



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Lautkommunikation bei Flachbrustvögeln
(Struthioniformes)“

Verfasserin

Cornelia Reinold

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 439

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Zoologie

Betreuerin / Betreuer: Ao. Prof. Dr. Helmut Kratochvil

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung:
 - 1.1.Allgemein, Seite-5-
 - 1.2.Familie der Struthionidae: Lautäußerungen, Seite-7-
 - 1.3.Familie der Rheidae: Lautäußerungen, Seite-8-
 - 1.4.Familie der Dromaiidae: Lautäußerungen, Seite-9-
 - 1.5.Vokale Kommunikation der Flachbrustvögel, Seite-10-
 - 1.6.Vokale Kommunikation, Seite-11-
2. Material und Methode:
 - 2.1.Beobachtungsindividuen, Seite-13-
 - 2.2.Aufnahmegeräte und Auswertung, Seite-14-
3. Ergebnisse:
 - 3.1.Familie der Struthionidae-Adult, Seite-15-
 - 3.2.Familie der Struthionidae-Jungtiere, Seite-32-
 - 3.3.Familie der Rheidae, Seite-36-
 - 3.4.Familie der Dromaiidae, Seite-42-
4. Diskussion:
 - 4.1.Familie der Struthionidae-Adult, Seite-54-
 - 4.2.Familie der Struthionidae-Jungtiere, Seite-56-
 - 4.3.Familie der Rheidae, Seite-58-
 - 4.4.Familie der Dromaiidae, Seite-59-
 - 4.5.Allgemein, Seite-61-
5. Quellenverzeichnis, Seite-63-
6. Deutsche Zusammenfassung, Seite-67-
7. Abstract, Seite-68-
8. Danksagung, Seite-69-
9. Lebenslauf, Seite-70-

1. Einleitung

1.1. Allgemein

Vögel benutzen vorwiegend akustische Signale zur Kommunikation. Von den rund 9000 Vogelarten konzentrierten sich die meisten Studien auf die Gruppe der Oscinen und die akustische Kommunikation von Nonpasserinen. Über die der Ratiten gibt es noch wenig Befunde (Corfield et al., 2008; Fitch & Hauser, 2002; Raikow, 1968).

Flachbrustvögel, auch als Ratiten bezeichnet, gehören der Klasse Aves und der Ordnung Struthioniformes an. Sie bestehen heute aus fünf Familien: den Strauß (Struthionidae) in Afrika, den Nandu (Rheidae) in Südamerika, den Emu (Dromaiidae) in Australien, den Kasuar (Casuariidae) in Australien und Neuguinea und den Kiwi (Apterygidae) in Neuseeland. Der Ursprung und die phylogenetischen Beziehungen dieser flugunfähigen Vögel sind bis heute kontrovers (del Hojo et al., 1992), denn sie „besitzen einige primitive Merkmale der evolutionären Anpassung anderer Vögel“ (Fowler, 1991; Gill, 1995), sowie einzigartige abgeleitete Merkmale (Fowler, 1991; Gill, 1995).

In der Beziehung zwischen den drei Hauptlinien der Ratiten, dem Strauß, den Nandu und den australoasiatischen Ratiten, Emu, Kasuar, Kiwi, gibt es eine direkte Verbindung mit der biogeographischen Geschichte der Ratiten (Van Tuinen et al., 1998). Obwohl es zwischen den molekularen und morphologischen Daten Differenzen gibt, besteht in allen Untersuchungen eine enge Beziehung zwischen den Casuariidae und Dromaiidae, die mit den Apterygidae gruppiert werden (Cracraft, 2001), dies wird auch durch molekularbiologische Ergebnisse unterstützt (Gill, 1995). Welche Familie die Basis der Ratiten bildet ist aufgrund unterschiedlicher Analysemethoden und Ergebnisse dieser Studien immer noch umstritten (Cooper et al., 2001; Cracraft, 2001; Sales, 2009, Van Tuinen et al., 1998). Die morphologischen und ethologischen Ähnlichkeiten unter den Ratiten werden je nach Autor als eine homolog oder analog angesehen (Harshman et al., 2008).

Das auffälligste Merkmal der Vogelgruppe ist das noncarinate Sternum, das Fehlen des Kiels am Sternum, wodurch auch der Name „Ratites“ entstand (del Hojo et al., 1992; Fowler, 1991), dieser stammt nämlich vom lateinischen „ratis“ ab (Noble, 1991), da diese Vögel einen floßähnlichen Brustknochen oder Sternum haben (Fowler, 1991). Daran würde die Flugmuskulatur ansetzen, wie bei den Carinata (Noble, 1991) und somit ist das Fehlen ein abgeleitetes Merkmal, da diese Muskeln nicht mehr benötigt wurden (Brooke & Birkhead, 1991; del Hojo et al., 1992). Die Ratitenfamilien haben also ähnliche muskelskelettale Merkmale, aufgrund ihrer gemeinsamen Entwicklung zur Flugunfähigkeit, aber sie unterschieden sich beispielsweise in Körpergröße und Flügelgröße relativ zur Körpergröße (Cho et al., 1984). So haben diese terrestrischen Vögel, mit Ausnahme der Kiwis, einen langen Hals und eine starke Beinmuskulatur zum schnellen Rennen (Gill, 1995), aber auch zum Angreifen oder zur Verteidigung (Fowler, 1991). Eine weitere Anpassung an das schnelle Laufen ist

eine Reduzierung der Fußfläche, so haben sie eine verringerte Zehenzahl (Bezzel & Prinzinger, 1990). Der Strauß hat als einziger Vogel nur zwei Zehen, der Emu, Kasuar und Nandu besitzen drei Zehen (Brooke & Birkhead, 1991; Gill, 1995), während der kleinere Kiwi und auch Tinamidae vier Zehen haben (Gill, 1995). Bei der Federfarbe gibt es auch Gemeinsamkeiten (Brooke & Birkhead, 1991), aber nur Emus und Kasuare haben eine Beinbefiederung (Cho et al., 1984), wobei das Gefieder bei allen Arten eher an Haare als an Federn erinnert (Fowler, 1991).

Die phylogenetisch nächsten Verwandten der Ratiten sind die Tinamidae (del Hojo et al., 1992), da beide einen palaeognathen Gaumen haben, der eine starke und steife Struktur aufweist (Noble, 1991). Er gilt als urtümlich (Noble, 1991), da er ebenfalls bei theropoden Dinosauriern vorhanden war (Cracraft, 1981). Durch diese einzigartige Konfiguration von Knochen zwischen den nasalen Passagen, stammt auch der Gruppenname der Superordnung Palaeognathae, die die Schwesterngruppen Ratitae und Tinamidae zusammenfasst und sie dadurch von den anderen Vögeln, den Neognathen trennt (Cooper et al., 2001; Gill, 1995; Glenny, 1954). Zwischen Vögeln und Säugetieren gibt es strukturelle Unterschiede im Mund und der pharyngealen Höhle, aber bei den Ratiten haben diese Komponenten dadurch nochmals unterschiedliche Merkmale zu den anderen Vögeln (Tadjalli et al., 2008). So haben sie eine einzigartige ramphothekale Struktur des Schnabels (Cracraft, 1981), der relativ flach ist, mit ovalen Nasenlöcher an der Basis des Oberschnabels, außer bei den Kiwis deren Schnabel lang und leicht gebogen ist und dessen Nasenlöcher an der Spitze liegen (Gill, 1995). Die Form der Zunge und der Mandeln sind in jeder Ratitenfamilie unterschiedlich (Brooke & Birkhead, 1991). Beim Strauß enthält die Zunge einen unpaaren breiten intraglossalen Knochen und sie ist kurz, stumpf, ziemlich dick und halbkreisförmig oder schnabelförmig (Fowler, 1991; Tadjalli et al., 2008). Dadurch, dass sie rostral zurückgeklappt ist (Fowler, 1991; Tadjalli et al., 2008), formt sich ein Sack oder eine Tasche (Fowler, 1991). Die Zunge des Nandus ist dicker und spitz V-förmig (Fowler, 1991) und enthält über seine Länge einen Knochen, den os entoglossum (Sales, 2006). Der Emu hat eine gezackte scharfkantige Zunge (Fowler, 1991; Sales, 2007).

Im Allgemeinen haben Ratiten ein unübliches Fortpflanzungsverhalten, bei dem sich die Männchen um das Bebrüten der Eier und um die Aufzucht der Küken kümmern (Gill, 1995; Owens, 2002), welche precocial sind (Cockburn, 2006; Vehrencamp, 2000). Da damit hohe energetische Kosten verbunden sind, werden also paternale Fürsorge und ein Paarungssystem kombiniert aus Polyandrie und Polygynie begünstigt (Fernandez & Rebores, 2003), wobei es auch Monogamie gibt, vor allem bei den australoasiatischen Arten (Handford & Mares, 1985).

Die anatomischen Unterschiede der Flachbrustvögel spiegeln wahrscheinlich ihre jeweiligen Nahrungsgewohnheiten und die verschiedenen Verhaltensweisen in den Gruppen wieder, wie etwa ihre charakteristische Vokalisation (Cho et al., 1984). Aber gemeinsam haben alle fünf lebenden

Ratitenvertreter, dass sie durch ihre Körpergröße auch die Vegetation verändern (Noble, 1991) und dadurch eine wichtige Funktion in der Dynamik des jeweiligen Ökosystems haben (Sales, 2009).

In dieser Studie wurden Individuen von drei Familien der Ratiten behandelt: die Struthionidae, Rheidae und Dromaiidae.

1.2. Familie der Struthionidae

Der Strauß gehört zur Familie der Struthionidae, die endemisch in Afrika ist, wobei fossile Formen in Südeuropa und Asien gefunden wurden. Es gibt nur eine Art (*Struthio camelus*), die in vier Subspezies unterteilt wird, wobei diese durch Hybridisierung fertile Jungtiere bilden (del Hojo et al., 1992; Sales, 2009).

Lautäußerungen:

Der Strauß hat ein umfassendes Lautrepertoire, bestehend aus Pfeifen, Schnaufen, Gutturallauten, drohenden Zischen oder Fauchen, sowie non-vokale Laute (Schnabelklappern oder Magenknurren), der bekannteste und häufigste Boominglaut wird von adulten Männchen produziert (del Hojo et al., 1992; Samson, 1996). Er besteht aus einem tiefen viersilbigen in kurzen Intervallen wiederholten „boo-boo-boooooh-hooo“. Es kann auch nachts ausgelöst werden aufgrund der Anwesenheit von Prädatoren oder unüblichen Geräusche (del Hojo et al., 1992). Dieser Laut hat drei Funktionen, zur Territoriumsverteidigung (ist über einige Kilometer hinweg hörbar), zur Balz sowie zur Aufrechterhaltung der individuellen Distanz innerhalb der Gruppe (Cramp & Simmons, 1977; Handford & Mares, 1985). So sind auch die Gelege mehrere Kilometer voneinander entfernt, bis zur maximalen Rufdistanz der Männchen (Cramp & Simmons, 1977), wobei ein Männchenterritorium 2-15 km² groß ist (del Hojo et al., 1992).

Das Verhalten des Strauß ist variabel, je nach Habitat und Saison (Handford & Mares, 1985) und es gibt auch Geschlechtsunterschiede (Csermely et al., 2007). Konfrontationen können mit einem Drohlaut, oder einer dominanten „Upright Display“ Haltung beginnen (del Hojo et al., 1992; Samson, 1996). In Konfliktsituationen produzieren Strauße ein weiches „booh“ oder „twoo“ und während der Paarung gibt der Hahn Grunz- und Stöhnlaute von sich (Cramp & Simmons, 1977). Der einfachste Laut adulter Individuen ist das gedämpfte „boo“, das von heiser bis klar variiert und ebenfalls in antagonistischen Situationen produziert wird (Cramp & Simmons, 1977). Eine Henne zeigt ihre physiologische Bereitschaft zur Paarung, indem sie durch schnelles Öffnen und Schließen des Schnabels einen gluckenden Laut produziert, und zugleich mit den Flügeln flattert (Samson, 1996).

Jungvögel erzeugen verschiedene Laute, die ihre momentane Stimmung widerspiegeln (del Hojo et al., 1992), wie sogenannte Kummer- und Angsttöne (Cramp & Simmons, 1977; Samson, 1996). Vor dem Schlüpfen produzieren sie melodiose Kontaktrufe, die von den Eltern beantwortet werden.

Durch die Vokalisation mit dem Elterntier und den anderen Küken schlüpfen die Jungen simultan (del Hojo et al., 1992; Handford & Mares, 1985).

1.3. Familie der Rheidae

Der Nandu steht in der Unterordnung der Rheae und in der Familie der Rheidae. Diese Familie besteht aus zwei Arten, dem Nandu (*Rhea americana*) und dem Darwinnandu (*Pterocnemia pennata*), mit jeweils mehreren Unterarten. Die Vögel sind endemisch in der neotropischen Region und zählen zu den ältesten Vögeln Südamerikas. Traditionell werden sie in eine eigene Ordnung gestellt, den Rheiformes, in einer anderen Systematikversion werden sie zur Subfamilie der Struthionidae gegeben (del Hojo et al., 1992; Sales, 2009).

Lautäußerungen:

Beim Balzverhalten des Männchens besteht die Rufanzeige um das Weibchen anzulocken aus drei Teilen. Zuerst wird die Rufposition eingenommen, dabei ist der Hahn gestreckt und aufgeplustert, dann der boomende Ruf selbst und nach ein- oder zweimaligen Vokalisieren entspannt er sich oder läuft zur Partnerin und bildet so einen Harem (Handford & Mares, 1985). Die Funktion des Verhaltens ist aber nicht ganz klar, weil es auch ohne Weibchen in direkter Nähe gemacht wird (Raikow, 1969), vielleicht wirkt es auch als Langzeitstimulation auf den weiblichen Reproduktionszyklus (Sales, 2006). Dieses tiefe wiederhallende „nan-du“ wird hauptsächlich vom Männchen während des Balzverhaltens produziert. Der Laut, der dem Vogel auch den Namen gibt, klingt eher wie das Brüllen eines großen Säugetieres und ist über große Distanzen hörbar (del Hojo et al., 1992).

Nandus sind soziale Vögel, die jedoch ihren Individualabstand benötigen und wird dieser nicht eingehalten kann es zum ritualisierten „Head-forward“ Drohverhalten kommen, bei dem der Hals des Hahns in einer S-Kurve liegt und der Kopf nach vorne gestoßen wird (del Hojo et al., 1992; Raikow, 1969; Sales, 2006). Die Herkunft des einschüchternden Fauchens während des „Head-forward“ Aktes ist nicht klar, aber vielleicht stammt der Laut vom normalen Atmen ab und wurde zu einem übertriebenen Atmungslaut (Raikow, 1969).

Als Teil des Balzrituals produzieren sexuell erregte Männchen auch ein zweisilbiges Grunzen (Beaver, 1978). Es gibt auch Fälle einer Kooperation zwischen Männchen beim Brüten, was aber zu einer höheren Rate an territorialen Rufen beim Haupthahn führt (Codenotti & Alvarez, 1996; Fernandez & Reboreda, 2003).

Außerhalb der Paarungszeit produzieren Nandus raue Alarmschreie, sowie Schnaufen um Wut anzuzeigen und Zischlaute während des Drohverhaltens (del Hojo et al., 1992). Ein dominantes

Männchen ist erkennbar an Aggressivität, Flügelklappen, Vokalisation und Beschützerverhalten gegenüber den Weibchen (Góes et al., 2010). Während des Brütens reagiert der Hahn drohend auf Annäherungen, so zischt oder faucht er, schnappt und produziert das „Head-forward“ Verhalten (del Hojo et al., 1992). Dabei werden die Eier und Küken durch Flügelspreizen vom flach auf dem Nest liegenden Hahn schützend bedeckt (Raikow, 1969).

Küken synchronisieren durch Rufe das simultane Schlüpfen und geben später Kontaktrufe von sich, um die Gruppe nicht zu verlieren (del Hojo et al., 1992), aber auch das Männchen hält mit den Küken vokalen Kontakt (Handford & Mares, 1985). So gibt es bei den Küken noch unterschiedliche Vokalisationstypen, die bei den adulten Tieren weniger werden (Sales, 2006). Mit etwa sieben Wochen stellen die Nanduküken dann ihre Lautproduktion ein, es verschlechtert sich die Rate, sowie die tonale Qualität der Rufe und adult sind sie meist still (Beaver, 1978).

1.4. Familie der Dromaiidae

Emus stehen in der Ordnung der Struthioniformes, gemeinsam mit den Kasuaren in der Unterordnung Casuarii und Familie der Dromaiidae. Sie sind eine der ältesten Vogelfamilien in Australien (del Hojo et al., 1992). Es gibt rezent nur noch eine Art, den Emu (*Dromaius novaehollandiae*) und dieser ist nach dem Strauß der zweitgrößte Vogel der Welt (del Hojo et al., 1992; Maina & King, 1989), mit drei Unterarten die über ganz Australien verteilt sind.

Lautäußerungen:

Unter den Ratiten haben die Emus eine Einzigartigkeit in ihrer Anatomie, nämlich einen Spalt in der Trachea (del Hojo et al., 1992), der bei beiden Geschlechtern aus Knorpelringen die keinen ganzen Kreis bilden entsteht. Dieser Spalt liegt auf der ventralen Seite der Trachea, cranial zur trachealen Bifurkation. Bei den Jungvögeln ist der Spalt mit einer dünnen Membran bedeckt, die bei den adulten Tieren zu einer dehnbaren Tasche, anterior zum Spalt, wird. Der Spalt ist bei adulten Emus ungefähr 6-8 cm lang, 10-15 cm cranial zum Brusteingang und die aufgeblähte Tasche ist um die 30 cm im Durchmesser groß (Cho et al., 1984; Fowler, 1991; Sales, 2007). Dieser tracheale Luftsack dient als vergrößerter anatomischer Totraum, der aufgebläht werden kann (Schmitt et al., 2002) und als Verbindung zur Membran oder dem Spalt gibt es keine langen Hilfsmuskeln. Durch diesen trachealen Spalt wird Luft in den Sack gebracht, dabei dehnt sich die Halshaut (Cho et al., 1984; Fowler, 1991; Sales, 2007), diese wiederholt in den cervicalen Luftsäcken und so entsteht ein Booming oder Trommeln (del Hojo et al., 1992) vom Weibchen und ein Brummen vom Männchen (Fowler, 1991; Sales, 2007).

Dieser charakteristische Emulaut wird beschrieben als „e-moo, e-moo“ und es ist ein einzelner tiefer widerhallender Boominglaut, der wiederholt das Trommeln bildet. Dieses „High-intensity Booming“ wird nur von den Weibchen produziert (del Hojo et al., 1992), vermutlich um die Männchen anzuziehen (Handford & Mares, 1985). Wenn das Männchen brütet bleibt das Weibchen in der Nähe und die Intensität ihrer Boominglaute spitzt sich zu (del Hojo et al., 1992; Handford & Mares, 1985). Diese Vokalisation ist über weite Strecken hörbar (MacLeod et al., 2006), bis zu 2 km weit (del Hojo et al., 1992). Wobei dieser Laut in Gefangenschaft nicht nur bei der Balz gehört wird, sondern ganzjährig (Cho et al., 1984). Wenn die Tiere etwas Seltsames oder Neues sehen geben sie auch wiederholte Boomingrufe von sich, dabei ist der Hals gekrümmt in einer leichten S-Form, die cervicalen Luftsäcke sind aufgebläht und das Gefieder auf der Halsvorderseite aufgeplustert und es wird das neue Objekt umkreist und dient auch als Drohverhalten (del Hojo et al., 1992; Sales, 2007).

Beim Grunzen ist der Hals vorgestreckt und der Schnabel zeigt nach unten, dieser Laut dient bei beiden Geschlechtern der Drohanzeige. Das Grunzen der männlichen Emus in der Brutsaison hat drei Hauptaufgaben, es dient als Drohung und Territoriumsverteidigung, wenn sich Rivalen nähern, zweitens wird es während dem Balzverhalten geäußert und dann noch vor der Eiablage (del Hojo et al., 1992). Bei der Paarung gibt das Männchen piepsende oder schnurrende Laute von sich und das männliche Tier bleibt mit den Jungen durch hustende Kontaktrufe in Verbindung (del Hojo et al., 1992).

1.5. Vokale Kommunikation der Flachbrustvögel

Die Lautproduktion entsteht durch einen Luftstrom von den Lungen, der ein System von Membranen in Vibration bringt und so einen Laut erzeugt (Brooke & Birkhead, 1991), indem die Luft in akustische Energie umgewandelt wird, also in longitudinale Druckwellen im hörbaren und nicht hörbaren Frequenzbereich (Fitch & Hauser, 2002). Da bei Vögeln die Lautquelle an der Basis der Trachea liegt, inkludiert der Vokaltrakt nicht nur die oralen und nasalen Höhlen, sondern auch die ganze Trachea, wodurch der Vokaltrakt eines Vogels länger ist als der eines gleich großen Säugetiers (Fitch & Hauser, 2002). Bei den meisten Vögeln ist die an der Tracheabasis liegende Syrinx für die Lautproduktion der Vögel verantwortlich und diese Vokalisation wird in anderen Arealen des respiratorischen Traktes, speziell in der Trachea, modifiziert, um dessen Resonanz zu verstärken (del Hojo et al., 1992; Fitch & Hauser, 2002). Aber manchen Arten fehlt diese Syrinx, zum Beispiel Ratiten, Störchen oder Neuweltgeiern (del Hojo et al., 1992; Gill, 1995), diese Vögel können dann nur grunzen, fauchen bzw. zischen, oder ähnliche Laute produzieren (Gill, 1995).

Flachbrustvögel besitzen zwar keine richtige Syrinx, aber es gibt drei Strukturen die für ausreichend gehalten werden können um eine „Syrinx“ zu charakterisieren. Es sind äußere Halbringe, eine innere Membrana tympaniformis, welche die Wände der Bronchien formt und vokale Falten die sich im Inneren dieser Röhren entwickelten. (Forbes, 1881) Bei vielen nonpasserinen Vögeln hat die Syrinx

zwei extrinsische Muskelpaare, eines davon ist der sternotracheale Muskel, der auch bei allen Flachbrustvögeln vorkommt und dieser Muskel dürfte beim vibratorischen lauterzeugenden Mechanismus als syringealer Adduktor fungieren (Garitano-Zavala, 2009).

Der Larynx ist gut entwickelt, es gibt jedoch keine vokalen Falten und keine epiglottalen Knorpel (Fowler, 1991). Beim Strauß ragt der Larynx aus dem Boden des Pharynx hervor, besteht aus unpaaren Ringknorpeln, sowie paarigen Stellknorpeln und das laryngeale Skelett besteht aus drei Knorpeln, die teilweise verknöchert werden (Tadjalli et al., 2008). Ratiten haben eine gegabelte Trachea, die Form der Trachea ist aber unterschiedlich (Forbes, 1881). Die Trachea hat komplett flexible knorpelige tracheale Ringe, die dorsoventral abflachen, um entweder einen gepressten Ring oder eine Ellipse beim Strauß zu bilden, während sie beim Nandu leicht dorsoventral abgeflacht sind und ein Oval bilden. Beim Emu sind diese Ringe ventral unterbrochen von einem Spalt (Fowler, 1991; Sales, 2006), der einzigartig ist unter den Flachbrustvögeln (Cho et al., 1984). Die Anatomie der Luftsäcke der Ratiten ist im Allgemeinen ähnlich denen der anderen Vögel, deren Grundausstattung von meist neun Luftsäcken zur Atmung benutzt wird. Jedoch gibt es bei einigen Vogelarten auch Luftsackdivertikel die nicht der Respiration dienen, sondern als Resonanzräume fungieren, solche aufblasbaren Halsluftsäcke sind häufig, beispielsweise beim Emu (Bezzel & Prinzinger, 1990). Weitere Resonanzmöglichkeiten sind überlange Luftröhren, wie etwa bei Kranichen (Gill, 1995), tracheale oder ösophagiale Taschen, das Aufblähen der Kehlgasse (Bezzel & Prinzinger, 1990) und des Kropfes oder Kehlluftsacks während der Vokalisation, wie etwa beim Strauß (Fitch & Hauser, 2002). Da die Lautstärke der Rufe und Gesänge, mit einigen Ausnahmen, positiv mit der Körpergröße korreliert, können solche Resonanzstrukturen also verwendet werden um die Oberfläche zu vergrößern und so den Energiewandel eines relativ kleinen Tongenerators verstärken (Bezzel & Prinzinger, 1990). Turbulenzen in der akustischen Kommunikation sind Zisch- und Fauchlaute deren Produktion nicht mit der Syrinx erfolgt, sondern mittels Luftstößen im Kehlspace und Larynx, sowie durch eine Verengung des Schallweges zwischen Lungen und Lippen oder Nasenlöchern (Bezzel & Prinzinger, 1990; Fitch & Hauser, 2002). Die Lautstärke der Vokalisation hängt auch vom Druck des Luftstromes ab und die Dauer eines Lautes hängt vom Verbrauch des Luftvorrats ab (Bezzel & Prinzinger, 1990).

