ei
Aufgabe 3: Eigewicht / Eivolumen: Gewicht in Gramm pro 1 mm^3 Ei
Aufgabe 4: Vogelgewicht /Vogelhöhe: Gewicht in Gramm pro mm Vogelhöhe
Aufgabe 5: Eilänge / Eibreite: Länge in mm pro mm Eibreite

2. Rechnungen	1. Relativ größtes Ei?	2. Relativ schwerstes Ei?	3. Spezifisches Gewicht?	4. Wie viel wiegt 1 mm Vogel?	5. Wer hat das schlankste Ei?
Strauß	15,62	66,66	1,15	40	1,23
Emu	12,30	70,17	1,09	25	1,85
Nandu	10	41,66	1,09	19	1,62
Elefantenvogel	8,97	50	1,11	142	1,21
Huhn	8,33	25,83	1,09	3	1,5
Kolibri	3	6,66	1,07	0,3	1,66

3. Zusammenfassende Ergebnisse:
1: Je kleiner der Vogel, desto relativ größer ist sein Ei. (Ausnahme Elefantenvogel: Er war für sein Gewicht von 500 kg mit 3,5 m recht klein).
2: Je kleiner der Vogel, desto relativ schwerer ist sein Ei
3: Die spezifischen Gewichte unterscheiden sich kaum.
4: Je größer der Vogel, desto relativ schwerer ist er. Eine Gruppenbildung ist sinnvoll zwischen Laufvögel und Nichtlaufvögel. Der Elefantenvogel (Name) bildet wieder eine Ausnahme.
5: Die Eiformen variieren hinsichtlich des Verhältnisse Länge / Breite zwischen 1,21:1 und 1,85 : 1.

4. Erklärungsansätze:
1 und 2: Die Laufvögel legen im Verhältnis zu ihrer Größe und Gewicht relativ kleinere Eier als die meisten flugfähigen Vögel. Es gibt hierbei allerdings auch Ausnahmen, so legt der Kiwi Eier die einem Viertel des Körpergewichtes entsprechen.
3: Der Grundbauplan jedes Eis ist prinzipiell gleich. Unterschiede ergeben sich aus der Eiform, der Luftkammergröße sowie der Schalendicke.
4: Alle Laufvögel sind deutlich schwerer als fliegende Vögel. Die Gründe hierfür liegen darin, dass der gesamte Körperbau der Flieger auf Gewichtsersparnis ausgelegt ist (hohle Knochen, Luftsäcke, ..). Ein Extrem ist der Elefantenvogel, dessen schwerer Körperbau sicher keinen hohen Laufgeschwindigkeiten zuließ.
5. Bei großen Formen besteht die Tendenz zur Kugelform. Diese besitzt das optimale Verhältnis zwischen Volumen und Oberfläche. Kleinere Arten besitzen relativ große Eier, deshalb ist das Längen-Breiten-Verhältnis ausgeprägter.

Mat. 4: Vergleich der Laufvögel

Beobachtete Fakten	Strauß	Emu	Nandu
Anzahl derzeit	4	2	2
♂♂, ♀♀?	1♂, 3♀	2♀	2♀
Größe	210 - 280 cm	150 – 190 cm	125-140 cm
Gewicht	100 -130 kg	35 – 40 kg	20 – 25 kg
Anzahl der Zehen?	2	3	3
Flügel sichtbar?	ja	ja, aber kurz	ja, aber meist über Körper gelegt
Länge der Flügel?	90 cm	20 cm	100 cm
Körperumriss ohne Hals und Beine? (Skizze)			
Grundfärbung des Gefieders?	♂ schwarz mit weißen Schmuckfedern an Flügel und Schwanz, ♀grau-braun	grau-braun	grau-graubraun, unter den Flügeln weißlich
Besonders gefärbte Körperteile?	♂ mit rotem Schnabel und rotem Laufbein	Gesicht und Kehle bläulich	Kopfoberseite und Teile des Nackens schwarz, z.T. mit schwarzer Halskrause
Länge und Bau der Deckfedern	22 cm Deckfedern 40 cm Schmuckfedern	15-20 cm doppelschaftig mit Haupt- und Sekundärfeder	20 cm Deckfedern 40 cm weiche Flügeldeckenfedern
Skizze der Deckfedern			
nächste vermutete Verwandtschaft	Strauß – Nandu Strauß – Emu Emu – Nandu	Begründungen können so vielfältig sein, dass ich keine Vorgaben wage.	

Mat. 5: Verbreitung der Laufvögel

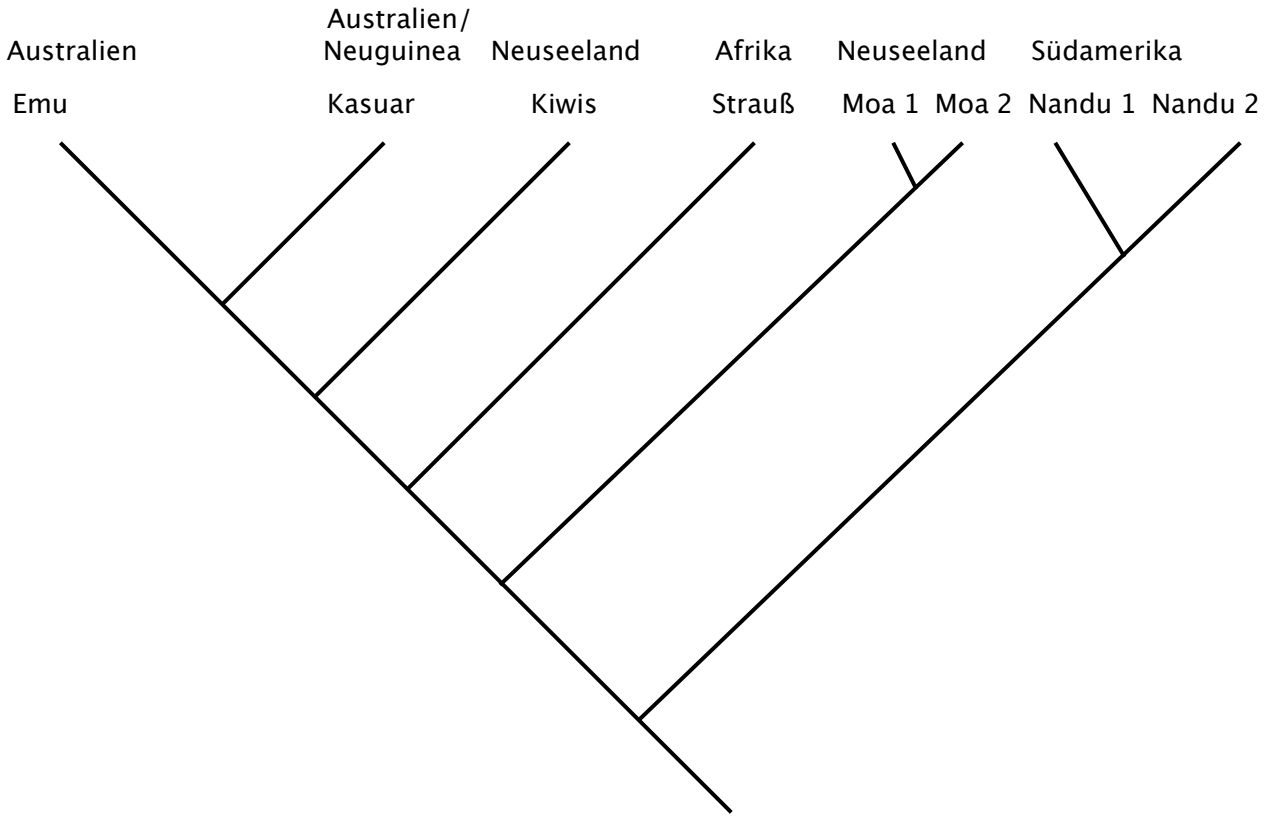
1. Pangäa war der bisher letzte Superkontinent der Erde. Er existierte bis rund 150 Millionen Jahre. Für die Vorfahren der Vögel, den Sauriern bestanden uneingeschränkte Verbreitungsmöglichkeiten.
Er zerbrach in die Großkontinente Laurasia im Norden (im Verlauf nicht weiter dargestellt) und den Südkontinent Gondwana, der in vielen Hypothesen als Urheimat der Laufvögel angesehen wird. Durch die Spreizung des Atlantiks wurden vor 130 Millionen Jahren Amerika und Afrika voneinander getrennt. Archaeopteryx war zu diesem Zeitpunkt schon 25 Millionen Jahre alt.
Zwischen den heutigen Kontinenten Südamerika und Australien bestand zumindest bis vor ca. 80 Millionen Jahre eine durchgehende Landbrücke über Antarktika, die zwischen Antarktika und Australien erst vor ca. 60 Millionen auseinanderbrach. Da die Vorfahren der Laufvögel noch fliegend waren, dürfen sie zumindest kürzere Strecken so überwunden haben. Neuseeland und besonders Neuguinea waren mit Australien noch weitaus länger durch Landbrücken
verbunden. So liegt die Schlussfolgerung nahe, dass die Verbreitung zumindest teilweise über diese Verbindung erfolgte.
Wie die Verbreitung der Laufvögel tatsächlich erfolgte, ist letztlich ungeklärt (s. allgemeiner Teil)