1.6. Vokale Kommunikation

Lauterzeugungen werden unterteilt in vokale oder stimmliche und mechanische oder instrumentale Lautäußerungen (Bezzel & Prinzinger, 1990). Die Vokalisation von Vögeln dient besonders der Kommunikation über große Distanzen, in der Nacht und in dichter Umgebung (Gill, 1995). Die Laute haben somit verschiedene Funktionen, wie der Proklamation eines Territoriums, der Partneranziehung, der Information über die Identität, wie Angaben über Art, Alter, Geschlecht, Fähigkeiten, Motivation und Standort, der Warnung vor potentiellen Gefahren und Aufrechterhaltung sozialer Kontakte (Franco & Slabbekoorn, 2009, Gill, 1995; Hu & Cardoso, 2009).

Für die Gestaltung der Vokalisation ist aber auch die Biotopakustik entscheidend und so werden die Gesänge und Laute an die Struktur des jeweiligen Raumes angepasst, dadurch entstehen auch konvergente Anpassungen bei verschiedenen Taxa (Bezzel & Prinzinger, 1990; McCracken & Sheldon, 1997). Eine Rolle bei der Gesangstätigkeit spielt außerdem die Witterung, die Populationsdichte und der soziale Rang (Bezzel & Prinzinger, 1990). Nonpasserinen Vögel fehlt die Lernfähigkeit und so können sie ihre Vokalisation auch nicht an Umgebungslärm anpassen, wodurch sie vermutlich sensibler auf die Störung durch anthropogenen Lärm sind. Im Allgemeinen sind nonpasserine Vögel aber größer und benutzen niedrigere Frequenzen (Hu & Cardoso, 2009), da die Frequenzen der Laute negativ mit der Körpergröße korrelieren (Fitch, 2006; Janicke et al., 2008) und die Vokaltraktlänge positiv mit der Körpergröße korreliert, zumindest bei einigen Säugetieren (Fitch, 2000). Dadurch zeigt sich wie die Morphologie der Tiere Einfluss auf ihre vokale Performance hat (Janicke et al., 2008) und die energetische Leistung der akustischen Kommunikation davon beeinflusst wird (Ryan, 1986).

Bei Vögeln liegen die meisten Lautäußerungen bis acht Kilohertz (Bezzel & Prinzinger, 1990), wobei niederfrequente Laute am effektivsten sind für eine Kommunikation über große Entfernungen, da sie weniger gedämpft werden (Fitch, 2006; Ryan, 1986). So sind Laute von Vögeln in tropischen Wäldern mit dichter Vegetation normalerweise von niedriger Frequenz (Gill, 1995; Mack & Jones, 2003) und haben engere Frequenzbereiche, da längere Wellenlängen die Energie besser durch Hindernisse übertragen können als kurze Wellen (McCracken & Sheldon, 1997). Für den Transport über weite Strecken besonders gut geeignet ist Infraschall (Fitch, 2006), also Frequenzen die unter 20 Hertz liegen und damit außerhalb des menschlichen Hörbereichs sind, aber häufig in der Atmosphäre vorkommen (Hagstrum, 2007). Einige Vögel können solche Wellenlängen detektieren, aber es gibt wenig Belege dafür, dass Vögel sehr niedrige Frequenzen produzieren können. Es gibt bisher nur Dokumentationen von Infraschall im Gesang von Vögeln beim Auerhuhn *Tetrao urogallus* (Moss & Lockie, 1979) und sonst keine, da die meisten Vögel klein sind, mit einem geringen Gewicht. Dadurch sind sie physikalisch eher ungeeignet für die Bildung von Infraschall, denn dafür ist ein größeres Körpervolumen besser, wie zum Beispiel bei Elefanten. Es gibt aber Hinweise auf Frequenzen Nahe der Infraschallgrenze bei Lauten in der Familie der Cassuariidae, deren gepulste Boominglaute eine Grundfrequenz hinunter bis 23 Hertz haben (Mack & Jones, 2003).

So können Verhaltensmerkmale wie die Vokalisation genauso viele Informationen geben wie morphologische Merkmale. Denn jeder Typ von Gesang wird charakterisiert durch seine Struktur die definiert wird durch quantitative und qualitative Variablen (Bertelli & Tubaro, 2002). Die phylogenetisch informativsten Merkmale der Laute sind die Anzahl der Silben, die Silbenstruktur und die Grundfrequenz, da diese das Verhalten und die syringeale Struktur mehr reflektieren (McCracken & Sheldon, 1997). So haben Laute vokale Merkmale in ihrer Struktur die dann unter den Vogelarten vergleichbar sind (Bertelli & Tubaro, 2002).

In dieser Arbeit wurde die Vokalisation dreier Ratitenfamilien untersucht, dabei wurde sowohl der Aufbau der Laute, speziell ob diese Infraschallkomponenten haben, als auch ihre Produktion miteinbezogen.

2. Material und Methode

2.1. Beobachtungsindividuen

Die Aufnahmen erfolgten bei einem privaten Straußenzüchter, dem Straußenland Gärtner in A-3562 Schönberg am Kamp, Niederösterreich (www.straussenland.at) und dort wurden von den fünf unterschiedlichen Ratitenfamilien drei untersucht, die Struthionidae, die Rheidae und die Dromaiidae. Auf einem etwa 16 ha großen Gebiet wurden zur Zeit der Beobachtung etwa 340 Strauße (*Struthio camelus*) verschiedener untereinander hybridisierter Unterarten, 9 Emus (*Dromaius novaehollandiae*) und etwa 20 Nandus (*Rhea americana*) gehalten, die alle verschiedenen Alters waren. Aufgenommen wurde im Juni und Juli 2010.

Die Emugruppe bestand aus zwei adulten Paaren und einem adulten Hahn mit vier etwa einjährigen Jungtieren. Die Individuen der Paare konnten am Gefieder unterschieden werden und wurden zur besseren Trennung Paar jung und Paar alt genannt, da beim älteren Paar das Männchen etwa 11 Jahre alt und das Weibchen noch älter war und es war auch etwas größer als das andere Paar. Somit wurden das Weibchen und Männchen des älteren Paares wa und ma genannt und die des jüngeren Paares wj und mj. Das Gehege der Emus liegt an einer Seite, mit einem Sichtschutz, an einer Straße, ist bewaldet und nicht von überall einsehbar. Im Gehege wurden auch teilweise Truthühner gehalten, die im Nachbargehege lebten und das Emurevier konnte betreten werden, wodurch einige Aufnahme in kurzen Distanzen, bis zu zwei Metern, möglich waren.

Das Nandugehege war benachbart zu Straußengehegen und aufgrund von brütenden Männchen in zwei Teile abgetrennt. So befanden sich in einem Teil drei brütenden Individuen und im anderen Teil die restliche gemischtgeschlechtliche Gruppe von 17 Individuen, mit vier Männchen, von denen zwei größer waren. Die Distanz zum Aufnahmegerät war unbekannt, außer bei den brütenden Tieren, deren Nest sich in etwa drei Meter Abstand befand.

Die adulten Strauße lebten in großen separaten Gehegen, die Großteils aufgrund der Vegetation nicht einsehbar waren, wobei ein großes Areal gut beobachtbar war, in dem die älteren Zuchttiere lebten und in dem meist etwa sieben Männchen und über 20 Weibchen zu sehen waren. Die Distanz zu diesen Tieren war von vier Meter bis unbekannt. Die Straußenküken wurden in separaten Gehegen im Hof des Hauptgebäudes, ca. 6 km vom Freigehege entfernt, gehalten. Die Jungtiere

lebten nach ihrem Alter getrennt in unterschiedlichen Anlagen und die Distanz zum Aufnahmegerät war bei den Küken vier bis einen Meter.

Im Zeitraum zwischen Dezember 2008 und Februar 2009, sowie im April 2009 erfolgten auch Aufnahmen im Zoo Schönbrunn in Wien und im Tierpark Herberstein in der Steiermark. Dabei wurden im Zoo Schönbrunn drei Familien der Flachbrustvögel aufgenommen, die Familie der Struthionidae, mit der Art *Struthio camelus australis* und drei Tieren. Die Familie der Rheidae und der Art *Rhea americana*, dessen Gruppe aus sechs Individuen bestand, von denen vier weiblich und zwei männlich waren und deren Gehege überschaubar war. Die Familie der Dromaiidae, mit der Art *Dromaius novaehollandiae* und zwei männlichen Tieren, in einem bewaldeten Gehege.

Im Tierpark Herberstein wurden zwei Ratitenvertreter gehalten, einer war die Familie der Rheidae, der Art *Rhea americana* mit sieben Individuen, wobei diese aufgeteilt waren in zwei Gehegen, zu drei und vier Tieren. Die zweite Familie waren die Dromaiidae, der Art *Dromaius novaehollandiae*, mit zehn Tieren unterschiedlichen Alters und Geschlechts in einem weitläufigen Areal.

2.2. Aufnahmegeräte und Auswertung

Zur Aufnahme in der Straußenfarm wurde ein AKG C480B Mikrofon mit einem Mikrofon-Vorverstärker CK 63-ULS (Kondensator-Hypermikrofonkapsel) verwendet, mit einem Übertragungsbereich von 10-30.000 Hz $\pm$ 0,3 dB. Das Aufnahmegerät war ein TASCAM Portable-DAT-Recorder, TEAC Professional Division DA-P1 Digital Audio Tape Recorder mit DAT-Cassetten. Am Gerät war die Phantomspannung (+48V) während der Aufnahmen eingeschaltet und es wurde mit einer 48 Kilohertz Samplingfrequenz aufgenommen. Über das line-out des Gerätes wurden die Aufnahmen an einen Computer, mithilfe des Programms Audacity 1.2.6., mit einer Samplefrequenz von 48 kHz, überspielt und digitalisiert und als WAV-Dateien gespeichert. Analysiert wurden die Laute dann mit dem Programm PRAAT version 5.1.19.

Im Zoo Schönbrunn erfolgte die akustische Aufnahme mit dem digitalen Aufnahmegerät Marantz Model PMD 660 und im Tierpark Herberstein mit einem digitalen HD-Rekorder Sound Devices 722. Bei beiden mit einem AKG SE 300 B Mikrofon, mit einem Übertragungsbereich von 10-30.000 Hz $\pm$ 0,3 dB und gespeichert wurden die Aufnahmen auf einer CF-Speicherkarte im Gerät oder der integrierten Festplatte. Die Samplingrate betrug auch 48 Kilohertz und analysiert wurden die Laute mit dem Programm STx.

Mit den Analyseprogrammen wurden die Spektrogramme erstellt und die Einstellungen dafür sind bei den einzelnen Lauten angegeben. Dabei bezeichnet die „view range“ den Analysebereich, die „window length“ kennzeichnet die Fensterbreite und regelt ob es ein Breitband- oder Schmalbandspektrogramm ist. Bei den Lauten wurden temporale und spektrale Strukturen

untersucht, dafür wurde die Zeit in Sekunden im Oszillogramm gemessen und die Frequenzen in Hertz im Powerspektrum oder Spektrogramm, dabei wurde aber in der Mitte gemessen und nicht die untere Grenze der Schwingung. Bei Fauchlauten wurde die durchschnittliche „Harmonics-to-noise Ratio“ (HNR) in Dezibel in PRAAT errechnet, diese gibt den Anteil der Atemgeräusche an, beziehungsweise ist es ein Maß das die Summe des zusätzlichen Rauschens im Stimmsignal angibt.

Die Laute wurden als einzelne Dateien gespeichert und in Microsoft Office Excel 2007 in Tabellen aufgelistet und die Statistikauswertung erfolgte mit dem Programm PASW Statistics 18.0.0. Damit wurden der jeweilige Mittelwert und die Standardabweichung berechnet und Boxplots erstellt. Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest wurde die Normalverteilung der Werte überprüft und dann der T-Test angewendet.

Die Lauterzeugung und das Verhalten der Tiere während der Lautproduktion und in bestimmten Situationen wurden protokolliert und mit einer SONY DCR-SR32E Videokamera aufgenommen und bearbeitet mit dem Programm Picture Motion Browser Version 2.0.06.13151. Aus den Videos wurden Standbilder entnommen, von denen dann Skizzen mit einem Bamboo Touch CTT-460 Grafiktablett von Wacom angefertigt wurden.

3. Ergebnisse

Es konnten bei allen Ratitenfamilien der Straußenfarm Laute aufgenommen werden, im Zoo Schönbrunn produzierten nur die Vertreter der Dromaiidae Laute, die übrigen drei Arten der Flachbrustvögel vokalisiert nicht und im Tierpark Herberstein produzierten beide Familien Laute.

3.1. Familie der Struthionidae - Adult

Es wurden bei den adulten Straußen auf der Straußenfarm acht Lauttypen gefunden, der Demutslaut, der Paarungslaut, das Fauchen, der Boominglaut, das Brummen, der Gutturallaut, der Hu- und Up-Laut. Neben diesen Lauttypen gab es auch noch mechanische Lautäußerungen. So wurde durch schnelles Aufeinanderschlagen des Ober- und Unterschnabels ein Schnabelklappern erzeugt und es gab Klackerlaute der Flügel oder Schultern.

Demutslaut

Der Demutslaut konnte 102-mal aufgenommen werden und es wurden die Dauer, die Pulsanzahl, die Grundfrequenz und die erste Oberschwingung gemessen.

Durchschnittlich (Tab.1) dauerten alle Demutslaute $1,842 \pm 1,802$ Sekunden, bestanden aus 6 ± 4 Pulsen, hatten eine Grundfrequenz von $278,9 \pm 41$ Hertz und eine erste Oberschwingung bei $520,7 \pm$

80 Hertz. Die Dauer lag zwischen 0,042 und 9,715 Sekunden, die Pulsanzahl reichte von einen bis 23, die Grundfrequenz lag zwischen 183 und 385 Hertz und der Oberton variierte zwischen 283 und 685 Hertz.

Tab.1: Demutslaute (n= 102) mehrerer Straußweibchen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) und ersten Oberschwingung (F1) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 102)		
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,042-9,715	1,842	1,802
Pulse	1-23	6	4
F0 [Hz]	183-385	278,9	41
F1 [Hz]	283-685	520,7	80

Der Demutslaut bestand aus Pulsen, wobei ein Puls aus ein bis drei Teilen bestand, die manchmal verschmolzen waren. Es gab eine Oberschwingung, die Pulse hatten eine gerade Form (Abb.1) und produziert wurde er nur von den weiblichen Individuen, um den Männchen gegenüber ihre Demut zu zeigen.

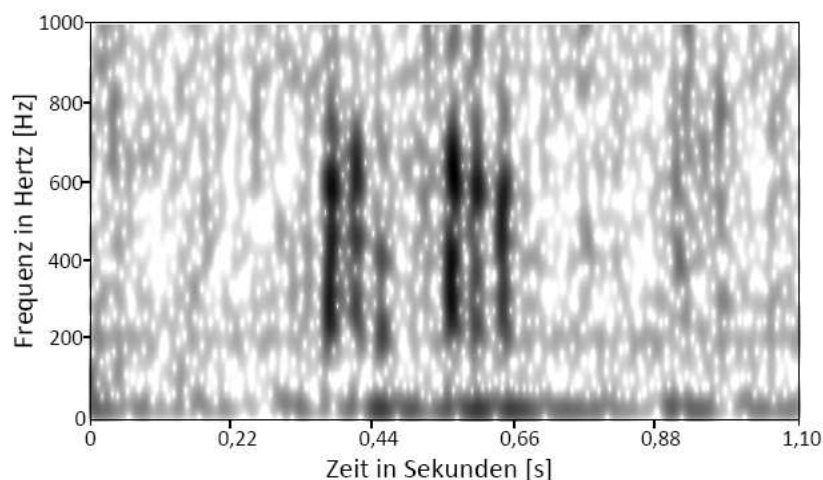


Abb.1: Demutslaut eines Straußenweibchens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Einstellungen zur Analyse in PRAAT waren: view range 0-1000 (Hz), window lenght 0,03 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Beim Demutslaut wurde die Kehle, oder der Kehlluftsack leicht aufgebläht, der Hals „vibrierte“ etwas und der Schnabel wurde immer leicht auf und zu gemacht (Abb.2). Die Weibchen nahmen währenddessen auch Nahrung auf und der Laut wurde im Sitzen und Stehen geäußert und der Kopf war in verschiedenen Positionen, so war der Kopf nach unten oder oben gehalten. Die Flügel waren

gespreizt vom Körper und ganz offen, wobei durch eine Bewegung der Flügel nach vorne und wieder zurück ein Klackergeräusch produziert wurde. Diese Klackerlaute wurden oft durchgehend produziert, auch ohne dass das Weibchen dabei ständig den Demutslaut äußerte.

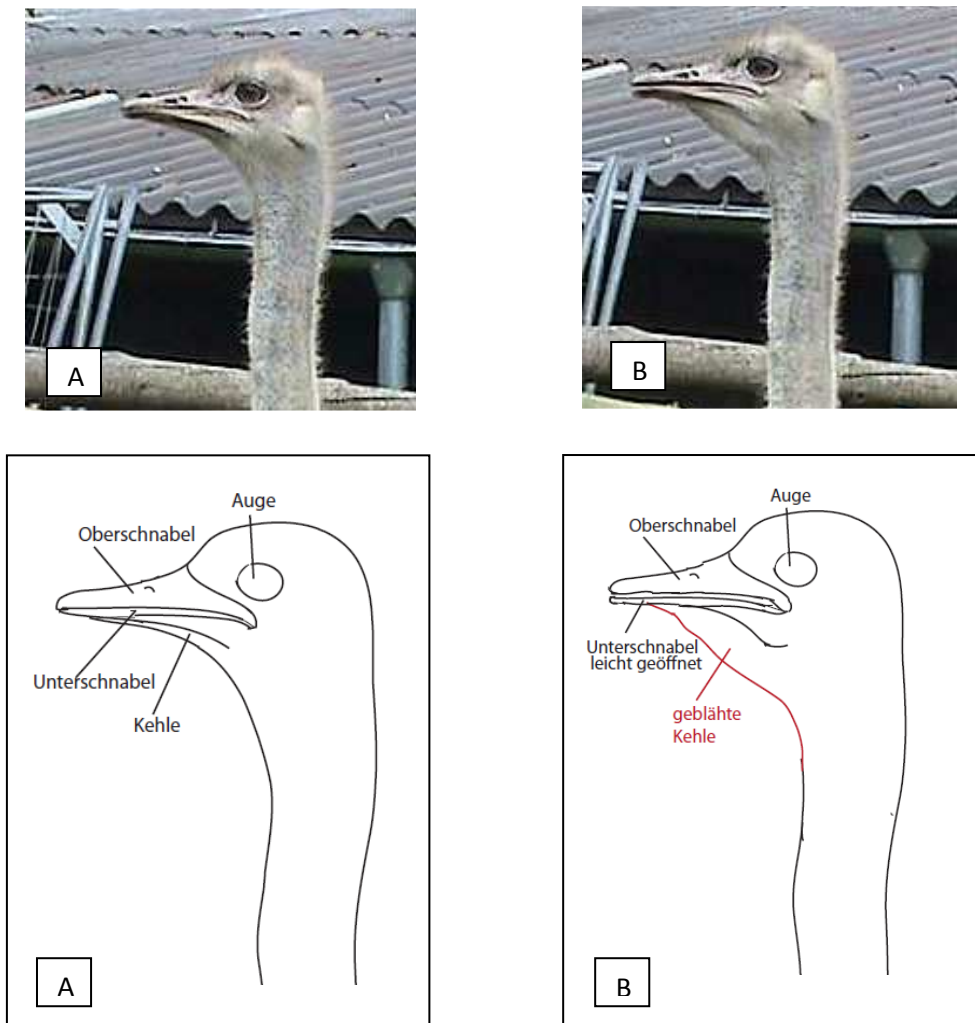


Abb.2: Foto und Skizze eines Straußweibchens vor (A) und während (B) des Demutslautes

Paarungslaut

Ein Männchenlaut war der Paarungslaut, der zehnmal aufgenommen werden konnte und von dem die Dauer und die Frequenz gemessen wurden.

Durchschnittlich dauerte ein Paarungslaut $0,413 \pm 0,208$ Sekunden und die Pause zwischen diesen in einer Lautserie dauerte $1,303 \pm 0,763$ Sekunden. Die mittlere Grundfrequenz lag bei $112,7 \pm 13$ Hertz, die erste Oberschwingung bei $158,7 \pm 9$ Hertz, die zweite bei $252,1 \pm 38$ Hertz und die dritte bei $299,3 \pm 19$ Hertz. Bei manchen Lauten waren auch noch weitere Obertöne messbar, so hatte die vierte Oberschwingung im Mittel $347,8 \pm 23$ Hertz und die fünfte $396,5 \pm 18$ Hertz. Die Dauer der

Paarungslaute reichte von 0,143 bis zu 0,808 Sekunden und die Pausen dauerten zwischen 0,293 und 2,188 Sekunden. Die tiefste Grundfrequenz lag bei 99 Hertz, die höchste bei 131 Hertz (Tab.2).

Tab.2: Paarungslaute (n= 10) eines Straußmännchens, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0), erster bis dritter Oberschwingung (F1-F3) in Hertz [Hz] und der Pausendauer zwischen den Lauten in Sekunden [s], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 10)		
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,143-0,808	0,413	0,208
F0 [Hz]	99-131	112,7	13
F1 [Hz]	146-170	158,7	9
F2 [Hz]	169-293	252,1	38
F3 [Hz]	273-325	299,3	19
Pause [s]	0,293-2,188	1,303	0,763

Insgesamt dauerte die Paarungslautserie, also alle Laute und Pausen, 15,853 Sekunden, wobei es in der Lautreihe keine stetige Zu- oder Abnahme in der Dauer oder Frequenz gab. Das Weibchen produzierte währenddessen Hu-Laute. Der erste lag in der Pause zwischen dem zweiten und dritten Laut, dauerte 0,194 Sekunden und hatte die Grundfrequenz bei 284 Hertz und die Oberschwingung bei 345 Hertz. Der zweite Hu-Laut lag in der Pause zwischen dem fünften und sechsten Laut, dauerte 0,183 Sekunden und dessen Grundfrequenz lag bei 282 Hertz, die Oberschwingung bei 354 Hertz.

Die Paarungslaute wurden vom Männchen während der Kopulation produziert, es waren tiefe, brummige und aneinandergereihte Laute. Die Form der Laute waren wellenförmige Schwingungen, die aus einem Grund- und mehreren Obertönen bestanden (Abb.3).