2. Es handelt sich um eine recht alte Vogelgruppe. Die Vorfahren der Laufvögel waren schon über Gondwana verbreitet. Sie stellen den Ausgangspunkt für eine allopatrische Artbildung, d.h. es hat sich letztlich um eine monophyletische Gruppe. Durch die Kontinentalverschiebung wurden die Areale verschiedener Populationen geographisch getrennt. Dies trifft durch das Auseinanderdriften von Afrika und Amerika zunächst für die Vorfahren von Strauß und Nandu zu, die somit schon sehr früh separiert, was gegen eine enge Verwandtschaft der heutigen Arten spricht. Die geographische Isolierung der anderen Laufvögel erfolgte wesentlich später, wohl auch, da Landbrücken längere Zeit bestanden.
In den getrennten Populationen waren die Genpools isoliert und es konnte kein Genfluss mehr stattfinden. Da unbesetzte ökologische Nischen nach wie vor vorhanden waren, konnten die Folgepopulationen überleben. In den getrennten Populationen

setzte eine unabhängige Evolution ein, d.h. natürliche und sexuelle Selektion erfolgten unabhängig und bewerteten zufällige Mutationen und Rekombinationen unterschiedlich. Zufallsereignisse (Gendrift) bestimmten den Verlauf der Evolution mit. Divergenz und eine zunehmende genetische Entfremdung setzte ein, bis letztendlich neue Arten entstanden, die sich im Zuge einer Artumwandlung immer weiter auseinander entwickelten bzw. eine adaptive Radiation durchliefen, was besonders bei den Moas und Kiwis der Fall war.

Mat. 6: Abstammung der Laufvögel

1. Kladogramm und 2. Zuordnung des Vorkommens



3. Ökologische Prinzipien

Aus der weitgehend allopatrischen Verbreitung in den unterschiedlichen Ländern ist zu schließen, dass die Laufvögel ähnliche ökologische Nischen bilden. Man bezeichnet dieses Prinzip als ökologische Stellenäquivalenz.
Dies trifft nicht für Moas und Kiwis zu. Nach dem Konkurrenzausschlussprinzip müssen diese Vogelgruppen, da sie zumindest teilweise sympatrisch vorkommen, sehr unterschiedliche Ansprüche an ihre Umwelt stellen bzw. gestellt haben.