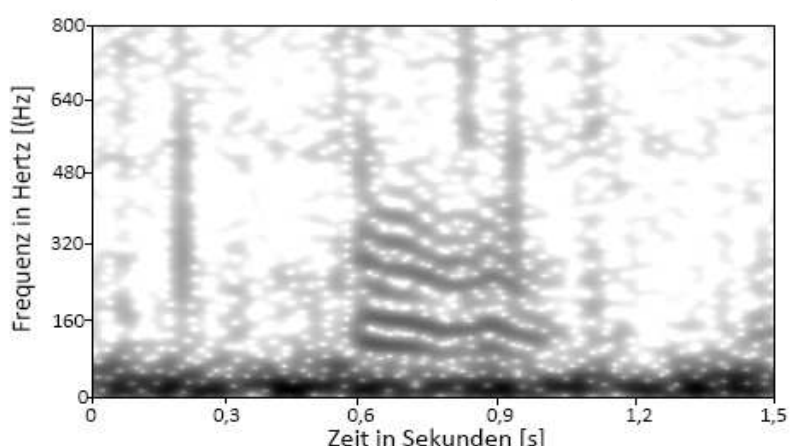


Abb.3: Paarungslaut eines Straußenmännchens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseereinstellungen in PRAAT waren: view range 0-800 (Hz), window lenght 0,08 (s), dynamic range 75,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Der Laut wurde vom Männchen produziert, als es zu seinem Höhepunkt kam, gegen Ende der Paarung. Vor der Paarung produzierte das Weibchen die Demutsgeste und setzte sich auf den Boden, dann trippelte das Männchen hinter dem Weibchen kurz am Stand und setzte sich auf sie. Der Hahn flatterte mit gespreizten Flügeln rauf und runter und sein Hals war auf den Rücken angelegt und schwang auf die Seiten, aber das passierte immer seitenverkehrt, also wenn der Kopf links war wurde der rechte Flügel hoch gehoben und umgekehrt. Insgesamt dauerte die Paarung knapp eine Minute und der Laut wurde erst im letzten Drittel produziert, dabei war der Schnabel geschlossen. Schon etwas vor dem Laut wurde die obere Halshälfte seitlich und vorne aufgebläht und wenn das Tier vokalisierte wurde der Hals aufgerichtet und zu den Seiten geschwungen (Abb.4). Das Weibchen hatte anfangs den Hals gehoben und pendelte damit auf die Seiten, später nahm sie den Hals runter, fraß sogar und es wurden von ihr zwei Hu-Laute produziert.

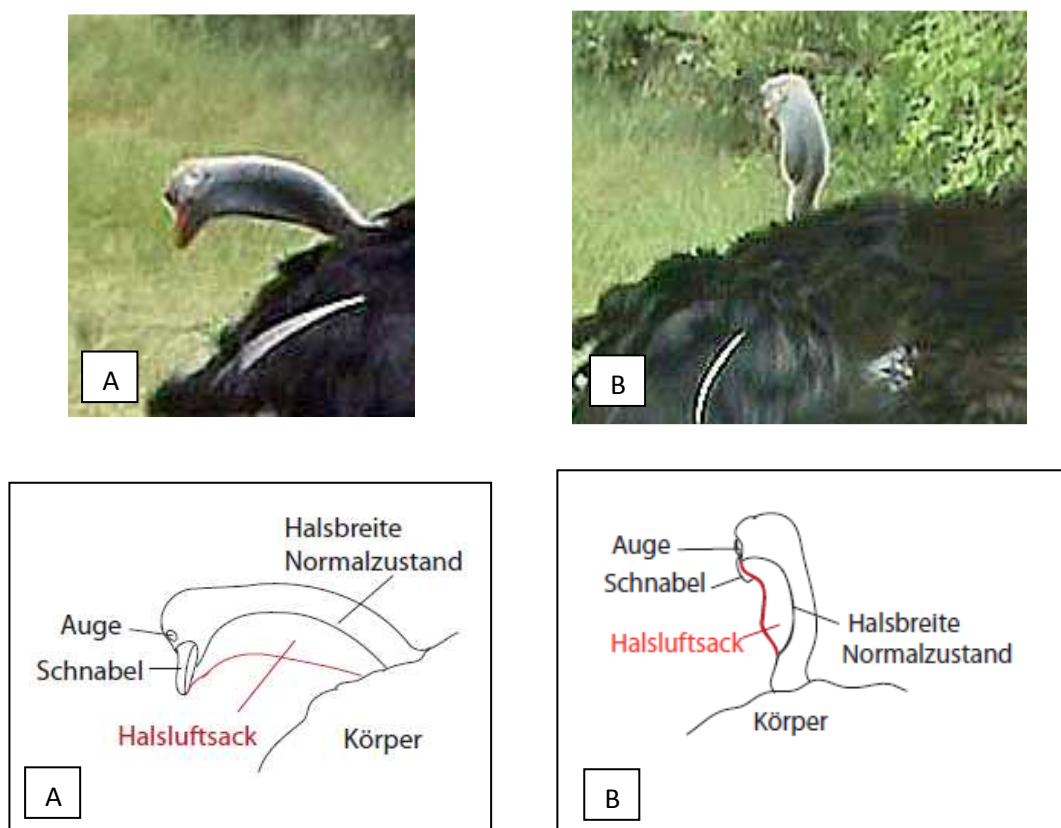


Abb.4: Foto und Skizze, Seitenansicht (A) und von hinten (B), eines Straußenmännchens bei der Produktion des Paarungslautes

Fauchen

Es konnten 157 Fauchlaute analysiert werden, von denen die Dauer, stärkste Frequenz und HNR gemessen wurden.

Alle Fauchlaute zusammen (Tab.3) hatten durchschnittlich eine Dauer von $0,357 \pm 0,243$ Sekunden, die stärkste Frequenz lag bei $3148,5 \pm 1618$ Hertz und die HNR hatte $19,9 \pm 9$ Dezibel. Wobei die

Bandbreite der Dauer von 0,098 bis 1,44 Sekunden reichte, die stärkste Frequenz lag zwischen 1147 und 9156 Hertz und die HNR war am niedrigsten mit 0,129 Dezibel und am höchsten mit 38,749 Dezibel.

Tab.3: Fauchlaute (n= 157) der Strauße, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz] und HNR in Dezibel [dB], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 157)		
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,098-1,44	0,357	0,243
F0 [Hz]	1147-9156	3148,5	1618
HNR [dB]	0,129-38,749	19,9	9

Die Fauchlaute konnten manchmal einem Geschlecht zugeordnet werden und so wurden von diesem Lauttyp 32 von Weibchen und 43 von Männchen erzeugt (Tab.4). Im Vergleich hatten die weiblichen Individuen durchschnittlich eine kürzere Dauer bei den Fauchlauten, mit $0,370 \pm 0,246$ Sekunden, dagegen dauerten die der männlichen Tiere $0,419 \pm 0,276$ Sekunden. Auch die mittlere stärkste Frequenz war bei den Hennen geringer, mit $2948,5 \pm 1303$ Hertz, als bei den Hähnen, mit $3313,9 \pm 1496$ Hertz. Die durchschnittliche HNR war auch bei den Männchen höher, mit $21,7 \pm 8$ Dezibel, im Gegensatz zu den Weibchen mit $21,2 \pm 9$ Dezibel. Wobei unter den Einzelwerten auch die Männchen die längste und kürzeste Dauer hatten, mit 1,44 und 0,101 Sekunden, sowie die tiefste und die höchste stärkste Frequenz, mit 1328 Hertz und 7173 Hertz. Die HNR der einzelnen Fauchlaute hatte den niedrigsten, mit 0,1 Dezibel und den höchsten Wert, mit 38,8 Dezibel, beim Weibchen.

Tab.4: Vergleich der Fauchlaute der Strauße zwischen den Weibchen (w, n= 32) und Männchen (m, n= 43), mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz] und HNR in Dezibel [dB], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	w (n= 32)			m (n= 43)		
	Spannweite	MW	Stabw	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,129-1,359	0,37	0,246	0,101-1,44	0,419	0,276
F0 [Hz]	1452-6552	2948,5	1303	1328-7173	3313,9	1495
HNR [dB]	0,1-38,8	21,2	9	2,3-34,7	21,7	8

Weiters konnten die Fauchlaute während Kämpfen zwischen dem angreifenden Männchen, mit 10 Lauten, und dem verfolgten Männchen, mit 3 Lauten, unterschieden werden (Tab.5). So war die durchschnittliche Dauer der Opfer von $0,574 \pm 0,208$ Sekunden länger, als die der Angreifer mit $0,367 \pm 0,381$ Sekunden. Die stärkste Frequenz lag im Mittel bei $3691,4 \pm 1612$ Hertz bei den Angreifern,

somit höher als bei den verfolgten Individuen, bei denen diese bei $2471 \pm 1028,7$ Hertz lag. Die durchschnittliche HNR war wieder bei den Opfern höher mit $24,1 \pm 4$ Dezibel, im Gegensatz zum Angreifer mit $20,8 \pm 10$ Dezibel. Bei den einzelnen Fauchlauten hatte der Angreifer die kürzeste Dauer mit 0,168 Sekunden und auch die längste mit 1,44 Sekunden. Die angreifenden Individuen hatten auch bei der stärksten Frequenz den tiefsten, mit 1484 Hertz und höchsten Wert, mit 5890 Hertz. Die HNR in den Einzellaute war beim angreifenden Männchen am niedrigsten und am höchsten, mit 2,3 Dezibel und 33 Dezibel.

Tab.5: Vergleich der Fauchlaute der Straußmännchen zwischen angreifenden Individuen (ang, n= 10) und flüchtenden Individuen (opfer, n= 3), mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz] und HNR in Dezibel [dB], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	ang (n=10)			opfer (n= 3)		
	Spannweite	MW	Stabw	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,168-1,44	0,367	0,381	0,345-0,75	0,574	0,208
F0 [Hz]	1484-5890	3691,4	1612	1684-3635	2471	1028,7
HNR [dB]	2,3-33	20,8	10	20,2-27,5	24,1	4

Das Fauchen war rauschhaft und breitbandig (Abb.5), es strahlte bis zu 20 Kilohertz hinauf aus.

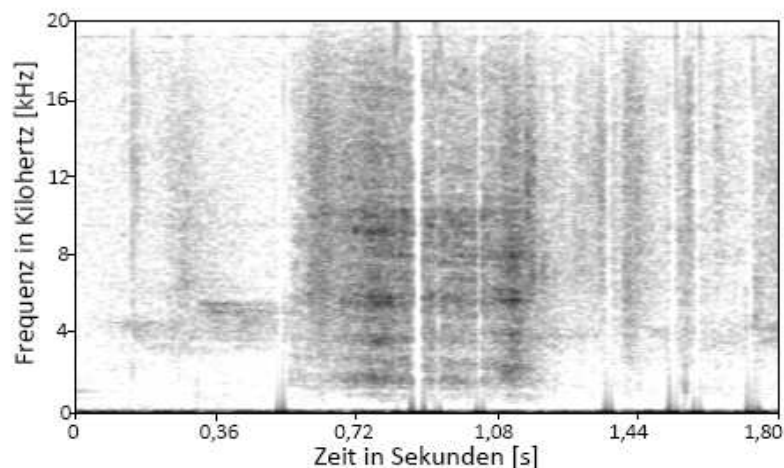


Abb.5: Fauchlaut eines Straußenmännchens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren: view range 0-20000 (Hz), window length 0,003 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Die Körperhaltung während des Fauchens war ein gestreckter Körper, so machte sich das Tier noch größer, die Flügel waren weggespreizt und die Federn, vor allem die des Halses, waren aufgeplustert. Der Schnabel war beim Fauchen weit aufgerissen, aber auch schon vor dem Fauchen und danach

(Abb.6). Die Flügel flatterten oder schwangen auch bei manchen Fauchlauten und der Schwanz war aufgestellt. Es wurde beim Fauchen außerdem auf das andere Tier hingefahren mit dem Kopf, besonders bei Kämpfen zwischen zwei Männchen. Dabei wurden dann noch zusätzlich die Körper gegeneinander geworfen, getreten und in die Hälse gezwickt. Das Fauchen kam als Drohung der Männchen den Weibchen und anderen Männchen gegenüber, die Weibchen fauchten aber nur andere Hennen und keine Hähne an. Zwischen den Männchen kam es auch zu Kämpfen und Verfolgungen mit Tritten und Fauchen. Den Weibchen gegenüber fauchten die Männchen nur, die Hennen sind dann ausgewichen und es wurde keine körperliche Attacke daraus.

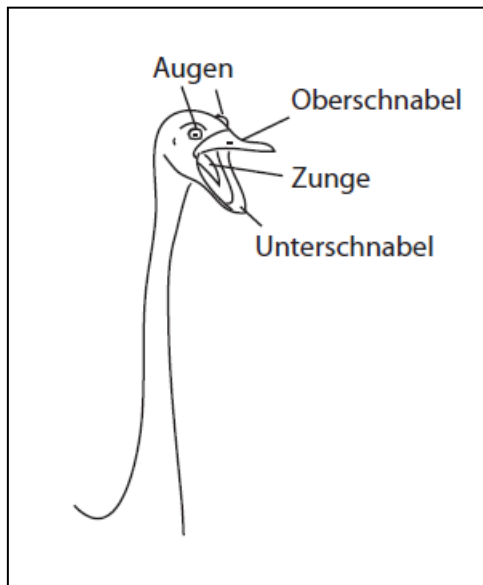


Abb.6: Skizze und Foto eines Straußenweibchens beim Fauchen

Boominglaut

Vom Boominglaut der Männchen wurden 30 Laute in sieben Wiederholungsreihen aufgenommen und davon wurden die Dauer des Lautes und seiner Silben, die Pausen zwischen diesen und die Grundfrequenzen gemessen.

Ein Boominglaut bestand aus drei Silben und die Laute wurden wiederholt, wodurch Lautserien entstanden (Tab.6). Durchschnittlich dauerte ein Boominglaut $3,489 \pm 0,319$ Sekunden, wobei die kürzeste Dauer $2,957$ und die längste $4,036$ Sekunden betrug. Die mittlere Grundfrequenz lag in der ersten Silbe bei $196,5 \pm 18$ Hertz, in der zweiten bei $183,2 \pm 17$ Hertz und in der dritten bei $162,9 \pm 14$ Hertz. Dabei gab es eine Spannweite der Grundfrequenz von 162 bis 226 Hertz in der ersten Silbe, 154 bis 220 Hertz in der zweiten und 143 bis 196 Hertz in der dritten (Abb. 7). Die Dauer der einzelnen Silben des Lautes war unterschiedlich lang, so dauerte die erste Silbe im Durchschnitt $0,373 \pm 0,049$ Sekunden, die zweite $0,315 \pm 0,049$ Sekunden und die dritte $0,902 \pm 0,208$ Sekunden.

Dabei reichten die Einzelwerte von 0,268 bis 0,474 Sekunden im ersten Teil des Lautes, von 0,184 bis 0,389 Sekunden im mittleren Teil und von 0,605 bis 1,442 Sekunden im letzten. Zwischen den Silben gab es auch Pausen und diese hatten eine durchschnittliche Dauer von $0,942 \pm 0,197$ Sekunden zwischen der ersten und zweiten Silbe und $0,957 \pm 0,138$ Sekunden zwischen den letzten beiden Silben. Die Dauer der ersten Pause lag dabei zwischen 0,688 und 1,377 Sekunden, die zweite Pause dauerte zwischen 0,645 und 1,17 Sekunden. Da die Laute wiederholt wurden, gab es auch Pausen zwischen den Boominglauten, diese waren durchschnittlich $1,716 \pm 0,333$ Sekunden lang und hatten eine Bandbreite von 1,086 bis 2,452 Sekunden.

Tab.6: Boominglaute (n= 30) der Straußmännchen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz der ersten bis dritten Silbe (1.F0 - 3.F0) in Hertz [Hz], der Dauer der ersten bis dritten Silbe (1. – 3. Dauer), der Pausenlänge zwischen den Silben (P 1.-2. und P 2.-3.) und der Pausendauer zwischen den Lauten (P Laut) in Sekunden [s], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 30)		
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	2,957-4,036	3,489	0,319
1. F0 [Hz]	162-226	196,5	18
2. F0 [Hz]	154-220	183,2	17
3. F0 [Hz]	143-196	162,9	14
1. Dauer [s]	0,268-0,474	0,373	0,049
2. Dauer [s]	0,184-0,389	0,315	0,049
3. Dauer [s]	0,605-1,442	0,902	0,208
P 1.-2. [s]	0,688-1,377	0,942	0,197
P 2.-3. [s]	0,645-1,17	0,957	0,138
P Laut [s]	1,086-2,452	1,716	0,333

Die Anzahl der Laute einer Boomingserie reichte von drei bis sechs Wiederholungen, so konnten insgesamt sieben solcher Serien aufgenommen werden und diese hatten eine durchschnittliche Gesamtdauer von $20,589 \pm 5,299$ Sekunden und bestand aus 4 ± 1 Lauten. Im Verlauf der Lautserie gab es keine stetige Abnahme oder Zunahme der Lautdauer und auch nicht der Silbendauer. Die Grundfrequenz nahm zwar im Laut von der ersten zur dritten Silbe ab, aber im Verlauf der Lautserie kam es zu keinem direkten Anstieg oder Abfall der Frequenz. Die Pausenlängen zwischen den Lauten nahmen im Verlauf der Wiederholungen meistens zu, mit einer Ausnahme in der sie abnahmen. Zwischen den ersten beiden Silben variierten die Pausendauern im Verlauf der Lautserie, während es zwischen der zweiten und dritten Silbe zu einer Verringerung der Pausenlänge kam.

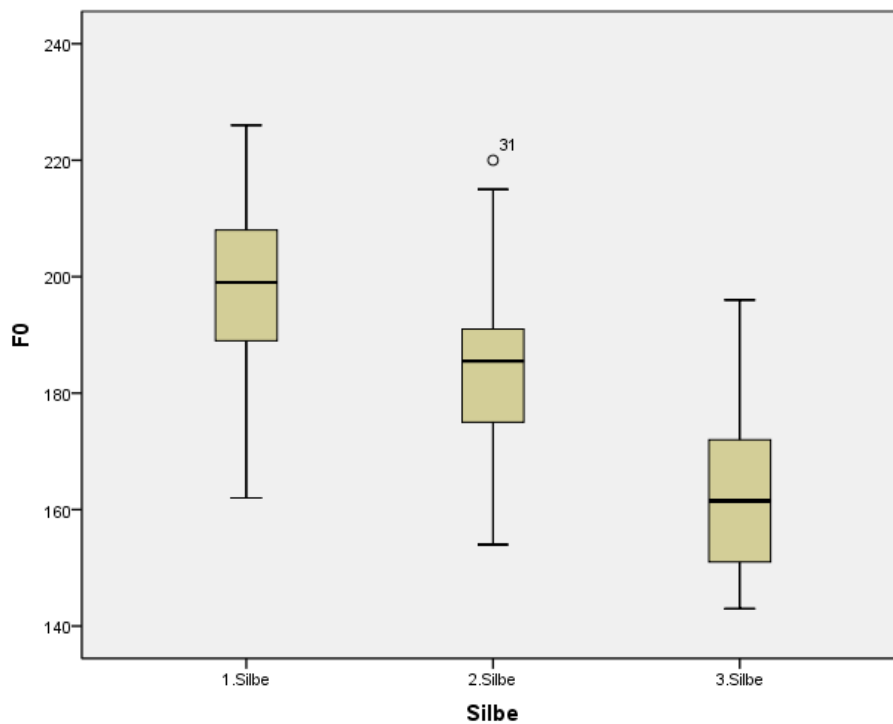


Abb.7: Boxplot der Grundfrequenz (F0) der drei Silben (n= 30) der Boominglaute der Straußenmännchen, dabei ist der kleine Kreis ein Ausreißer.

Der Boominglaut bestand also aus drei Silben (Abb.8) und mehrere Laute wurden nacheinander in Serie produziert. Von diesen Silben waren die ersten beiden kurz und hatten eine Bogenform oder die Form eines umgedrehten U, wobei die zweite Silbe etwas kürzer dauerte als die erste und die letzte Silbe war lang gezogen und hatte am Beginn einen Anstieg und das Ende war abfallend.

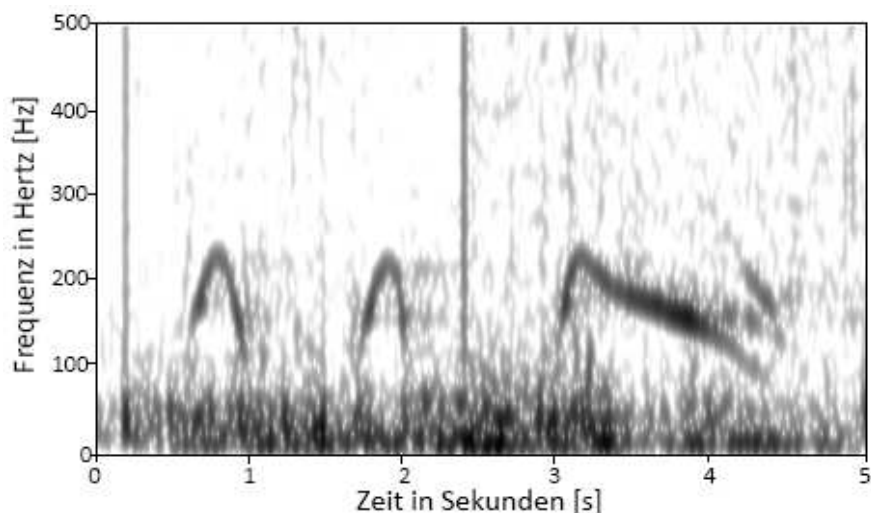


Abb.8: Dreisilbiger Boominglaut eines Straußenmännchens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseinstellungen in PRAAT waren: view range 0-500 (Hz), window lenght 0,08 (s), dynamic range 75,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Dieser Laut wurde im Stehen produziert, dabei war das Gefieder aufgeplustert, die Flügel hatten eine normale Haltung, der Schwanz war auch normal nach unten gerichtet, aber der Halsluftsack war stark aufgebläht (Abb.9). Fast der ganze Hals bis zum weißen Ring war gedehnt, auch noch etwas nach dem Laut war der Hals breiter. Das Booming kann aber auch im Sitzen produziert werden, doch leider war der lautproduzierende Vogel nicht immer sichtbar, aber wenn dann waren es Männchen die ihr Revier damit anzeigten.

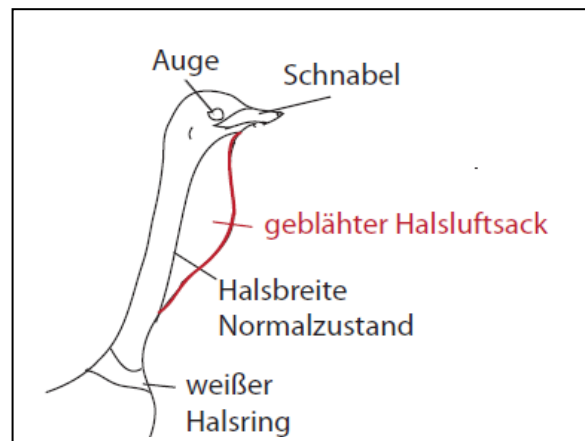


Abb.9: Foto und Skizze des Straußenmännchens beim Boominglaut

Brummen

Das Brummen wurde dreimal aufgenommen und immer von Männchen produziert. Bei diesem Lauttyp wurden die Dauer und die Frequenzen gemessen.

Durchschnittlich hatten die Brummlaute (Tab.7) eine Dauer von $0,316 \pm 0,06$ Sekunden, die Grundfrequenz und die fünf gemessenen Obertöne lagen bei $75,3 \pm 7$ Hertz, $150,3 \pm 13,9$ Hertz, 273 ± 32 Hertz, $348,7 \pm 29$ Hertz, $427,3 \pm 41$ Hertz und 522 ± 46 Hertz. Die Dauer dieses Lautes lag zwischen 0,257 und 0,377 Sekunden und die Grundschiwingung reichte von 67 bis 81 Hertz.

Tab.7: Brummlaute (n= 3) von Straußenmännchen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0), erste bis fünfte Oberschwingung (F1-F5) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		(n= 3)	
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,257-0,377	0,316	0,06
F0 [Hz]	67-81	75,3	7
F1 [Hz]	135-162	150,3	14
F2 [Hz]	242-306	273	32
F3 [Hz]	326-381	348,7	29
F4 [Hz]	400-474	427,3	41
F5 [Hz]	471-559	522	46

Der Brummlaut bestand aus harmonischen und subharmonischen Obertönen (Abb.10), wobei die Grundschiwingung nicht immer die dominante Frequenz war.

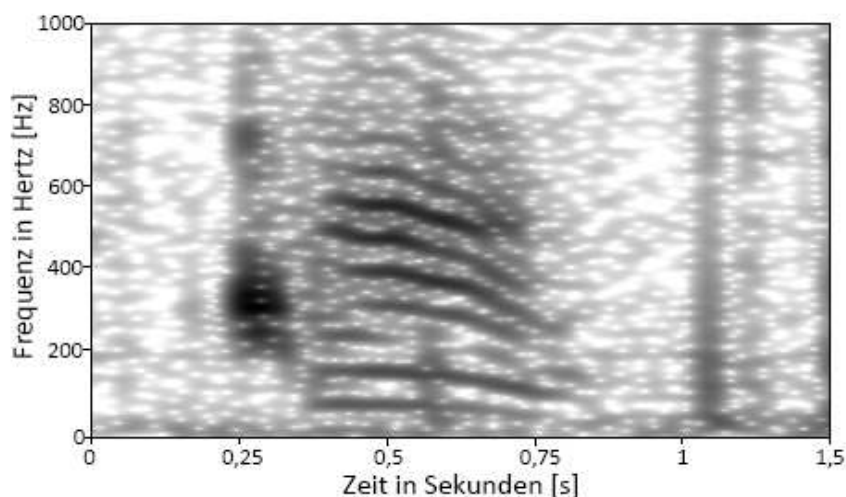


Abb.10: Brummlaut eines Straußenmännchens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren view range 0-1000 (Hz), window lenght 0,08 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Dieser Laut klang wie ein tiefes „mmm“ und wurde vom Männchen einmal in einer Situation geäußert, als das Weibchen ihm gegenüber den Demutslaut abgab. In einer zweiten Situation wurde der Laut zwischen Fauchlauten erzeugt. Bei diesem Lauttyp konnte die Körperhaltung nicht gut beobachtet werden.

Hu-Laut

Von den Hu-Lauten konnten 16 analysiert werden, gemessen wurden dabei die Dauer, die Grundfrequenz und Oberschwingungen.

Insgesamt hatte dieser Lauttyp (Tab.8) im Mittel eine Dauer von $0,164 \pm 0,045$ Sekunden, eine Grundfrequenz von $146,7 \pm 42$ Hertz und die erste Oberschwingung lag bei $257,2 \pm 56$ Hertz und die zweite bei $401,4 \pm 123$ Hertz. Die Spannweite der Dauer reichte von 0,107 bis 0,25 Sekunden und die Grundfrequenz lag zwischen 84 und 211 Hertz. Die erste Oberschwingung reichte von 169 bis 350 Hertz und die zweite von 269 bis zu 677 Hertz.

Tab.8: Hu-Laute (n= 16) von Straußen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) und zwei Oberschwingungen (F1, F2) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 16)		
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,107-0,25	0,164	0,045
F0 [Hz]	84-211	146,7	42
F1 [Hz]	169-350	257,2	56
F2 [Hz]	269-677	401,4	123

Bei diesem Lauttyp hatten die meist harmonischen Schwingungen eine gerade Form, manchmal waren sie abfallend und nicht bei allen Lauten war die Grundfrequenz dominant (Abb.11). Es kam auch einmal vor, dass der Hu-Laut direkt an einen Up-Laut anschloss, ohne Pause dazwischen.

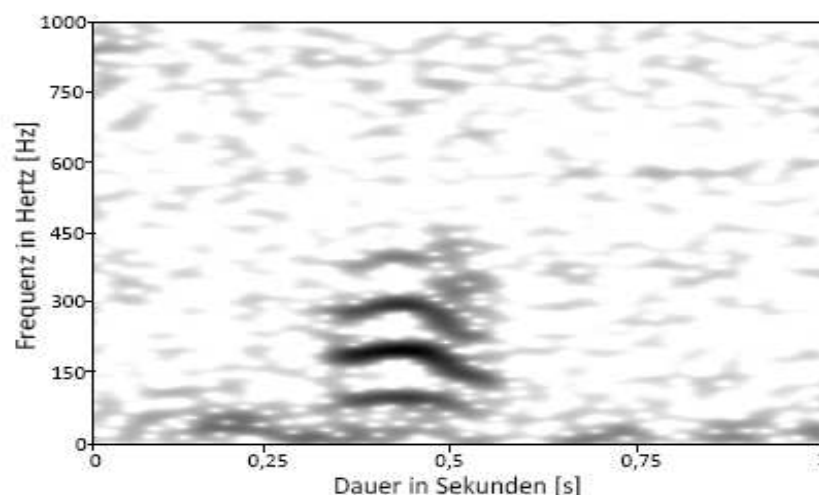


Abb.11: Hu-Laut eines Straußenweibchens, angegeben in Frequenz gegen Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren: view range 0-1000 (Hz), window lenght 0,08 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Der Hu-Laut wurde von beiden Geschlechtern produziert und die Körperhaltung war wie beim Up-Laut. Oft wurde er in Verbindung mit den Fauchlauten und den Demutslauten anderer Individuen produziert, aber auch vom Weibchen während der Paarung.

Up-Laut

Der Up-Laut wurde 65-mal analysiert, dabei wurde die Dauer, Grund- und Oberschwingung gemessen.

Im Durchschnitt hatten alle Up-Laute (Tab.9) eine Dauer von $0,149 \pm 0,070$ Sekunden, eine Grundschiwingung bei $405,6 \pm 97$ Hertz und eine Oberschwingung bei $778,3 \pm 182$ Hertz. Die kürzeste Dauer hatte 0,044 Sekunden und die längste Dauer betrug 0,364 Sekunden. Die Grundfrequenz lag zwischen 238 und 721 Hertz und die Oberschwingung zwischen 430 und 1388 Hertz.

Tab.9: Up-Laute (n= 65) von Straußen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) und erster Oberschwingung (F1) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 65)		
	<u>Spannweite</u>	<u>MW</u>	<u>Stabw</u>
Dauer [s]	0,044-0,364	0,149	0,07
F0 [Hz]	238-721	405,6	97
F1 [Hz]	430-1388	778,3	182

Der Up-Laut hatte eine Bogenform, wie ein verkehrtes U, mit einer Oberschwingung (Abb.12) und wurde wenn es zuordenbar war von Weibchen und zweimal von einem Männchen, wobei eines das Opfer eines Angriffs war, produziert. Er wurde häufig zwischen dem Fauchen und Demutslauten anderer Individuen produziert.

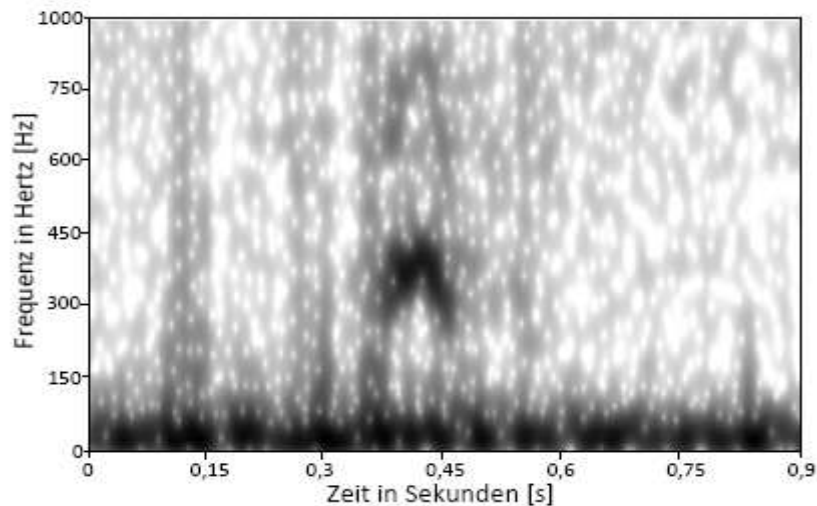


Abb.12: Up-Laut eines Straußenweibchens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren: view range 0-1000 (Hz), window lenght 0,03 (s), dynamic range 75,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Während des Up-Lautes und auch des Hu-Lautes war der Schnabel geschlossen und die Kehle kurz aufgebläht, das schaute aus als würde das Tier etwas schlucken (Abb.13). Der Hals war mehr in einer S-Kurve gehalten und der Kopf ganz leicht nach unten gerichtet. Die Flügel waren während des Lautes angelegt und nach dem Laut manchmal leicht geöffnet, aber hängend. Wenn es Individuen zuordenbar war, waren es Weibchen und einmal ein Männchen das flüchtete.

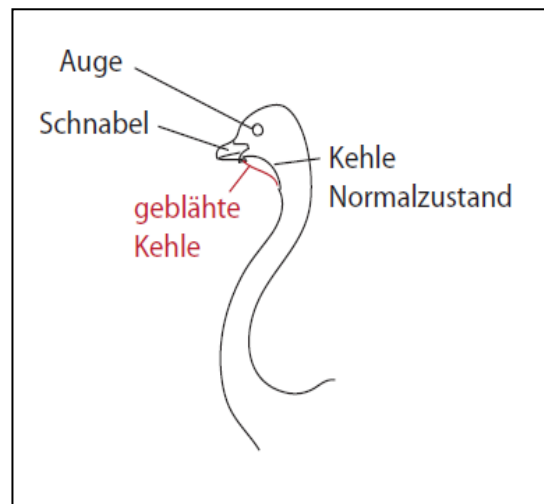


Abb.13: Foto und Skizze eines Straußenweibchens während eines Up-Lautes, als es vor einem anderen Tier angefaucht wird.

Guttural

Der Gutturallaut konnte neunmal aufgenommen und analysiert werden, dabei wurden die Dauer, Grundschwingung und Obertöne gemessen.

Durchschnittlich hatten die Gutturallaute (Tab.10) eine Dauer von $1,423 \pm 0,673$ Sekunden, eine Grundfrequenz von $306,9 \pm 16$ Hertz, eine erste Oberschwingung bei 540 ± 72 Hertz und eine zweite bei $732,5 \pm 194$ Hertz. Die Dauer hatte eine Spannweite von 0,865 bis 3,074 Sekunden, die Grundfrequenz reichte von 283 bis 329 Hertz, die erste Oberschwingung lag zwischen 465 und 658 Hertz und die zweite zwischen 555 und 985 Hertz.

Tab.10: Gutturallaute (n= 9) von Straußen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) und zwei Oberschwingungen (F1, F2) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		(n= 9)	
	Spannweite	MW	Stabw
Dauer [s]	0,865-3,074	1,423	0,673
F0 [Hz]	283-329	306,9	16
F1 [Hz]	465-658	540	72
F2 [Hz]	555-985	732,5	194

Der Laut klingt kehlig oder wie ein Gurren und war teils rauschhaft, mit harmonischen und subharmonischen Teilen in Wellen, manchmal auch durchgehend erkennbare gerade Schwingungen (Abb.14).

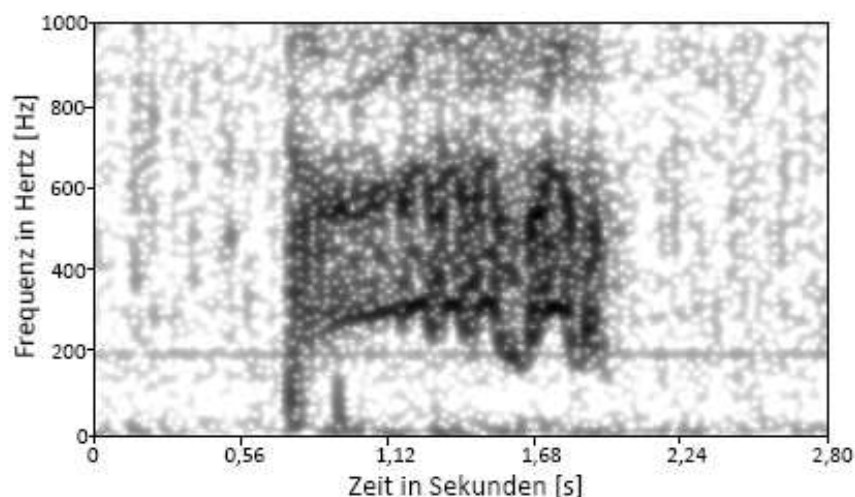


Abb.14: Gutturallaut eines Straußen, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Einstellungen zur Analyse in PRAAT waren: view range 0-1000 (Hz), window length 0,08 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Dieser Lauttyp wurde immer zwischen den Demutslauten produziert und war einmal beobachtbar, da wurde dieser von einem weiblichen Individuum abgegeben.



Abb.15: Guttural: Foto und Skizze eines Straußenweibchens während des Gutturallautes

Beim Gutturallaut war der Schnabel leicht geöffnet, der Kehlluftsack aufgebläht, als wäre ein Tennisball verschluckt und der Kopf war gerade oben, bei gestreckten Hals (Abb.15). Die Flügel wurden weggehalten und es gab auch das Flügelklackern der Demut.

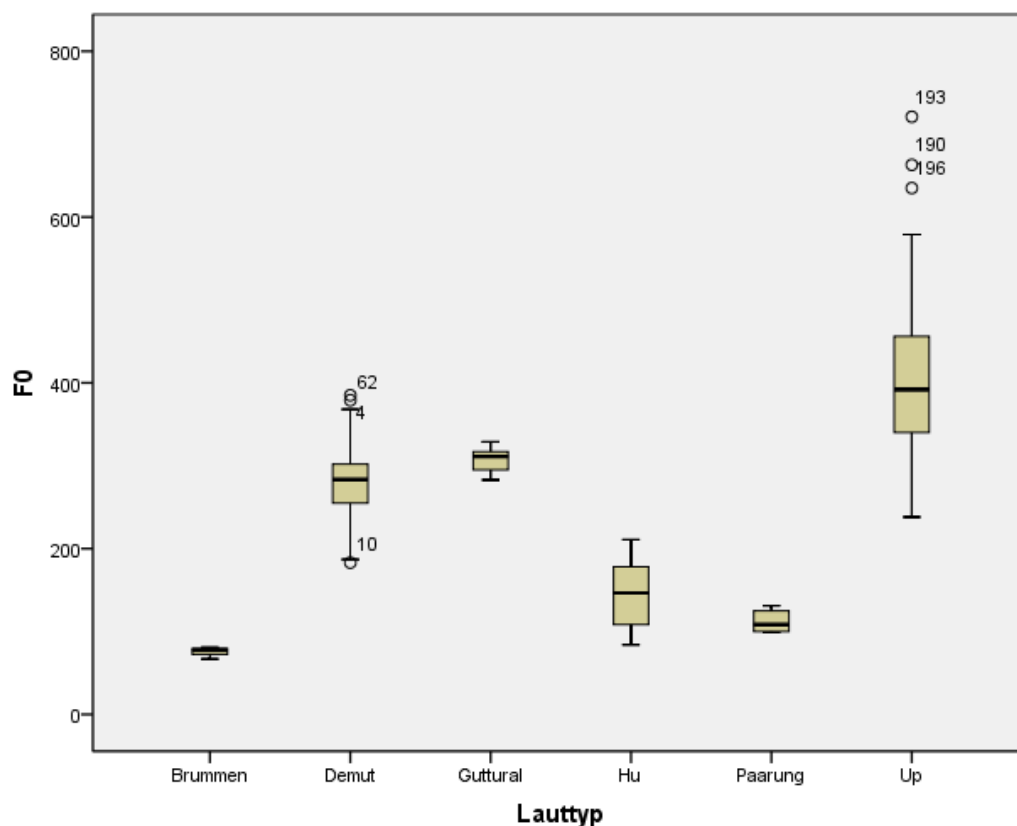


Abb.16: Boxplot der Grundfrequenz (F0) der sechs verschiedenen Straußenlaute Brummen (n= 3) Demutslaut (n= 102), Gutturallaut (n= 9), Hu-Laut (N= 16), Paarungslaut (N= 10) und Up-Laut (N=65), dabei sind die kleinen Kreise Ausreißer.

Im Vergleich der Lauttypen hatten die männlichen Laute, also die Paarungslaute, das Brummen, die Boominglaute und auch die Hu-Laute tiefere Frequenzen als die anderen Laute (Abb.16). Die Dauer war beim Brummen, den Up- und Hu-Lauten kürzer.

3.2. Familie der Struthionidae - Jungtiere

Bei den Küken des Straußes wurden drei unterschiedliche Lauttypen gefunden, Fieplaute, Einleitungspiepslaut und Triller, die alle aus Pulsen bestanden.

Fieplaute

Die 33 Fieplaute (Tab.11) dauerten durchschnittlich $0,311 \pm 0,324$ Sekunden, hatten $2,1 \pm 1$ Pulse, eine Grundfrequenz von $1293,9 \pm 152$ Hertz und eine Oberschwingung bei $2287,6 \pm 112$ Hertz. Die Spannweite der Dauer reichte von 0,026 bis 1,449 Sekunden, die der Pulse von einen bis sechs, die der Grundschiwingung von 981 bis 1608 Hertz und die Obertöne lagen zwischen 1489 und 3108 Hertz.

Tab.11: Fieplaute (n= 33) von Straußenküken, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) und Oberschwingung (F1) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 33)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,026-1,449	0,311	0,324
Pulsanzahl	1-6	2,1	1
F0 [Hz]	981-1608	1293,9	152
F1 [Hz]	1489-3108	2287,6	112

Produziert wurden diese Laute von einem drei Wochen alten Tier und mehreren zweiwöchigen Individuen (2w). Die Fieplaute waren bogenförmig, manchmal auch gerader und hatten eine Oberschwingung (Abb.17).

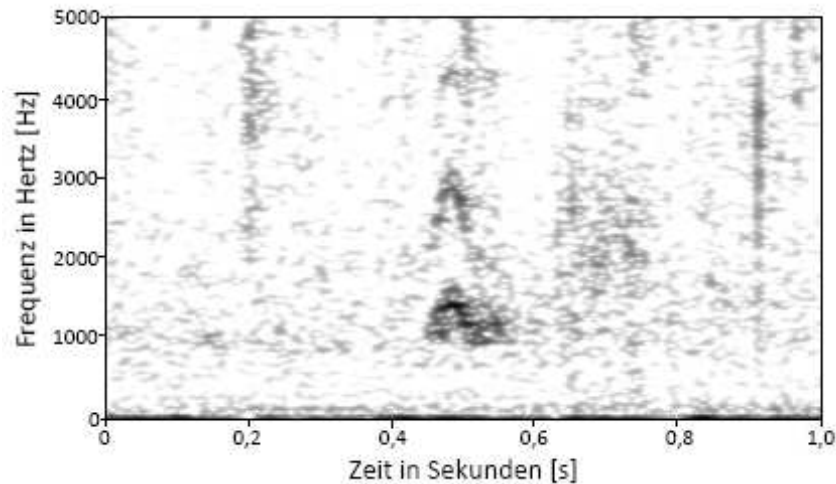


Abb.17: Fieplaut eines zwei Wochen alten Straußenkükens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseinstellungen in PRAAT waren: view range 0-5000 (Hz), window length 0,03 (s), dynamic range 65,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Der Fieplaut wurde von den Küken im stehen, sitzen und auch liegen produziert, dabei war der Schnabel leicht geöffnet und die Kehle „vibrierte“, sie blähte sich auf, aber nur während des Lautes (Abb.18). Gefiept wurde in der Gruppe, es diente als sozialer Kontaktlaut.

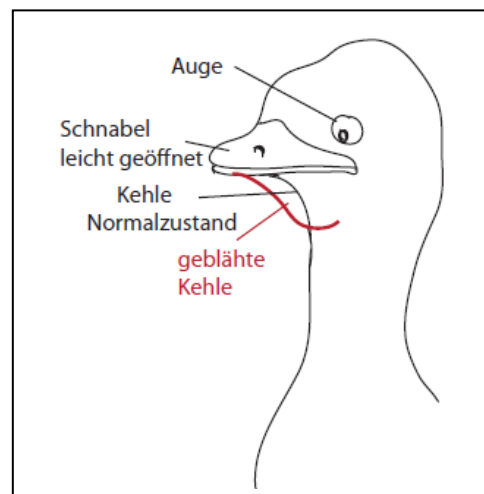


Abb.18: Foto und Skizze eines drei Wochen alten Straußkükens beim Fieplaut

Einleitungspiepslaut

Es gab 22 Einleitungspiepslaute die von zwei Individuen, K1 und K2, produziert wurden, die beide drei Wochen alt waren. Zwischen den Individuen wurde nicht unterschieden, da die Stichprobengröße von 20 beim Individuum K1 und 2 beim Individuum K2 zu unterschiedlich war.

Durchschnittlich (Tab.12) hatten alle Einleitungspiepslaute eine Dauer von $0,110 \pm 0,079$ Sekunden, eine Pulsanzahl von $1,7 \pm 1$, eine Grundfrequenz von $1281,1 \pm 212$ Hertz und eine Oberschwingung von $2274,7 \pm 571$ Hertz. Die Dauer reichte von 0,017 bis 0,337 Sekunden, die Anzahl der Pulse lag zwischen einen und drei, die Grundfrequenz reichte von 889 bis 1770 Hertz und die Oberschwingung lag in einem Bereich von 1154 bis 3313 Hertz.

Tab.12: Einleitungspiepslaute (n= 22) von Straußenküken, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) und Oberschwingung (F1) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 22)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,017-0,337	0,11	0,079
Pulsanzahl	1-3	1,7	1
F0 [Hz]	889-1770	1281,1	212
F1 [Hz]	1154-3313	2274,7	571

Der Einleitungspiepslaut hatte eine verkehrte L-Form, also einen Strich der oben nach rechts abbog oder die Pulse des Lautes waren nur nach rechts hin ansteigend (Abb.19).

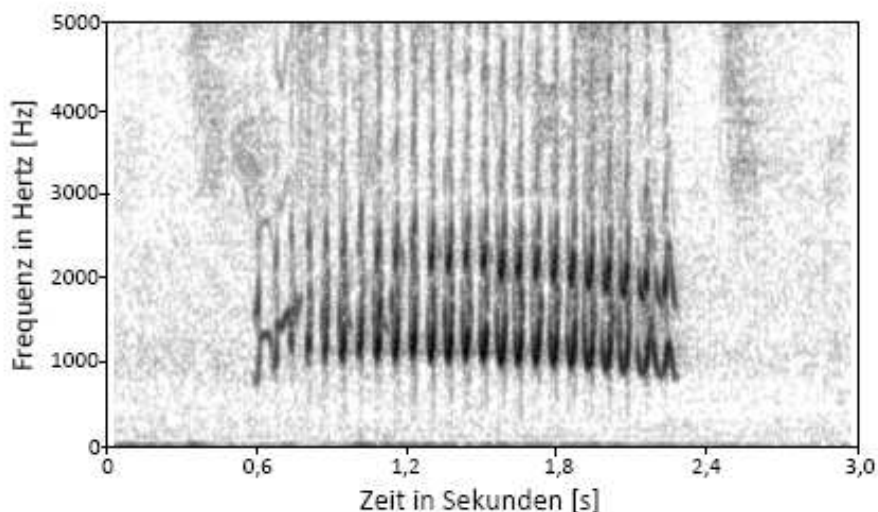


Abb.19: Einleitungspiepslaute und Trillerreihe eines dreiwöchigen Strauenkkens, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseinstellungen in PRAAT waren: view range 0-5000 (Hz), window lenght 0,03 (s), dynamic range 65,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Der Einleitungspiepslaut wurde immer während einer Trillerserie kurz vor den Trillerlauten produziert, der Abstand zum Triller betrug durchschnittlich $0,187 \pm 0,158$ Sekunden und hatte eine Spannweite von 0,007 bis 0,52 Sekunden.