4. Verwandtschaft:

Es handelt sich bei den drei Arten um keine nahe verwandten Vögel. Sie werden in unterschiedliche Ordnungen (in älteren Systematiken noch in eigenen Familien) eingeteilt. Ähnlichkeiten dürften das Ergebnis einer konvergenten Entwicklung sein.

Literaturverzeichnis

- Davies, S.J.J.F. 2002: Ratites and Tinamous. Bird Families of the world. Oxford Univ.Press
- Federmann, D. (Ed) 2005: Linder Biologie, Arbeitsbuch, Schroedel-Verlag
- Gabel. A. 2000: Ist der Vogel Strauß ein Dinosaurier? In: Unterricht Biologie, H. 260. S. 12-15
- Haddrath, O & A.J. Baker 2001: Complete mitochondrial DNA genome sequences of extinct birds: ratite phylogenetics and the vicariance biogeography hypothesis. In: Proc. R. Land. B, 268, S. 939 - 945
- Jaenicke, J. (Ed) 1991: Biologie heute. Lehrerhandbuch für den Sekundarbereich II. Schroedel-Verlag
- Jaenicke, J. (Ed) 1997: Materialien Handbuch Kursunterricht Biologie, Bd. 6 Evolution, S. 348 ff.
- Kronberg, I. 2002: Kiwi, Moa, Strauß und Kontinentaldrift. Biologie i. u. Zeit. 32, Nr. 4, S. 205
- PÄÄBO, S. 1993: Ancient DNA. In Scientific American, November 1993
- Redinger, H.-J. & I. Kronberg 2003: Aufgabe pur: Moa Co. Unterricht Biologie 282, S. 51

Internetadressen:

- http://www.odsn.de/odsn/services/paleomap/paleomap.html:
- http://nandu.na.funpic.de
- http://www.digimorph.org/specimens/Rhea_americana/palate(label)thumb.jpg

Abbildungsnachweis

Titelbild: Emu, Zoo Neuwied
Bild 1 S. 1: Straußenküken, Erlebniszoo Hannover
Bild 2 S. 3: Emuweibchen, Erlebniszoo Hannover
Bild 3 S. 3: Straußenmännchen, Erlebniszoo Hannover
Bild 4 S. 3: Nanduweibchen, Erlebniszoo Hannover
Bild 1 S. 4 Fuß eines Straußes, Erlebniszoo Hannover
Bild 2 S. 4: Schnabelskelett eines Nandus, mit Quellenangabe
Bild 1 S. 5: Schnabelformen von Laufvögeln, Davies, S.J.J.F.
Bild 1 S. 6: Fuß eines Nandus, Erlebniszoo Hannover
Bild 2 S. 6: Flügelskelette der rezenten Laufvögel, mit Quellenangabe
Bild 1 S. 7: Fuß eines Emus, Erlebniszoo Hannover
Bild 2 S. 7: Verbreitung der rezenten Laufvögel, mit Quellenangabe
Bild 1 S. 8: Fuß eines Kasuars, Vogelpark Walsrode
Bild 2 S. 8: Stammbaum der rezenten Urkiefervögel, nach verschiedenen Autoren
Bild 1 S. 10: Emufeder, Erlebniszoo Hannover
Bild 1 S. 12: Zooschule, Erlebniszoo Hannover
Bilder S. 14: verschiedene Quellen
Bilder S. 16: Strauß, Emu, Nandu Erlebniszoo Hannover
Bilder S. 17: Kontinentalverschiebung: http://www.odsn.de/odsn/services/paleomap/paleomap.html

Landeshauptstadt Hannover

Fachbereich Bibliothek und Schule
Zooschule

Zooschule	Adenauerallee 3, 30175 Hannover
Telefon	0511 28074125
Telefax	0511 28074126
E-Mail	Zooschule@Zoo-Hannover.de
Website	www.zooschule-hannover.de

	2. Auflage
Stand	Oktober 2009

Autor	Erwin Bastian
Fotos	Erwin Bastian
Graphiken	Erwin Bastian
Satz	Erwin Bastian