Triller

Es wurden 30 Trillerlaute von drei Individuen aufgenommen, die alle jeweils drei Wochen alt waren und dieser Laut bestand aus einer Reihe von Pulsen. Im Durchschnitt hatten alle Trillerlaute (Tab.13) eine Pulsanzahl von $17,9 \pm 8$ bei einer Dauer von $1,241 \pm 0,649$ Sekunden. Die Grundfrequenz lag bei $1151,7 \pm 154$ Hertz und die Oberschwingung bei $2268,7 \pm 342$ Hertz. Der Beginn des Trillers hatte eine Grundfrequenz von $1279,6 \pm 203$ Hertz, während am Ende des Lautes diese bei $1073,8 \pm 191$ Hertz lag und dadurch ergab sich im Durchschnitt eine leicht abfallende Form der Pulse im Verlauf des Trillers.

Tab.13: Trillerlaute (n= 30) der Straußenküken, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) und Oberschwingung (F1) in Hertz [Hz], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 30)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,199-2,456	1,241	0,649
Pulsanzahl	3-32	17,9	8
F0 [Hz]	931-1509	1151,7	154
F1 [Hz]	1302-2947	2268,7	342

Die Trillereihen bestanden aus einer Serie von Trillerlauten, Einleitungspiepslauten und Fieplauten. Im Verlauf dieser Reihe gab es bei beiden Individuen keinen stetigen Anstieg oder Abfall der Frequenz, Dauer, Pulsanzahl oder den Pausen zwischen den Trillern. Die Pausen zwischen den Trillern waren länger als zwischen dem Einleitungspiepslaut und Triller, so dauerten die Intervalle zwischen den Trillern durchschnittlich $1,394 \pm 0,668$ Sekunden. In der Trillerreihe gab es keine Regelmäßigkeit für diesen Einleitungspiepslaut, das war variabel. So bestand etwa eine Trillerreihe aus 48 Lauten, die sich aufteilen in 23 Triller, 20 Einleitungspiepslaute, die nur am Ende bei den letzten drei Trillern fehlten und 5 Fieplauten und diese Serie dauerte insgesamt 63,601 Sekunden, wobei die Laute selbst 26,456 Sekunden ausmachten und die Pausen 37,145 Sekunden.

Der Trillerlaut hatte meistens eine leicht abfallende Grundfrequenz im Verlauf der Pulse, es gab aber auch Triller in denen die mittleren und oder hinteren Pulse höher waren. Auch die Intensität des Trillers war nicht immer gleichbleibend, so nahm diese mit der Zeit ab, deshalb waren manchmal die

letzten beiden Pulse schwächer, oder sie nahm zu, dann waren die letzten Pulse stärker. Dadurch waren die Trillerlaute individuell unterschiedlich in der Trillerreihe (Abb.19).

Beim Trillern blähte sich die Kehle etwas stärker auf, der Schnabel blieb geschlossen und im Hals war keine Änderung zu sehen. Der Laut wurde produziert, wenn sie hochgehoben wurden und von der Gruppe getrennt waren.

Im Vergleich der drei Lauttypen der Küken hatten die Triller die niedrigste Grundfrequenz (Abb.20), aber auch die längste Dauer, am kürzesten dauerten die Einleitungspiepslaute.

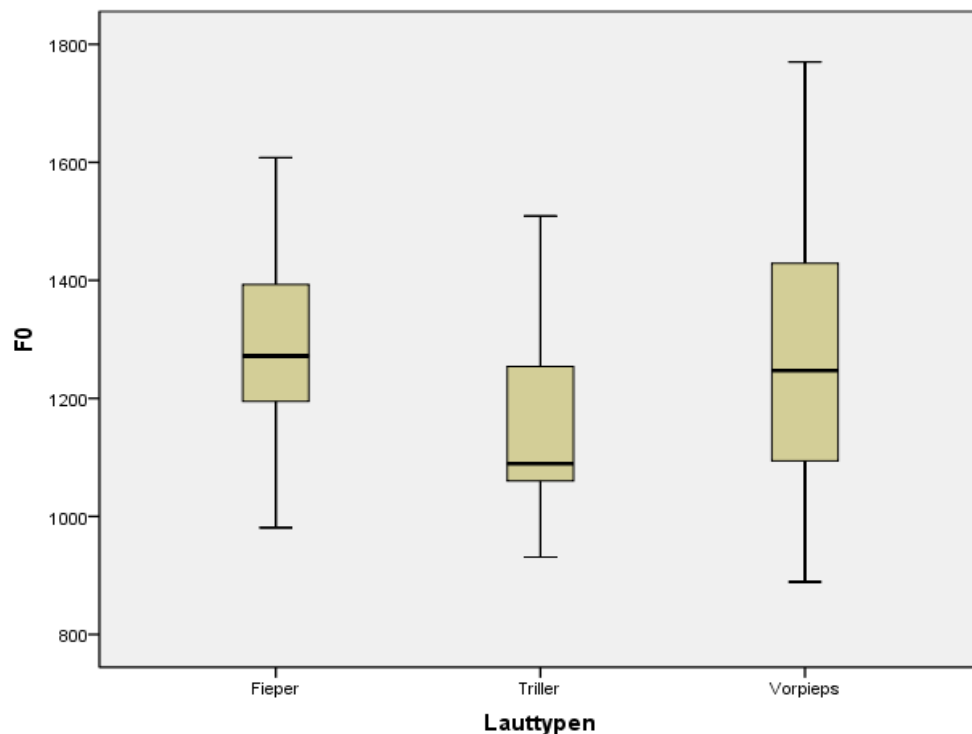


Abb.20: Boxplot der Grundfrequenz (F0) der Straußenkükenlaute, den Fieplaute (n= 33), den Triller (n= 30) und dem Einleitungspiepslaut (n= 22).

3.3. Familie der Rheidae

Beim Nandu konnten auf der Straußenfarm zwei Lauttypen aufgenommen werden, der typische Nandulaut und das Fauchen.

Fauchlaute

Es wurden 12 Fauchlaute aufgenommen, welche unterteilt wurden durch die lautproduzierenden Tiere, nämlich den Männchen, von denen 4 Fauchlaute waren und den brütenden Männchen, die 8 Fauchlaute produzierten, wobei es nicht nur zwei unterschiedliche Individuen waren. Gemessen wurden die Dauer, die Frequenz und die HNR dieses Lauttyps.

Durchschnittlich dauerten alle 12 Fauchlaute jeweils (Tab.14) $0,237 \pm 0,157$ Sekunden, die stärkste Frequenz lag bei $3507,8 \pm 1866$ Hertz und die HNR hatte $14,2 \pm 7$ Dezibel. Die Dauer reichte von 0,092 bis 0,667 Sekunden, die Grundfrequenz lag zwischen 1266 und 7190 Hertz und die HNR zwischen 2,3 und 26,4 Dezibel.

Tab.14: Fauchlaute (n= 12) der Nandus, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz] und HNR in Dezibel [dB], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 12)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,092-0,667	0,237	0,157
F0 [Hz]	1266-7190	3507,8	1866,3
HNR [dB]	2,3-26,4	14,2	7

Die vier Fauchlaute der Männchen (Tab.15) dauerten im Mittel $0,188 \pm 0,059$ Sekunden, hatten die stärkste Energie bei $3207,3 \pm 2680$ Hertz und die HNR war $15,7 \pm 6$ dB. Die Dauer lag zwischen 0,161 und 0,259 Sekunden, die Grundschiwingung lag zwischen 1391 und 7190 Hertz und die HNR reichte von 7 dB bis 20,3 dB. Die brütenden Männchen hatten acht Fauchlaute, die im Durchschnitt $0,2621 \pm 0,187$ Sekunden dauerten, die stärkste Energie bei $3658,1 \pm 1523$ Hertz hatten und die HNR war bei $13,5 \pm 8$ Dezibel. Die Dauer reichte von 0,092 bis 0,667 Sekunden, die Grundfrequenz lag zwischen 1266 und 5244 Hertz, die HNR betrug zwischen 2,3 und 26,4 Dezibel.

Tab.15: Fauchlaute der männlichen Nandus m (n= 4) und brütenden Nandumännchen mb (n= 8), mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz] und HNR in Dezibel [dB], deren jeweilige Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	mb (n= 8)			m (n= 4)		
	Spannweite	MW	Stabw.	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,092-0,667	0,262	0,187	0,122-0,256	0,188	0,059
F0 [Hz]	1266-5244	3658,1	1523	1391-7190	3207,3	2680
HNR [dB]	2,3-26,4	13,5	8	7-20,3	15,7	6

Somit dauerten die Fauchlaute der Brüter durchschnittlich länger, hatten eine höhere stärkere Energie, aber eine geringere HNR als die der Männchen die nicht brüteten.

Das Fauchen war ein rauschhafter, breitbandiger Lauttyp, dessen Länge variierte (Abb.21).

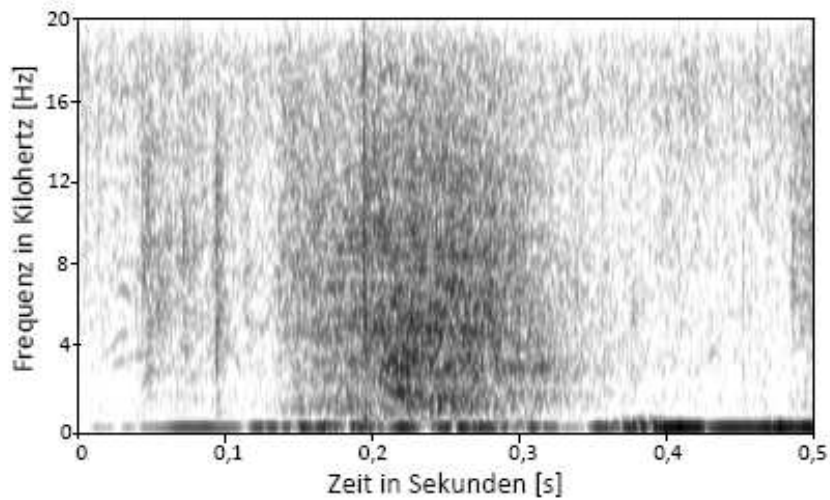


Abb.21: Fauchlaut eines männlichen Nandus, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren: view range 0-20000 (Hz), window length 0,003 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Beim Fauchen war der Schnabel weit geöffnet, allerdings schon vor und auch noch nach dem Laut selbst und mit dem Kopf wurde in Richtung des „Störers“ hin gefahren. Im Stehen waren die Federn, besonders am Hals und Kopf stark aufgeplustert und mit dem Schnabel wurde hingefahren. Im Sitzen wurde von dem brütenden Tier auch gefaucht, dabei saß es auf dem Nest, bedeckte dieses seitlich mit den ausgebreiteten Flügeln. Der Hals war in einer U-Kurve nach hinten auf dem Rücken gelegt und wurde dann bei einem Angriff und dem Fauchen nach vorne gefahren, dabei wurde auch geschnappt.

Nandulaut

Von dem typischen Nandulaut konnten drei analysiert werden, dabei wurden die Dauern und die Frequenzen gemessen. Diese Laute wurden von Männchen erzeugt, allerdings konnte nicht festgestellt werden ob es ein oder mehrere Hähne waren (Tab.16). Der Nandulaut besteht aus zwei Teilen und durchschnittlich dauerte der Laut insgesamt $0,870 \pm 0,112$ Sekunden, wobei davon der erste Teil $0,439 \pm 0,069$ Sekunden und der zweite $0,430 \pm 0,046$ Sekunden lang war. Die Dauer des gesamten Lautes reichte von 0,752 bis 0,974 Sekunden, die des ersten Abschnitts von 0,361 bis 0,493 Sekunden und des zweiten von 0,391 bis 0,481 Sekunden. Die Grundfrequenz lag durchschnittlich bei $116,3 \pm 6$ Hertz im ersten Teil und bei $92,3 \pm 4$ Hertz im zweiten Teil. Die Bandbreite der Grundschiwingung lag im ersten Abschnitt zwischen 110 und 120 Hertz, im zweiten zwischen 88 und 95 Hertz. Es gab bei diesen Lauten auch eine erste und teilweise zweite harmonische Oberschwingung, so lag im Mittel die erste Harmonische bei $234,7 \pm 14$ Hertz im ersten Teil, die Werte lagen dabei zwischen 219 und 245 Hertz, und bei 198 ± 9 Hertz im zweiten Teil, mit Einzelwerten zwischen 188 und 204 Hertz.

Tab.16: Nandulaute (n= 3), mit der gemessenen Dauer des gesamten Lautes (Dauer g), des ersten Teils (Dauer 1) und des zweiten Teils (Dauer 2) in Sekunden [s], der Grundfrequenz des ersten Lautteils (1. F0) und des zweiten Lautteils (2. F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		(n= 3)	
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer g [s]	0,752-0,974	0,87	0,112
Dauer 1 [s]	0,361-0,493	0,439	0,069
Dauer 2 [s]	0,391-0,481	0,43	0,046
1. F0 [Hz]	110-120	116,3	6
1. F1 [Hz]	219-245	234,7	14
2. F0 [Hz]	88-95	92,3	4
2. F1 [Hz]	188-204	198	9

Aufgebaut war der ganze Laut also aus zwei Teilen, die jeweils eine Grundschiwingung und eine erste und teilweise zweite harmonische Oberschiwingung hatten (Abb.22). Da die Teillaute keine gleichbleibende gerade Schwiwingung waren, wurden bei den Teillauten auch die Frequenzen am Beginn und am Ende des Lautes und beim zweiten Teil zusätzlich noch in der Mitte gemessen. Dadurch ergab sich ein fast gerader, nur ganz leicht abfallender Verlauf im ersten Teil und im zweiten ein Abfall in der Mitte, wobei es Unterschiede gab ob der Beginn oder das Ende des zweiten Teiles eine höhere Frequenz hatten.

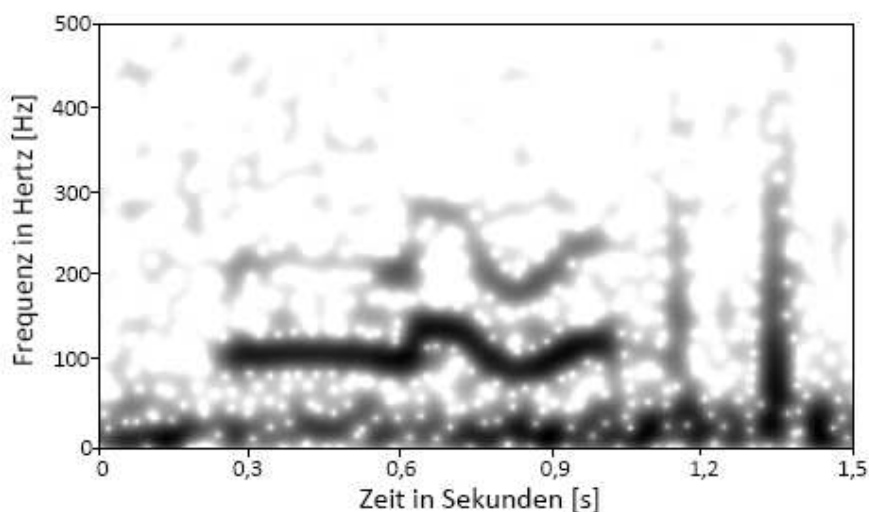


Abb.22: Nandulaut eine männlichen Nandus, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseinstellungen in PRAAT waren: view range 0-20000 (Hz), window lenght 0,003 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Beim Nandulaut gab es daher einen Sprung vom ersten zum zweiten Lautteil (Tab.17) und dieser war einmal steigend um 36 Hertz, also 37,44% und zweimal abfallend um 11 Hertz, also 12,87%.

Tab.17: Nandulaute (n= 3) mit ihren jeweiligen Grundfrequenzen am Ende des ersten Lautteils (1. F0 Ende) in Hertz [Hz], am Beginn des zweiten Lautteils (2. F0 Beginn) in Hertz [Hz] und der jeweiligen Frequenzdifferenz in Hertz [Hz].

(n= 3)		
1. F0 Ende [Hz]	2. F0 Beginn [Hz]	Differenz [Hz]
104	140	+36
117	106	-11
114	103	-11

Die Körperhaltung direkt während dieses Lautes konnte nicht beobachtet werden, aber danach hatte ein Männchen ein stark aufgeplustertes Gefieder, besonders in der Hals- und Kopfregion.

Die Nandus im Zoo Schönbrunn vokalisiert nicht und im Tierpark Herberstein konnten 9 Artikulationen registriert werden. Im Mittel dauerten alle Nandulaute (Tab.18) $1,296 \pm 0,243$ Sekunden, wobei der erste Teil $0,671 \pm 0,047$ Sekunden dauerte und der zweite $0,624 \pm 0,278$ Sekunden. Die Grundfrequenz lag im ersten Teil durchschnittlich bei $112,6 \pm 3$ Hertz und im zweiten Teil bei $134,9 \pm 4$ Hertz. Die Bandbreite der Dauer lag zwischen 1,003 und 1,518 Sekunden im gesamten Laut, im ersten Teil zwischen 0,613 und 0,748 Sekunden und im zweiten Teil zwischen 0,316 und 0,875 Sekunden. Die Grundfrequenz lag im ersten Teil zwischen 107 und 117 Hertz und im zweiten Teil zwischen 130 und 144 Hertz. Bei den Lauten gab es zwischen dem ersten und zweiten Teil immer einen Frequenzsprung nach oben und die Form war im ersten Teil gerade und im zweiten abfallend. Der Frequenzsprung vom ersten zum zweiten Teil war durchschnittlich $111,6 \pm 3$ Hertz auf $151,4 \pm 5$ Hertz und der zweite Lautteil war dann abfallend.

Tab.18: Vergleich der Nandulaute der Individuen der Straußenfarm (Farm, n= 3) und im Tierpark Herberstein (Herb, n= 9), mit der gemessenen Dauer des gesamten Lautes (Dauer g), des ersten Teils (Dauer 1) und des zweiten Teils (Dauer 2) in Sekunden [s], der Grundfrequenz des ersten Lautteils (1. F0) und des zweiten Lautteils (2. F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	Farm (n= 3)			Herb (n= 9)		
	Spannweite	MW	Stabw	Spannweite	MW	Stabw
Dauer g [s]	0,752-0,974	0,87	0,112	1,003-1,518	1,296	0,243
Dauer 1 [s]	0,361-0,493	0,439	0,069	0,613-0,748	0,671	0,047
Dauer 2 [s]	0,391-0,481	0,43	0,046	0,316-0,875	0,624	0,278
1. F0 [Hz]	110-120	116,3	6	107-117	111,6	3
2. F0 [Hz]	88-95	92,3	4	130-144	134,9	4

Im Vergleich mit den anderen Aufnahmen der Nandulaute der Straußenfarm zeigt sich, dass die Individuen in Herberstein eine längere Lautdauer hatten und die Grundfrequenz im zweiten Lautteil höher war, während die Grundfrequenz des ersten Abschnittes fast gleich groß war. Unterschiedlich war auch der Frequenzsprung, der bei allen Tierparklauten immer ansteigend war und bei den Lauten der Straußenfarm auch abfallend war.

Insgesamt lag die Grundfrequenz bei allen zwölf Nandulauten bei durchschnittlich $112,8 \pm 4$ Hertz im ersten Teil und $124,3 \pm 20$ Hertz im zweiten Teil (Abb.23). Die Dauer aller Nandulaute betrug durchschnittlich $1,19 \pm 0,287$ Sekunden, davon hatte der erste Teil $0,613 \pm 0,116$ Sekunden und der zweite $0,576 \pm 0,254$ Sekunden (Abb.24).

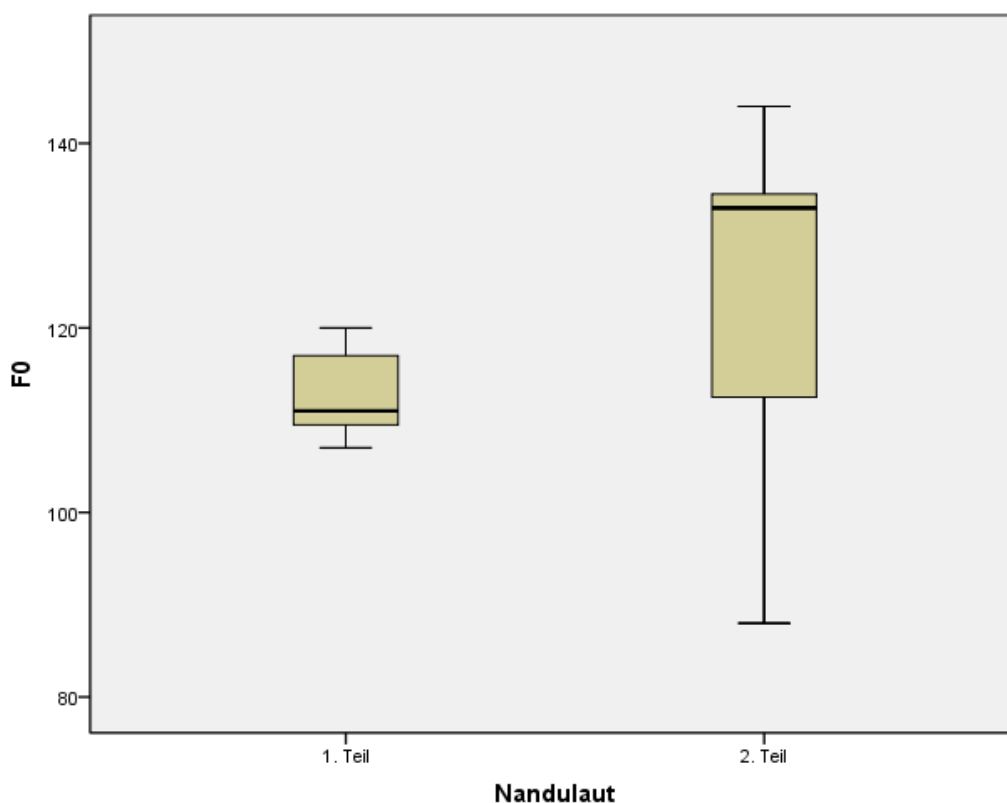


Abb.23: Boxplot der Grundfrequenz (F0) der beiden Teile der Nandulaute (n= 12).

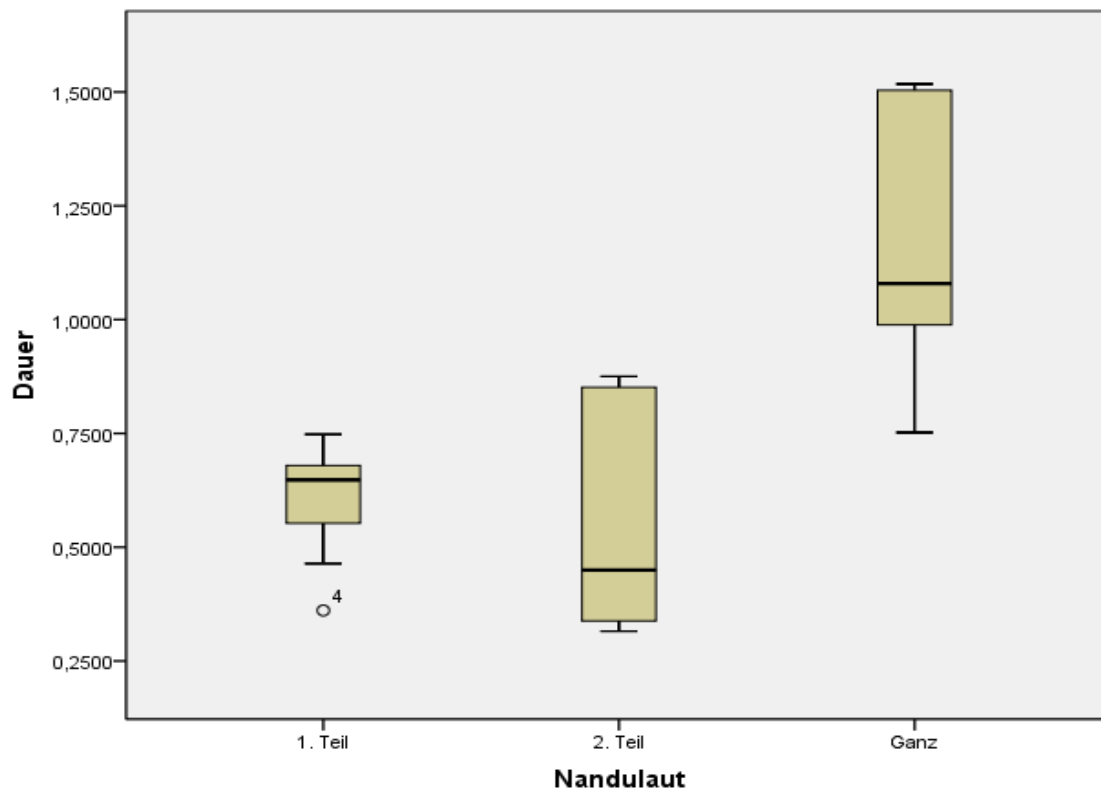


Abb.24: Boxplot der Dauer (in Sekunden) der Nandulaute (n= 12), des gesamten Lautes mit einem Mittelwert, dem 1. Teil und dem 2. Teil, dabei ist der kleine Kreis ein Ausreißer.

3.4. Familie der Dromaiidae

Bei den Emus der Straußenfarm wurden vier Lauttypen gefunden, das Trommeln, Grunzen, Brummen und Fauchen. Im Zoo Schönbrunn gab es Grunz- und Brummlaute und im Tierpark Herberstein wurde neben diesen beiden Lautarten auch das Trommeln geäußert.

Trommeln:

Auf der Straußenfarm wurde das Trommeln nur von den beiden Weibchen produziert und es konnte von 212 Trommellauten die Dauer, Pulsanzahl und Grundfrequenz gemessen werden.

Insgesamt hatten alle Trommellaute (Tab.19) im Durchschnitt eine Dauer von $1,941 \pm 1,743$ Sekunden, $10,8 \pm 7$ Pulse und eine Grundfrequenz von $126,8 \pm 18$ Hertz. Die Spannweite der Dauer reichte von 0,151 Sekunden mit drei Pulsen bis zu 12,451 Sekunden mit 37 Pulsen. Die Anzahl der Pulse reicht von 2 bis zu 43 Pulsen, somit hatten die meisten Pulse nicht die längste Dauer. Die Grundfrequenz lag zwischen 86 Hertz und 198 Hertz.

Tab.19: Trommellaute (n= 212) von zwei Emuweibchen, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 212)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,151-12,451	1,941	1,743
Pulse	2-43	10,8	7
F0 [Hz]	86-198	126,8	18

Die meisten Trommler konnten unter den zwei Individuen zugeordnet werden, dem Weibchen des älteren Paares (wa) mit 83 Lauten und dem Weibchen des jüngeren Paares (wj) mit 125 Lauten (Tab.20). Im Vergleich der Trommellaute zwischen den beiden Tieren hatte das Weibchen wa eine kürzere Dauer, von $1,824 \pm 2,103$ Sekunden und weniger Pulse mit $7,8 \pm 6$, als die Henne wj, die eine Dauer von $1,994 \pm 1,467$ Sekunden und $12,7 \pm 7$ Pulse hatte. Die mittlere Grundfrequenz lag auch bei dem Weibchen wj höher, mit $136,2 \pm 16$ Hertz, im Gegensatz zu dem anderen Tier mit $113,7 \pm 16$ Hertz. Unter den einzelnen Trommellauten hatte das Weibchen wj die meisten Pulse und wa die wenigsten, bei der Dauer hatte das Individuum wa die kürzeste und längste Dauer und die höchste Grundfrequenz hatte die Henne wj, der Trommler mit der tiefsten Frequenz konnte keinem Individuum zugeordnet werden. Die Werte des T-Tests für diese beiden Individuen waren für die Grundfrequenz $T= 102,984$, $df= 207$, für die Dauer $T= 15,909$, $df= 207$ und bei beiden $p < 0,05$, zweiseitig getestet.

Tab.20: Vergleich der Trommellaute zwischen den Individuen Weibchen des älteren Paares (wa, n= 83) und Weibchen des jüngeren Paares (wj, n= 125), in der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	wa (n= 83)			wj (n= 125)		
	Spannweite	MW	Stabw.	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,151-12,451	1,824	2,103	0,307-9,176	1,994	1,467
Pulse	2-37	7,8	6	3-43	12,7	7
F0 [Hz]	88-148	113,7	16	119-198	136,2	16

Somit lag die Grundfrequenz beim Weibchen wj nie unter 100 Hertz, wie beim anderen Individuum, so stammte vermutlich der tiefste Frequenzwert auch von diesem Tier (Abb.25). Bei einer Trommelserie gab es bei beiden Tieren keinen Anstieg oder Abfall der Dauer, Pulszahl oder Grundfrequenz, die Werte wechselten.

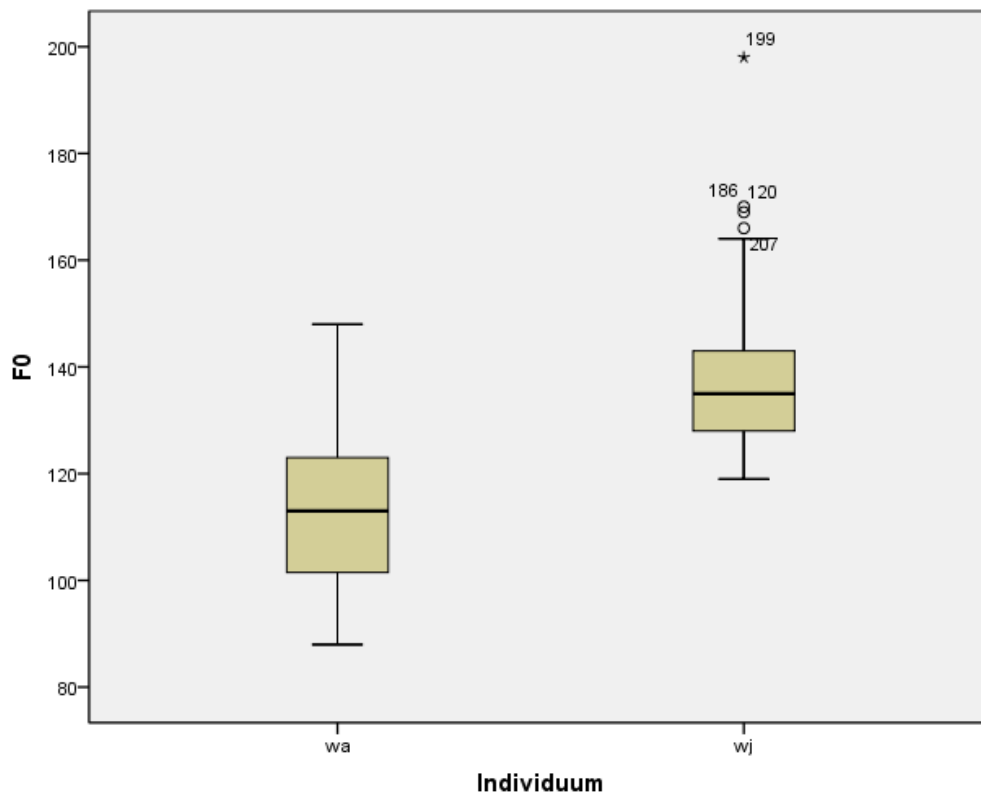


Abb.25: Boxplot der Grundfrequenzen der Trommellaute zweier Emuweibchen, dem Individuum wa (n= 83) und dem Individuum wj (n=125), dabei sind die kleinen Kreise Ausreißer.

Der Trommellaut bestand aus einer Serie von Pulsen, oder Boomings, deren Intervalle unterschiedlich waren. In der Mitte war jeder Puls dicker und hatte dort auch die stärkste Frequenz (Abb.26).

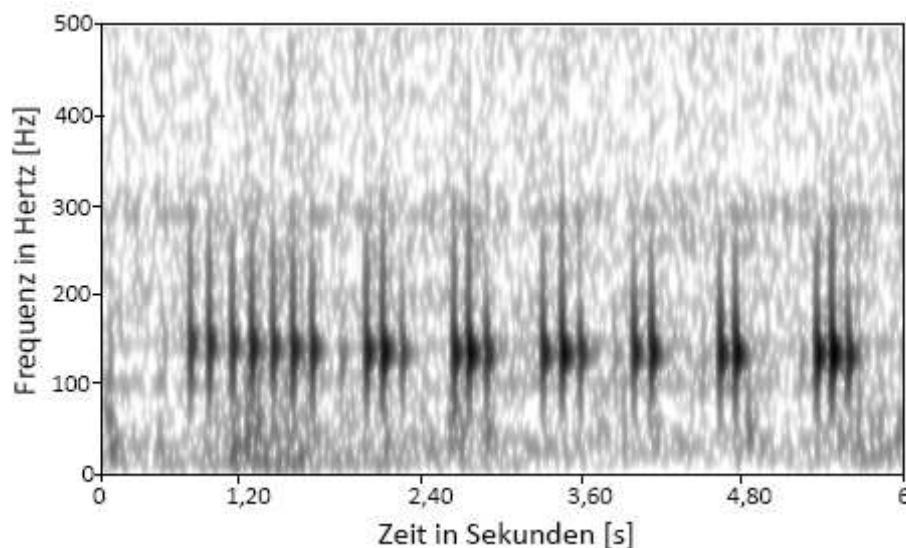


Abb.26: Trommellaut eines Emuweibchens (Individuum wj), angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseinstellungen in PRAAT waren: view range 0-500 (Hz), window lenght 0,08 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

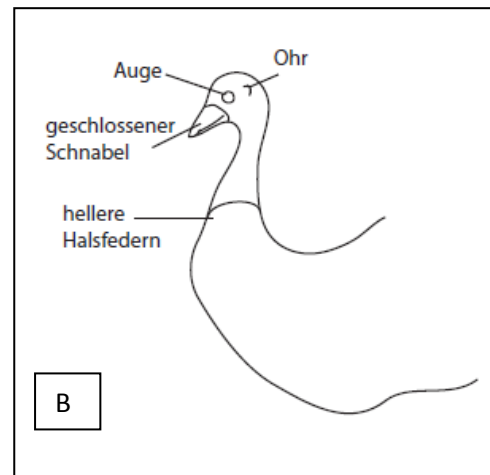
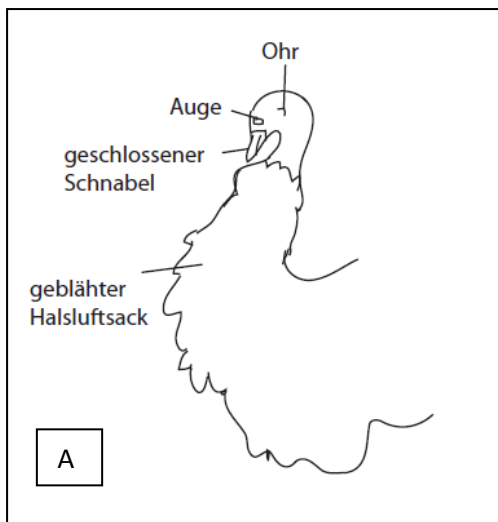


Abb.27: Foto und Skizze eines Emuweibchens beim Trommellaut (A) und nach dem Laut (B)

Die Körperhaltung während des Trommelns war, dass das Weibchen den gesamten Hals aufgeplustert hatte, sowohl der Halsluftsack war aufgebläht und auch die Federn waren gespreizt. Der Kopf war etwas nach hinten gehalten, wodurch der Hals noch mehr vorgestreckter und größer wirkte und der Schnabel war nach unten gerichtet und an den Hals angelegt (Abb.27). Der Schnabel selbst war während des Lautes manchmal leicht geöffnet und manchmal geschlossen. Der Laut wurde meist als Drohanzeige oder Territoriumsanzeige produziert.

Im Tierpark Herberstein äußerten die Emus 54 Trommellauten (Tab.21). Davon betrug die Dauer im Durchschnitt $0,923 \pm 0,478$ Sekunden, sie hatten $8,1 \pm 3$ Pulse und eine Grundfrequenz von $157,8 \pm 12$ Hertz. Die Bandbreite der Dauer reichte von 0,164 bis 2,245 Sekunden, die Pulsanzahl von 2 bis 17 und die Grundschiwingung lag zwischen 151 und 194 Hertz.

Tab.21: Trommellaute der Emus der Straußenfarm (n= 212) und im Tierpark Herberstein (n= 54), mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		Farm (n= 212) Herberstein (n= 54)		
		Spannweite	MW	Stabw
Farm	Dauer [s]	0,151-12,451	1,941	1,743
Herberstein	Dauer [s]	0,164-2,245	0,923	0,478
Farm	Pulse	2-43	10,8	7
Herberstein	Pulse	2-17	8,1	3
Farm	F0 [Hz]	86-198	126,8	18
Herberstein	F0 [Hz]	151-194	157,8	12

Im Vergleich hatten die Trommellaute der Emus der Straußenfarm eine längere Dauer, eine größere Pulsanzahl, aber eine tiefere Grundfrequenz als die Emus im Tierpark Herberstein, deren Frequenz nie unter 100 Hertz lag, wie bei den anderen Individuen.

Grunzen:

Es konnten auf der Straußenfarm 23 Grunzlaute aufgenommen werden, die aufgebaut waren aus mehreren Pulsen und so waren die gemessenen Parameter die Dauer, Pulsanzahl und Grundfrequenz.

Die Laute hatten insgesamt (Tab.22) eine durchschnittliche Dauer von $0,315 \pm 0,150$ Sekunden, $11,4 \pm 5$ Pulsen und einer Grundfrequenz von $208,9 \pm 43$ Hertz. Davon war die längste Dauer eines Grunzlautes 0,629 Sekunden, dieser hatte auch die höchste Pulsanzahl von 25 und der Grunzer mit der kürzesten Dauer von 0,106 Sekunden, hatte auch mit drei die wenigsten Pulse. Die höchste Grundfrequenz lag bei 273 Hertz und die geringste bei 130 Hertz.

Tab.22: Grunzer (n= 23) der Emus, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		(n= 23)		
		Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]		0,106-0,629	0,315	0,15
Pulse		3-25	11,4	5
F0 [Hz]		130-273	208,9	43

Von den Grunzlauten konnten einige zwei Individuen zugeordnet werden (Tab.23), den beiden Männchen der Paare (Abb.28). So produzierte das Männchen des älteren Paares (ma) neun Grunzer, die eine etwas längere mittlere Dauer von $0,3 \pm 0,14$ Sekunden hatten, als die des zweiten Hahnes, vom jüngeren Paar (mj), der sieben Grunzer erzeugte, die im Mittel $0,262 \pm 0,09$ Sekunden dauerten. Die Pulsanzahl war auch beim Männchen ma etwas höher mit $9,6 \pm 5$ Pulsen, im Vergleich zum anderen Hahn der $9,1 \pm 4$ Pulse hatte. Die durchschnittliche Grundfrequenz war beim Männchen mj höher, mit $212,6 \pm 42$ Hertz, als beim anderen mit $194,6 \pm 43$ Hertz. Die Werte der beiden Individuen waren normalverteilt und die Ergebnisse des T-Tests für die Grundfrequenz waren $T= 19,296$, $df= 15$, die der Dauer waren $T=9,562$, $df=15$ und bei beiden $p < 0,05$, zweiseitig getestet.

Tab.23: Vergleich der Grunzer zwischen den Individuen Männchen des älteren Paares (ma, n= 9) und Männchen des jüngeren Paares (mj, n= 7), in der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	ma (n= 9)			mj (n= 7)		
	Spannweite	MW	Stabw.	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,106-0,537	0,3	0,14	0,131-0,398	0,262	0,09
Pulse	3-15	9,6	5	5-15	9,1	4
F0 [Hz]	130-273	194,6	43	158-268	212,6	42

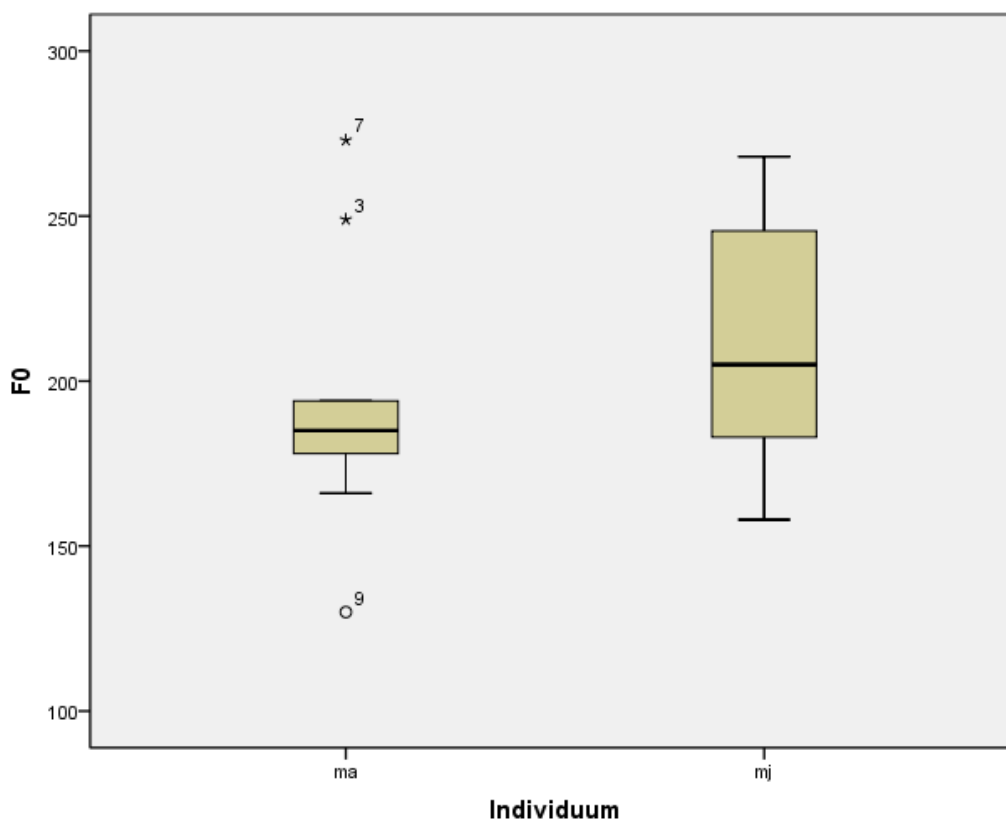


Abb.28: Boxplot der Grundfrequenz (F0) der Grunzlaute zweier Emumännchen, den Individuen ma (n= 9) und mj (n= 7), dabei sind die kleinen Kreise Ausreißer.

Das Grunzen bestand aus Pulsen, die in der Mitte des Lautes eine höhere Intensität hatten, wodurch der Laut manchmal leicht dreieckig aussah, da die Pulse am Beginn und Ende nicht so hoch waren (Abb.29).

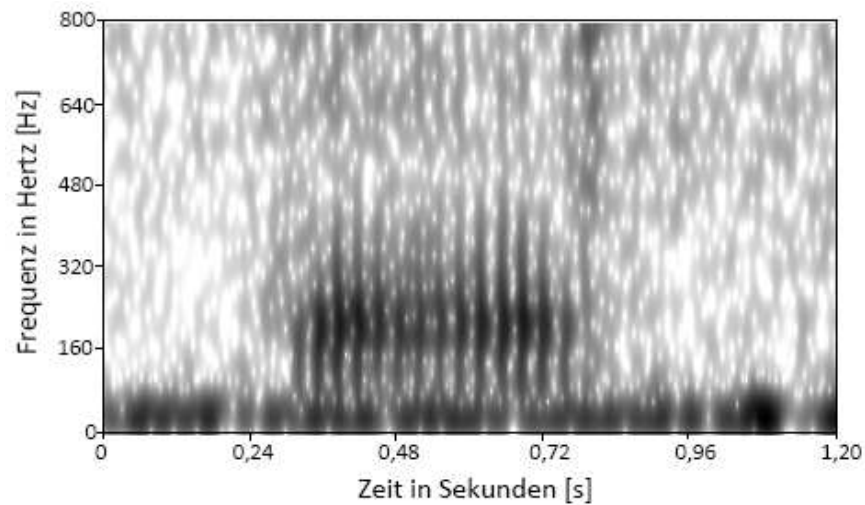


Abb.29: Grunzlaut eines Emus, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren: view range 0-800 (Hz), window lenght 0,03 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Beim Grunzen war der Hals manchmal aufgebläht, der Schnabel war geschlossen und nach unten gerichtet, da der Kopf nach unten geschaut hat (Abb.30). Diese Position wurde nur direkt während des Lautes eingenommen, danach wurde der Kopf wieder gehoben. Wenn der Laut einem Individuum zugeordnet werden konnte, waren es Männchen die den Laut produzierten, meist als Drohung.

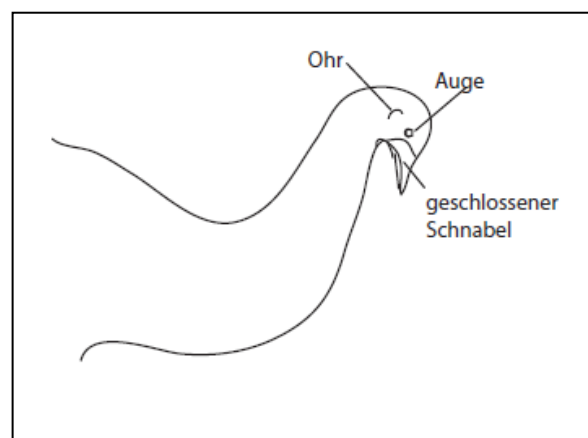


Abb.30: Foto und Skizze eines Emumännchens während eines Grunzlautes

Im Tierpark Herberstein wurden 37 Grunzlaute (Tab.24) erzeugt, deren Mittelwert der Dauer betrug $0,238 \pm 0,198$ Sekunden, die Pulsanzahl war 7 ± 5 und die Grundfrequenz lag bei $190,4 \pm 24$ Hertz. Die Dauer lag zwischen 0,109 und 1,209 Sekunden, die Pulsanzahl variierte zwischen 3 und 29 und die Grundschiwingung hatte den geringsten Wert bei 151 Hertz und den höchsten bei 237 Hertz.

Die Emus im Zoo Schönbrunn äußerten 124 Grunzlaute (Tab.24), die durchschnittlich $0,206 \pm 0,066$ Sekunden dauerten, $5,7 \pm 3$ Pulse hatten und die Grundfrequenz bei $167,2 \pm 27$ Hertz lag. Die Spannweite der Pulsanzahl reichte von 2 bis 16, die Dauer lag zwischen 0,090 bis 0,469 Sekunden und die Grundschiwingung hatte zwischen 108 und 258 Hertz.

Es gab bei diesen Tieren eine Situation, in der leise gegrünzt wurde, die bei den anderen beobachteten Emus nicht vorkamen. Dabei nahmen beide Individuen Laub in den Schnabel, warfen dieses auf ihre rechte Körperseite und grunzten oft hintereinander, jedoch sehr leise. Ein Tier lag während dieses Verhaltens, das andere stand, aber es wurde nicht gleichzeitig gemacht und es dauerte jeweils einige Minuten.

Tab.24: Grunzlaute der Emus der Straußenfarm (Farm, n= 23), des Zoos Schönbrunn (Wien, n= 124) und des Tierparks Herberstein (Herberstein, n= 37), mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (FO) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		Farm (n=23)	Wien (n=124)	Herberstein	(n=37)
			Spannweite	MW	Stabw
Farm	Dauer [s]		0,106-0,629	0,315	0,15
Wien	Dauer [s]		0,090-0,469	0,206	0,066
Herberstein	Dauer [s]		0,109-1,209	0,238	0,198
Farm	Pulse		3-25	11,4	5
Wien	Pulse		2-16	5,7	3
Herberstein	Pulse		3-29	7	5
Farm	FO [Hz]		130-273	208,9	43
Wien	FO [Hz]		108-258	167,2	27
Herberstein	FO [Hz]		151-237	190,4	24

Die Grunzlaute der Emus waren im Vergleich zwischen den drei Aufnahmeorten bei den Individuen der Straußenfarm durchschnittlich am längsten, hatten die meisten Pulse und die höchste Grundfrequenz. Dagegen hatten die Individuen im Zoo Schönbrunn die kürzeste Dauer, geringste Pulsanzahl und Grundfrequenz.

Brummen:

Es konnten 22 Brummelaute bei den Emus der Straußenfarm aufgenommen werden und von denen wurden die Dauer, Pulsanzahl und Grundfrequenz gemessen.

Durchschnittlich (Tab.25) dauerten diese Laute $0,543 \pm 0,224$ Sekunden, bestanden aus $14,9 \pm 6$ Pulsen und hatten eine Grundfrequenz von $179,9 \pm 52$ Hertz. Der längste Brummlaut hatte eine Dauer von 0,966 Sekunden, der kürzeste 0,167 Sekunden, der auch die geringste Pulsanzahl von sieben hatte und die meisten Pulse in einem Brummlaut waren 34. Die Grundfrequenz des Brummens lag zwischen 107 Hertz und 280 Hertz.

Tab.25: Brummlaute (n= 22) der Emus, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 22)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,167-0,966	0,543	0,224
Pulse	7,0-34	14,9	6
F0 [Hz]	107-280	179,9	52

Das Brummen wurde neunmal vom Männchen des älteren Paares (ma) und fünfmal von dem Männchen des jüngeren Paares (mj) aufgenommen (Tab.26). Im Vergleich hatte der Hahn mj eine längere mittlere Dauer von $0,665 \pm 0,262$ Sekunden im Gegensatz $0,433 \pm 0,181$ Sekunden und eine höhere Pulsanzahl von $14,8 \pm 3$ Pulsen, während das andere Männchen $14,6 \pm 6$ Pulse hatte. Die mittlere Grundfrequenz lag beim Männchen mj bei $191,8 \pm 62$ Hertz, also höher als beim Hahn ma der $185,8 \pm 38$ Hertz hatte.

Tab.26: Vergleich der Brummlaute zwischen den Individuen Männchen des älteren Paares (ma, n= 9) und Männchen des jüngeren Paares (mj, n= 5), in der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	ma (n= 9)			mj (n= 5)		
	Spannweite	MW	Stabw.	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,167-0,637	0,433	0,181	0,413-0,966	0,665	0,262
Pulse	7,0-23	14,6	6	10-18	14,8	3
F0 [Hz]	138-241	185,8	38	139-275	191,8	62

Das Brummen war aufgebaut aus rasch aufeinanderfolgenden Pulsen, die eine gleiche Stärke hatten und so war der Verlauf der Pulse gerade, oder die Pulse waren am Anfang etwas stärker und der Verlauf dadurch abfallend (Abb.31).

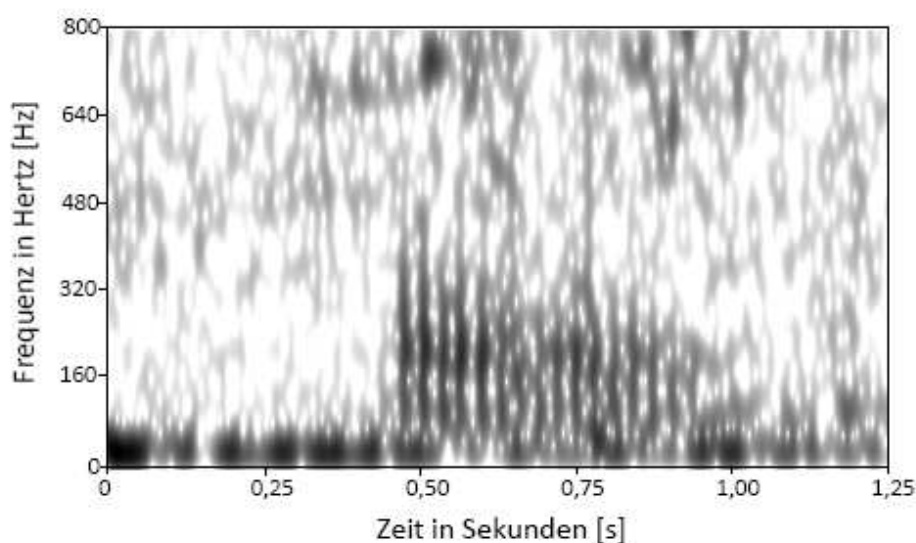


Abb.31: Brummlaut eines Emus, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Analyseeinstellungen in PRAAT waren: view range 0-800 (Hz), window length 0,03 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Beim Brummen wurde die gleiche Körperposition eingenommen wie beim Gurren und es diente auch meistens der Drohung. Die Laute konnten nicht immer einem Individuum zugeordnet werden, aber wenn handelte es sich um männliche Tiere.

Im Zoo Schönbrunn wurden acht Brummlaute geäußert (Tab.27), diese hatten eine durchschnittliche Dauer von $0,485 \pm 0,252$ Sekunden, 18 ± 13 Pulse und eine Grundschwingung von $218,3 \pm 73$ Hertz. Die Spannweite der Dauer lag zwischen 0,160 und 0,878 Sekunden, die Pulsanzahl variierte von 8 bis 33 und die Grundfrequenz lag zwischen 151 und 388 Hertz.

Die Emus im Tierpark Herberstein produzierten 42 Brummlaute (Tab.27), die durchschnittlich $1,125 \pm 0,446$ Sekunden dauerten, $25,8 \pm 15$ Pulse hatten und die Grundfrequenz bei $178,9 \pm 28$ Hertz lag. Die Dauer reichte von 0,24 bis 2,555 Sekunden, die Pulsanzahl lag zwischen 8 und 71 und die Grundschwingung variierte zwischen 108 und 258 Hertz.

Tab.27: Brummlaute der Emus der Straußenfarm (Farm, n= 22), des Zoos Schönbrunn (Wien, n= 8) und des Tierparks Herberstein (Herberstein, n= 42), mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der Pulsanzahl, der Grundfrequenz (F0) in Hertz [Hz], deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

		Farm (n= 22)	Wien (n= 8)	Herberstein (n= 42)
		Spannweite	MW	Stabw
Farm	Dauer [s]	0,167-0,966	0,543	0,224
Wien	Dauer [s]	0,160-0,878	0,485	0,252
Herberstein	Dauer [s]	0,24-2,555	1,125	0,446
Farm	Pulse	7-34	14,9	6
Wien	Pulse	8-33	18	13
Herberstein	Pulse	8-71	25,8	15
Farm	F0 [Hz]	107-280	179,9	52
Wien	F0 [Hz]	151-388	218,3	73
Herberstein	F0 [Hz]	108-258	178,9	28

Die Brummlaute der Emus hatten im Vergleich zwischen den drei Aufnahmeorten im Tierpark Herberstein die durchschnittlich längste Dauer und höchste Pulsanzahl, aber die tiefste Grundfrequenz, während die höchste Grundschiwingung die Individuen im Zoo Schönbrunn hatten.

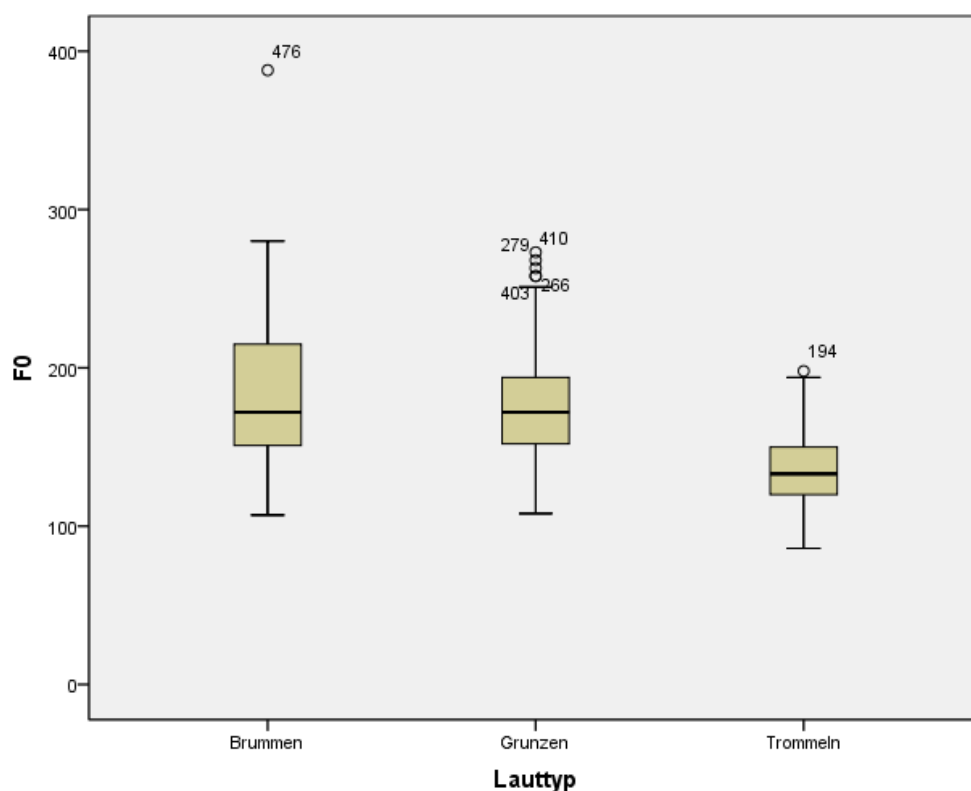


Abb.32: Boxplot der Grundfrequenzen (F0) der drei Lauttypen der Emus, Brummen (n= 72), Grunzen (n= 184) und Trommeln (n= 265), dabei sind die kleinen Kreise Ausreißer.

Insgesamt wurden, neben dem Fauchen, 521 Laute der Emus analysiert, die sich aufteilten in 72 Brummlaute, 184 Grunzlaute und 265 Trommellaute, deren Grundfrequenzen (Abb.32) beim Trommeln am geringsten waren.

Fauchen:

Es wurden auf der Straußenfarm 25 Fauchlaute der Emus aufgenommen, von denen die Dauer, die stärkste Frequenz und die HNR gemessen wurden.

Alle Fauchlaute (Tab.28) hatten eine mittlere Dauer von $0,577 \pm 0,330$ Sekunden, die stärkste Frequenz lag bei $738,8 \pm 449$ Hertz, die HNR bei $14,3 \pm 5$ Dezibel. Die Dauer der Fauchlaute variierte zwischen 0,146 und 1,239 Sekunden und die stärkste Frequenz war mit 303 Hertz am tiefsten und mit 1813 Hertz am höchsten. Bei der HNR gab es eine Spannweite von 3,5 Dezibel bis zu 23,3 Dezibel.

Tab.28: Fauchlaute (n= 25) der Emus, mit der gemessenen Dauer in Sekunden [s], der stärksten Frequenz (F0) in Hertz [Hz], der HNR in Dezibel (dB), deren Spannweite mit minimalen und maximalen Wert, Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw).

	(n= 25)		
	Spannweite	MW	Stabw.
Dauer [s]	0,146-1,239	0,577	0,33
F0 [Hz]	303-1813	738,8	449
HNR [dB]	3,5-23,3	14,3	5

Die Fauchlaute sind breitbandige, rauschhafte Laute (Abb.33), deren Länge variierte, aber nicht die Form.

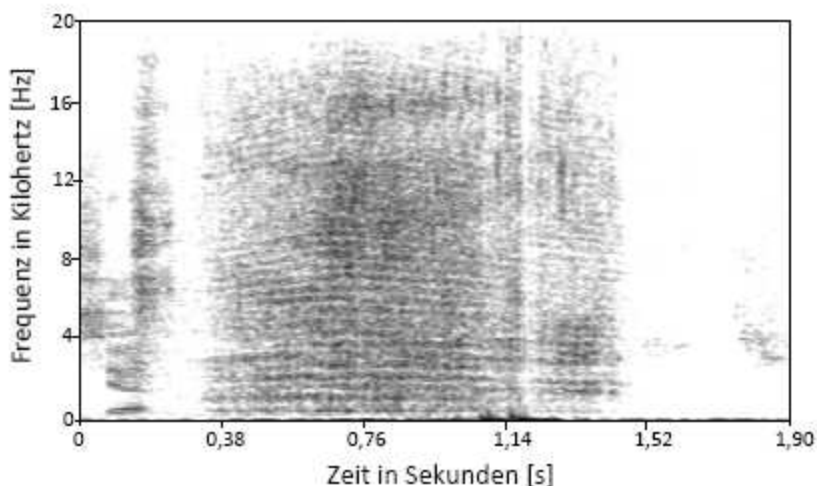


Abb.33: Fauchlaut eines Emus, angegeben in Frequenz gegen die Zeit. Die Einstellungen in PRAAT zur Analyse waren: view range 0-20000 (Hz), window length 0,03 (s), dynamic range 55,0 (dB), die Spektrogramm Methode war Fast-Fourier und die Spektrogramm Fensterform Gaussian.

Beim Fauchen wurden die Körper gestreckt, die Halsfedern aufgeplustert und der Schnabel leicht geöffnet (Abb.34), jedoch nicht so weit wie beim fauchenden Strauß oder Nandu. Produziert wurde der Laut in Streitsituation und bei Verfolgungen.

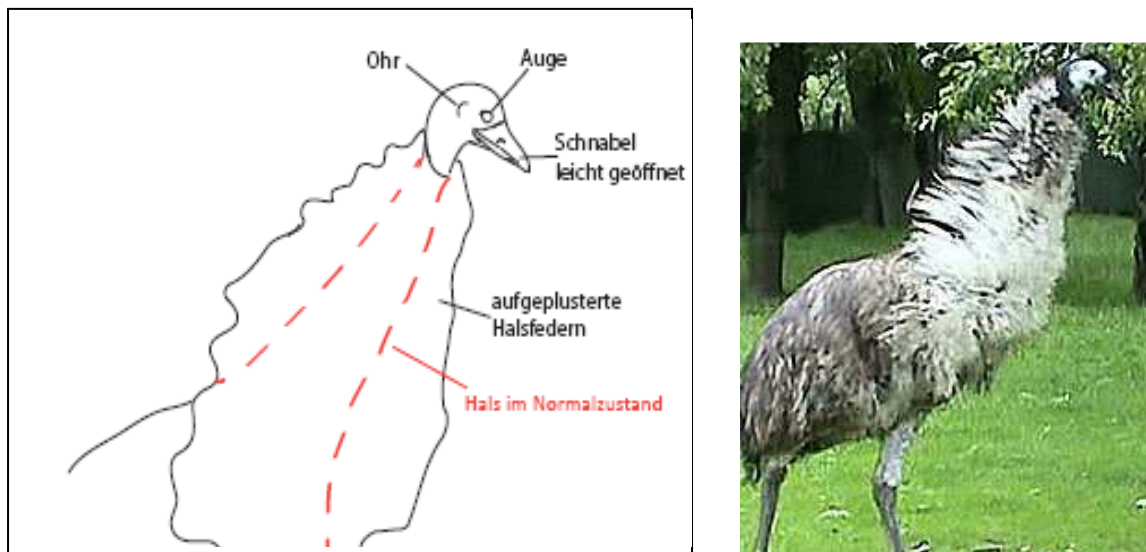


Abb.34: Skizze und Foto eines Emus beim Fauchen während einer Drohattacke

Insgesamt produzierten die Individuen dieser drei Ratitenfamilien einige Laute, die zwischen den Familien doch unterschiedlich aufgebaut waren. Denn die der Emus waren alle gepulst, während die meisten Lauttypen der adulten Strauße nicht aus Pulsen bestanden, die der Straußenküken schon und der Aufbau der Laute ähnelte wiederum den der Straußlaute.

4. Diskussion

4.1. Familie der Struthionidae – Adult

Die gefundenen Lauttypen dieser Ratitenfamilie passen zu einigen in der Literatur beschriebenen Lauten (Cramp & Simmons, 1977; del Hojo et al., 1992; Samson, 1996) und allgemein waren die Strauße auf der Farm vokal aktiver als im Zoo, vermutlich aufgrund der größeren Gruppen und den damit verbundenen vermehrten sozialen Interaktionen.

Die in der Literatur (Samson, 1996) angegeben Bereitschaft der Weibchen zum Brüten stimmt mit dem beobachteten Demutsverhalten überein, bei dem die Hennen die Demutslaute äußerten und Laute mit den Flügeln erzeugten. Die Weibchen produzierten mit ihren Flügeln Geräusche, die wie ein Aus- und wieder Einkugeln ihrer Schultergelenke wirkten, dadurch entstand ein Klackern. Diese Bewegungen könnten möglich sein, da beim adulten Strauß die Scapula mit dem Coracoid verschmolzen ist und diese in Verbindung mit dem cranialen Sternum stehen, wie bei Fowler (1991) beschrieben und dem Strauß die Schlüsselbeine fehlen (Storch & Welsch, 2006). Die Weibchen produzierten die Demutslaute und Gesten auch ohne direkten Kontakt zu einem Hahn, in Gruppen

von Weibchen. Vielleicht wirkt das Verhalten auch langzeitstimulierend, oder hat einen Effekt auf die Weibchen selbst.

Der Gutturallaut wurde zwischen den Demutslauten produziert, vielleicht benutzten die Weibchen diesen als verstärkenden Laut während des Demutsverhaltens, da dieses von mehreren Weibchen produziert wird und sich die Henne so von den übrigen Individuen mit dem Gutturallaut abheben kann. Falls Männchen diesen Laut auch produzierten, wurden sie vielleicht von Weibchen animiert und es war eine Reaktion auf den Demutslaut.

Der Boominglaut des Männchens besteht in der Literatur (del Hojo et al., 1992) aus vier Silben, bei den aufgenommenen Lauten waren es aber immer nur drei, vermutlich wurde die dritte langgezogene Silbe als zweiteilig gezählt. Dieser Laut war aus großer Entfernung zu hören und die Funktion der Anzeige des Territoriums dieses Lauttyps, zeigte sich auch als während einer heißen Tageszeit in dem beobachteten großen Gehege bis auf drei oder vier Männchen alle Individuen liegend ruhten. Diese Hähne patroulierten das Gelände ab und einer produzierte an einer Ecke stehend die Boominglaute. Vom Besitzer wurde berichtet, dass der Laut von manchen Individuen auch einsilbig produziert wird und es auch nur einen Boominglaut alleine ohne Wiederholungen gibt. Möglicherweise kommen diese Variationen daher, dass die Laute von jüngeren Individuen stammen und diese die Boominglaute noch nicht vollständig und in Serie produzieren können. Es könnte sein, dass die starke Aufblähung der Halsluftsäcke Übung braucht und erst von adulten Individuen produziert werden kann.

Alle Brummlaute wurden von Hähnen gebildet, aber in unterschiedlichen Zusammenhängen. So wurden sie einmal während der Demutslauten der Weibchen geäußert, dann zwischen Fauchlauten und beim dritten Mal war keine Beziehung erkennbar. Vielleicht wird dieser als Ersatz für den Boominglaut eingesetzt, weil er energiesparender ist, da er kürzer dauert und die Halsluftsäcke dafür eventuell nicht so aufgebläht werden müssen. Dann könnte der Brummlaut auch die drei unterschiedlichen Funktionen, Balz, Distanzwahrung und Territoriumsverteidigung, des Boominglautes haben, aber er wird für eine kürzere Distanz eingesetzt, da die Brummlaute produziert wurden als die Tiere in Gruppen auf einer kleineren Fläche enger beisammen waren.

Der Paarungslaut war nur bei einer Paarung zu hören, obwohl es auch eine zweite gab, wobei diese Tiere noch jünger waren. Vielleicht war diese nur ein Training und das Männchen begattete die Henne noch nicht vollständig oder der Hahn hatte noch keinen Höhepunkt, bei dem der Laut produziert wird.

Der Up-Laut wurde häufig von Weibchen produziert, wenn diese flüchteten weil sie von anderen Weibchen oder Männchen angefaucht und bedroht wurden. Somit diente er vielleicht zur Beschwichtigung oder um die Unterwürfigkeit zu zeigen. Wahrscheinlich ist dieser Laut das in der

Literatur (Cramp & Simmons, 1977) beschriebene „boo“, das häufig zu hören ist, da die lautmalerischen Beschreibungen „up“ und „boo“ ähnlich klingen und dieser auch während verschiedener antagonistischen Situationen produziert wird. Dieser und der Hu-Laut könnten aber auch das „booh“ oder „twoo“ aus der Literatur sein. Der Hu-Laut wurde auch in ähnlichen Situationen produziert, aber im Vergleich der beiden Lauttypen, hatte der Up-Laut eine höhere Frequenz, eventuell wirkt dieser daher stärker beschwichtigender. Denn bei Ohala (1996) wird beschrieben, dass ein Tier höhere Frequenzen erzeugt, um zu vermitteln, dass es kleiner und nicht bedrohlich ist, da die Körpergröße mit der Grundfrequenz verbunden ist. Dazu passt auch, dass die Lauttypen mit der tiefsten gemessenen Frequenz der Paarungslaut, das Brummen und der Hu-Laut waren. Im Verhaltenskontext gesehen, sollen diese vielleicht Stärke und Dominanz vermitteln, denn die Laute stammen auch vorwiegend von den Männchen.

Die unterschiedlichen Reaktionen der Geschlechter auf das Fauchen zeigen vermutlich die unterschiedliche Dominanz der Individuen. Während des Fauchens war das Tier aufgeplustert, es wurden manchmal die Flügel geschwungen, gespreizt oder das Individuum machte sich durch Streckung groß und hatte den Schnabel aufgerissen, das diente vielleicht auch als optisches Drohsignal um größer und aggressiver zu wirken. Denn auch in der Literatur (Ohala, 1996) wird beschrieben, dass in Streitsituationen die Größe ein wichtiger Faktor ist und die Tiere sich so groß wie möglich machen, indem sie auch ihre Federn aufplustern und den Schwanz anheben.

Allgemein verwenden die Strauße bei ihrer Vokalisation wohl überwiegend ihr Luftsacksystem, speziell den Kehl- und Halsluftsack, von dem bei Lautproduktionen auch eine Aufblähung erkennbar war. Wie es Schmidt-Nielsen et al. (1969) beschrieben haben, weisen Strauße nämlich, neben einer niedrigen Respirationsrate, ein gut entwickeltes und ausgedehntes Luftsacksystem auf und dessen großes Volumen von 15 Litern hilft dem Tier vermutlich bei der Vokalisation, da es so einen großen Resonanzraum bietet. So war der Halsluftsack bei den Lautproduktionen der Männchen gebläht, diese Laute hatten auch tiefere Frequenzen, während der Kehlluftsack bei beiden Individuen während der Vokalisation gebläht war. Der Hals war auch noch nach der Vokalisation geweitet, vermutlich dauert es einige Zeit bis sich dieser wieder zurückzieht, oder die Luft daraus wieder entwichen ist, im Gegensatz dazu war die Kehle wieder schneller abgeflacht. Ob der Halsluftsack bei den Weibchen nicht so gut entwickelt ist, da diese nur die Kehle blähten, oder dies nur Zufall ist, müsste noch untersucht werden.

4.2. Familie der Struthionidae – Jungtiere

Zwischen den adulten Straußen und den Küken gab es große Unterschiede in der Vokalisationsrate, so vokalisieren Ratitenküken noch viel und adulte Tiere weniger. Das steht allerdings im Gegensatz zu den meisten anderen Vogelarten, deren Komplexität des vokalen Repertoires in ihrer Entwicklung ansteigt. Ein Beispiel für diese Verhaltensregression ist die bei Beaver (1978) beschriebene Ontogenie

der Vokalisation des Nandus, bei denen die Rate der Vokalisation gleichmäßig mit dem Alter abnimmt. Aber auch die tonale Qualität nimmt bei den Nandus ab, so klingen die Laute statt schrill und scharf eher heiser oder rau und die Laute haben eine Abnahme in der Anzahl der harmonischen Frequenzen.

Ein Grund für diese Differenz beim Strauß dürfte sein, dass die Vokalisation als primärer Kommunikationskanal an die ökologischen Bedingungen der Küken gut angepasst ist, da die hohe Vegetation bei der geringen Körpergröße einen Sichtkontakt erschwert. Das ist beispielsweise auch beim Nandu so, wie in der Literatur (Beaver, 1978) beschrieben, die dann mit zunehmender Größe diesen Signalweg durch den visuellen ersetzen und dann auch kein kryptisch gefärbtes Gefieder mehr haben. Beim Strauß dürfte das auch der Fall sein, da auch dessen Küken ein ähnliches Gefieder zur Tarnung besitzen, in einer ähnlichen natürlichen Umgebung und Vegetation leben und adult einen guten Sehsinn besitzen. So benutzen die Strauße und Nandus neben dem binokularen Sehfeld, das hauptsächlich bei der Nahrungsaufnahme benutzt wird, auch ein monokulares Sehfeld, um Gefahren am Horizont zu erkennen (De Azevedo & Young, 2006a).

Ein weiterer Grund für die Reduzierung der Vokalisation könnte in der anatomischen Veränderung der Tiere während des Wachstums liegen. Denn das ist auch bei den Nandus der Fall, bei denen die resonanten Frequenzen von der Länge und dem Durchmesser der Trachea abhängen, die beide mit dem Alter zunehmen. So verlieren Nanduküken ihre vokalen Fähigkeiten wenn sie ein Drittel ihrer adulten Größe erreicht haben, da die innere Tympanummembran bei den Küken mehr in die bronchiale Passage ausgedehnt ist als bei den adulten Tieren, wie in Beaver (1978) erläutert. Da Nandu und Strauß eng verwandt sind, liegt vielleicht die Abnahme der Vokalisation auch beim Strauß mit dieser anatomischen Änderung durch das Wachstum zusammen. Denn die Jungtiere des Strauß vokalisieren auch mehr und sind melodischer als die Adulten und mit der Zeit stellen die Jungvögel auch diese Kükenlaute ein. Beim Strauß kommt es durch die noch höhere Größe möglicherweise zu einer noch stärkeren Veränderung der Lautproduktion, so lag die Grundfrequenz der adulten Laute niedriger, bis unter 100 Hertz, als die der Küken die meist zwischen 1000 und 1500 Hertz lagen. Bei allen Lautproduktionen der Küken wurde zwar die Kehle gebläht, aber es gab keine sichtbare Veränderung des Halsluftsacks wie bei den adulten Tieren, vielleicht liegt das an den höheren Frequenzen, oder diese Resonanzmöglichkeiten entwickeln sich erst im Verlauf der Entwicklung.

Der Trillerlaut der Straußküken trat auf, wenn sie sich nicht wohl fühlten, aber die Trillerreihe war nicht gleich bleibend. So gab es vielleicht zwischen den Trillerlauten auch Fieplaute und Einleitungspiepslaute um die Trillerreihe abwechslungsreicher zu gestalten, damit kein Gewöhnungseffekt entsteht, oder es dient der Verstärkung. In der Literatur (Sales, 2006) werden auch Alarmtriller von Nanduküken beschrieben, die sie von sich geben, wenn sie vom Boden hochgehoben werden. Dieses Verhalten konnte bei den Straußenküken beobachtet werden, denn die

Jungvögel trillerten wenn sie isoliert oder hochgehoben wurden und die Vokalisation endete erst wenn sie wieder abgesetzt wurden oder zur Gruppe zurück konnten.

Bei den Straußenküken wurde auch ständig von unterschiedlichen Individuen ein Kontaktpiepsen geäußert. Im Vergleich mit den Lauten der Straußenküken haben die Jungtiere bei den Nandus auch verschiedene Ruftypen wie in Beaver (1978) beschrieben, deren Grundfrequenzen lagen zwischen 1 und 2 Kilohertz und es gab Obertöne, was mit den aufgenommenen Straußenlauten übereinstimmt. Der Kontaktpfiff der Nanduküken ist vergleichbar mit den Fieplauten der Straußenküken, da beide ein kurzer Pfiff sind, der eine soziale Kontaktfunktion unter den Küken hatte. Der Einleitungspiepslaut und Triller der Straußenküken ist vermutlich dem Trennungspfiff und Alarmtriller der Nandus ähnlich, da beide produziert wurden, wenn die Tiere sozial isoliert waren. Das die Laute eine individuenspezifische Tonhöhenabnahme am Ende hatten ist auch mit den aufgenommenen Straußenlauten vergleichbar, die auch manchmal eine abfallende Frequenz im Triller hatten.

4.3. Familie der Rheidae

Bei den Nandus wurden die wenigsten Laute aufgenommen und auch die Besitzer meinten, dass die Tiere nicht viel vokalisieren. Das stimmt auch mit der Literatur (Raikow, 1969) überein, in der sie als eher still beschrieben werden. Da die Vögel in ihrer natürlichen Umgebung meistens Sichtkontakt haben, müssen einige ungewöhnliche, hochspezifische Signale gemacht werden um die Aufmerksamkeit der Weibchen zu bekommen. Vermutlich klingt der typische Nandulaut deswegen auffällig und wird nicht so häufig produziert. Die tiefen Frequenzen dieses Lautes, die bis unter 100 Hertz gehen, decken sich auch mit Untersuchungen (Fischer, 1998) der Papille des Nandus, in denen niedrige Frequenzen gut vertreten sind, ähnlich dem Emu.

Die Stichprobe dieser typischen Nandulaute war zu klein und dadurch könnten die Unterschiede in der Dauer und den Frequenzen zwischen den Aufnahmen des Zoos und der Straußenfarm Zufall sein. Es wäre auch möglich, dass die Laute individuell verändert werden können, so könnte es zur unterschiedlichen Form des zweiten Teiles gekommen sein und den verschiedenen Übergängen zwischen den Teillauten.

Beim Fauchen der brütenden Männchen konnte auch das in der Literatur (del Hojo et al., 1992; Raikow, 1969; Sales, 2006) beschriebene „Head-Forward“ Verhalten beobachtet werden. Allerdings wurde bei diesen Bewegungen nicht jedesmal vom Tier gefaucht, meist wurde nur der Schnabel aufgerissen und es kam kein Laut. Auch bei den nichtbrütenden Männchen gab es nicht immer einen Fauchlaut, der unter ihnen als Drohung eingesetzt wurde. Manchmal kam es zu Verfolgungen, bei denen auch nur der Schnabel aufgerissen wurde, ohne eine Lautproduktion. Vermutlich reicht den Tieren untereinander schon dieses Bewegungsritual des „Head-Forward“ aus, um andere zu vertreiben oder zu warnen und es muss dabei nicht immer vokalisiert werden. Das dient vielleicht

dem sparen von Energie, oder dadurch können die Tiere verschiedene Abstufungen der Drohung erzeugen. Beispielsweise könnte das Verhalten und Gefiederaufplustern ohne Laut als erste Warnung gesehen werden und mit dem Laut kommt es zu einer Verstärkung der Drohung.

Es kam auch zu Situationen, in denen ein Nanduhahn ein Straußenmännchen anfauchte und eine Drohattacke andeutete, woraufhin der Strauß zurückwich und wegging. Angesichts des Größenunterschiedes wäre eine Dominanz des Straußes wahrscheinlicher gewesen, aber vermutlich sind Nandus aggressiver.

4.4. Familie der Dromaiidae

Alle Emulaute bestanden immer aus Pulsen, was vermutlich mit dem trachealen Spalt der Tiere zusammenhängt. Emus sollen außerhalb der Brutsaison fügsam sein (Sales, 2007) und generell einfacher zu trainieren und im Umgang sein (Crawford & Lasiewski, 1968). Das passt auch zu den Beobachtungen und Erzählungen, da die Emus im Gehege eher auswichen, ruhiger reagierten und „ungefährlich“ waren. Tiere haben verschiedene Charaktere, dadurch kommt es zu Verhaltensunterschieden, so auch in Gefangenschaft, wie sich beim Anti-Prädatortraining von Nandus bei De Azevedo & Young (2006c) zeigt, bei dem es scheue und mutigere Individuen gibt. Solche individuellen Unterschiede konnten auch bei den Aufnahmen der Emus festgestellt werden, besonders bei den Emupaaren, von denen das ältere ruhiger und gelassener auf Annäherung reagierte und sogar geschlafen hat. Dieses Paar, oder eher das Weibchen, dürfte auch dominanter gewesen sein, da sie sich bei heißen Temperaturen im Schatten aufhielten, während das andere Paar in den heißeren, sonnigeren Arealen war.

Wenn man sich ihnen annäherte, wurde das Trommeln der weiblichen Emus vermutlich deshalb erzeugt, da sie es laut Literatur (del Hojo et al., 1992; Sales, 2007) auch äußern wenn sie etwas Neues sehen. Vielleicht ist das auch ein Grund warum, das Trommeln häufig produziert wurde, wenn sich ein Auto näherte, wobei das nur gehört werden konnte, da der Zaun einen Sichtschutz hatte. Zur Drohung umkreiste das Weibchen mit aufgeplusterten Hals auch ihr Männchen und trommelte dabei, wenn sich jemand, auch andere Emus, dem Paar näherten. Also ziehen die Hennen mit dem Trommeln das Männchen an und bewachen es auch damit, so wie weibliche passerine Vögel auch zur Territoriumsverteidigung und um paternale Pflege zu sichern singen, wie bei Langmore (1998) berichtet.

Die Männchen grunzten auch bei Annäherung und meistens folgte das erst nach dem das Weibchen trommelte, somit wirkte es auch wie eine Antwortreaktion auf das Trommeln. Beschrieben wird (del Hojo et al., 1992), dass beide Geschlechter grunzen, aber die Grunzlaute der Emus der Straußenfarm waren nur von Männchen, bis auf fünf Laute die keinem Individuum zugeordnet werden konnte. Es wurde aber auch keine Grunzen bei den Hennen beobachtet.

Laut Literatur (Fowler, 1991; Sales, 2007) wird das Brummen von den Männchen, mithilfe des Halsluftsackes produziert, wie bei den Weibchen das Trommeln. Allerdings konnte beim Brummen keine Aufblähung dieses Sackes beobachtet werden, im Gegensatz zum Trommellaut. Die Körperhaltung war wie beim Grunzen und es konnte auch kein Unterschied in der Funktion des Lautes erkannt werden, da beide in ähnlichen Situationen produziert wurden.

Unter den Emus gab es auch antagonistische Situationen, in denen es Drohattacken, Verfolgungen, drohende Fauchlaute bis hin zu physiologischen Auseinandersetzungen gab. Diese fanden auf der Straußenfarm hauptsächlich zwischen den einjährigen Männchen und deren Vater statt, vermutlich wenn diese um ihren Rang in der Gruppe stritten. Im Tierpark Herberstein waren die beobachteten Attacken stärker und aggressiver, denn die Verfolgung dauerte länger und wurde auch mehr physisch ausgetragen. Möglicherweise lag dieser Unterschied daran, dass die Tiere der Straußenfarm noch nicht geschlechtsreife Jungtiere waren, während es im Tierpark bei diesen Attacken vielleicht um sexuelle Rivalität ging.

Beim Trommellaut wurde der Halsluftsack aufgebläht und auch das Gefieder in dieser Region war aufgeplustert. Eventuell waren die Federn aufgrund der gedehnten Halshaut aufgestellt oder es wurde zusätzlich gemacht, um den Laut durch ein optisches Signal zu verstärken, damit das Weibchen so noch größer und imposanter wirkte. Wie bei Poulin & Lefebvre (2003) beschrieben erfordert beispielsweise bei der Rohrdommel, *Botaurus stellaris*, das Booming eine physiologische Änderung des Oesophagus und Mundes. Sowie eine Vergrößerung der Halsmuskulatur was zu einer signifikanten Zunahme der Körpermasse während der Boomingsaison führt. Dieser Laut hat eine große Reichweite und besteht aus Wiederholungssequenzen (Poulin & Lefebvre, 2003). Vielleicht ist das vergleichbar mit dem Trommeln der Emuweibchen und die physiologischen Veränderungen sind ähnlich. Denn die Emus können auch ihren Oesophagus verändern wie in Herd (1983) beschrieben, da in diesem, aufgrund eines fehlenden Kropfes, durch Streckung Nahrung gespeichert werden kann. Auch bei der Körpermasse könnte es Ähnlichkeiten geben, da die Hennen auch schwerer sind als die Männchen, obwohl beide Geschlechter gleich viel Fett haben wie in Mincham et al. (1998) erläutert, so liegt die Gewichtszunahme der Weibchen vielleicht auch an der vermehrten Muskelmasse.

Ergebnisse der morphologischen und physiologischen Untersuchungen der Emus zeigen eine relativ niedrige Sauerstoffanforderung, was zur Evolution der Vögel mit fehlenden Prädatoren passt (Maina & King, 1989). Vielleicht produzieren sie und auch andere Ratiten deswegen weniger Laute als andere Vögel, weil sie keine Feinde hatten, vor denen sie ihre Artgenossen warnen mussten, denn die Dingos die heute eine Bejagungsgefahr darstellen, kamen evolutiv erst spät nach Australien.

Da die Emus mit den Kasuaren näher verwandt sind und in die Unterordnung Casuarii zusammengestellt werden, könnten deren Laute auch ähnlich sein. Von Kasuaren selbst konnten

zwar keine Vokalisationen aufgenommen werden, aber in Mack und Jones (2003) werden einige Kasuarlaute beschrieben, deren Grundfrequenzen hinunter gehen bis 32 Hertz beim Helmkasuar und 23 Hertz beim Benettkasuar. Diese Laute sind gepulste Boominglaute, die in ihrer Länge und den Frequenzen und der Intensität im Verlauf variieren und deren Serie ähnlich dem Trommeln der Emus ist. Vielleicht könnten dann die Emulaute auch in solche tieferen Frequenzen hinuntergehen.

Es wurden zwar keine Infraschallfrequenzen in den Lauten aller aufgenommenen Ratitenfamilien gefunden, aber es gibt Hinweise in der Basilarpapille des Emus, dass es möglich wäre. Bei Mack und Jones (2003) wird auch angenommen, dass die Hörfähigkeit der Emuküken darauf schließen lässt, dass Infraschall von Adulten gehört werden kann und Emus niedrige Frequenzen bis zu 60-80 Hertz produzieren. Das stimmt auch mit dem tiefsten Grundfrequenzwert bei den aufgenommen Lauten überein, der bei 86 Hertz bei einem Trommeln lag. Da die Körpergröße signifikant mit der Größe der Basilarpapillen korreliert und deren Länge mit der sensibelsten Frequenz zusammenhängt (Fischer, 1998; Gleich et al., 2005), hören größere Vögel also besser tiefere Frequenzen. Vögel haben nämlich zwei Typen von Basilarpapillen, kurze und lange (Köppl et al., 2000; Manley, 2000), von denen die langen Haarzellen sensibel für niedrige Frequenzen sind und Emus haben einen unüblich großen Prozentanteil solcher Haarzelltypen (Manley et al., 1997; Yates et al., 2000). Diese sind bei ihnen dicht gepackt und sehr lang, was ein primitiver Zustand oder eine Spezialisierung der Emus ist, da in ihrer Vokalisation die dominanten Frequenzen unter 0,5 kHz liegen (Fischer, 1998). Das deckt sich auch mit den gemessenen Frequenzen, die beim Emu nie über 300 Hertz lagen, mit Ausnahme des Fauchens.

So zeigt auch das Audiogramm der Emus eine höhere Sensibilität bei niederen Frequenzen (MacLeod et al., 2006; Manley et al., 1997). Diese Sensibilität wird nur noch von der Taube übertroffen, die auf das Hören von Infraschall spezialisiert ist, die Zellen dafür wurden beim Emu allerdings noch nicht gefunden (Manley et al., 1997).

4.5. Allgemein

Vielleicht können die Ratiten Infraschallfrequenzen nicht selbst produzieren, aber wahrnehmen, wie beispielsweise Fasanvögel, die Infraschall detektieren können, wobei das durch Vibrationen des Substrats unwahrscheinlich ist, also müssten sie ihn direkt hören können, wie Tauben (Quine, 1979). In bestimmten Umgebungen, beispielsweise der offenen Savanne gibt es Temperaturinversionen und dort können Frequenzen im Infraschallbereich bis 10 km weit gehen (Fitch, 2006). Da der Strauß auch in der Savanne lebt und der Emu und Nandu in ähnlichen Gebieten vorkommen, wäre es möglich, dass die Tiere auch solche tiefen Frequenzen produzieren können. Es könnte auch eine Rolle spielen, ob die Tiere in Haltung leben oder in der Wildnis. Vielleicht produzieren sie nur dort Infraschallfrequenzen, wobei diese aber auch von Elefanten in der Zoohaltung produziert werden.

Also ist dieser Punkt eher unwahrscheinlich, denn warum sollten dann die Vögel einen Unterschied machen, ihre Frequenzen regeln und an ihre Haltung anpassen, besonders da das Areal in dem aufgenommen wurde sehr weitläufig war.

Da die Schnabelform, sowie auch das Volumen des Mundes und die Zungenposition einen Effekt auf die Laute haben (Fletcher & Tarnopolsky, 1999), könnte das ein Grund dafür sein, dass Flachbrustvögel andere Laute als passerine Vögel produzieren. Denn die palaeognathe Gaumenstruktur und ihre einzigartige Schnabelform bilden vielleicht eine Mundhöhle, die einen anderen Resonanzraum erzeugt. Dadurch und durch ihre größere Körpergröße, die zusätzliche Verstärkungsmöglichkeiten bietet, könnten die tieferen Frequenzen in ihrer Vokalisation ermöglicht werden. Das würde vielleicht auch die Unterschiede in der Vokalisation zwischen den Kiwis und den übrigen Ratitenfamilien erklären. Denn diese haben, wie bei Corfield et al. (2008) beschrieben, ein komplexes System der akustischen Kommunikation und unter den Flachbrustvögeln die meisten Vokalisationen, die auch hochfrequente Komponenten haben. Diese Kiwilaute ähneln nicht dem Booming und Grunzen der Emus, Kasuare, Nandus oder Strauße, bei denen niedrige Frequenzen unter 300 Hertz dominieren. Als mögliche Erklärung für diese ungleiche Vokalisationsentwicklung wurde die geringe Körpergröße der Kiwis angegeben, aber vielleicht spielt noch zusätzlich die unterschiedliche Schnabelform dabei eine Rolle.

Die Körpertemperatur ist ein zusätzlicher Faktor der die Antwortfrequenz bei Vögeln beeinflusst, so kann eine Temperaturänderung von 10°C zu einer Frequenzverschiebung von einer Oktave führen (Gleich et al., 2005). Da Ratiten eine niedrigere Körpertemperatur als andere Vögel haben, könnte das vielleicht auch ein Grund sein, warum deren Laute tiefer sind.

Allgemein kann man sagen, dass die Laute der Flachbrustvögel eher vogeluntypisch klingen, der Vergleich in der Literatur mit Säugetierlauten sehr gut passt und sie zwar tiefe Frequenzen haben, aber keine im Infraschallbereich gefunden wurden. Leider ist die Literatur über die Vokalisation dieser Tiere, speziell den strukturellen Aufbau und die Frequenzverteilung sehr spärlich, weshalb ein Vergleich mit den aufgenommenen Lauten nicht möglich war.

Man bräuchte größere Stichproben um genauere Aussagen über die Vokalisationen der Ratiten zu treffen, die alle eine wichtige ökologische Rolle besitzen. Beispielsweise die frugivoren Kasuare bei der Samenverbreitung im Regenwald, ähnlich dem helfen die Emus bei der genetischen Durchmischung von Pflanzen und sie steigern die Keimfähigkeit einiger Samen. Kasuare und Kiwis sind aber schon am Rande des Aussterbens (Sales, 2009), deshalb ist es wichtig mehr über sie zu erfahren. Dazu gehört auch das Wissen über ihre Vokalisation, um sie besser schützen zu können, als Hilfe bei Wiederansiedelungsprogrammen aber auch für die kommerzielle Haltung dieser Tiere.

5. Quellenverzeichnis

- Beaver P.W.** (1978); Ontogeny of Vocalization in the Greater Rhea; *The Auk*. 95: 382-388
- Bertelli S., Tubaro P. L.** (2002); Body mass and habitat correlates of song structure in a primitive group of birds; *Biological Journal of the Linnean Society*. 77 (4): 423-430
- Bezzel E., Prinzinger R.** (1990); *Ornithologie*; Stuttgart, Ulmer: 33-35, 80, 108-109, 213, 264-279, 285-286, 292
- Brooke M., Birkhead T.** (1991); *The Cambridge Encyclopedia of Ornithology*; Cambridge University Press: 85-89, 281-283
- Cho Patricia, Brown R., Anderson M.** (1984); *Comparative Gross Anatomy of Ratites*; *Zoo Biology*. 3: 133-144
- Cockburn A.** (2006); Prevalence of different modes of parental care in birds; *Proceedings of the Royal Society London B*. 273: 1375-1383
- Codenotti T.L., Alvarez, F.** (1996); Cooperative breeding between males in the Greater Rhea *Rhea Americana*; *Ibis*. 139: 568– 571
- Cooper A., Lalueza-Fox C., Anderson S., Rambaut A., Austin J., Ward R.** (2001); Complete mitochondrial genome sequences of two extinct moas clarify ratite evolution; *Nature*. 409: 704-707
- Corfield J., Gillman L., Parsons S.** (2008); Vocalizations of the north island brown kiwi (*Apteryx Mantelli*); *The Auk*. 125 (2): 326-335
- Cracraft J.** (1981); Toward a phylogenetic classification of recent birds of the world (class Aves); *Auk*. 98: 681-714
- Cracraft J.** (2001); Avian evolution, Gondwana biogeography and the Cretaceous-Tertiary mass extinction event; *Proceedings of the Royal Society London B*. 268: 459-469
- Cramp S., Simmons K.E.L.** (1977); *Handbook of the Birds of Europe the Middle East and North Africa, The Birds of the Western Palearctic, Volume 1, Ostrich to Ducks*; Oxford University Press: 37-41
- Crawford E.C., Lasiewski R.C.** (1968); Oxygen Consumption and Respiratory Evaporation of the Emu and Rhea; *The Condor*. 70: 333-339
- Csermely D., Gaibani G., Dardani E.** (2007); Year-round behavioural sequences in captive ostrich (*Struthio camelus domesticus*) pairs; *Applied Animal Behaviour Science*. 103: 156-166
- De Azevedo C.S., Young R.J.** (2006a); Behavioural responses of captive-born greater rheas *Rhea Americana* Linnaeus (Rheiformes, Rheidae) submitted to antipredator training; *Revista Brasileira de Zoologia*. 23 (1): 186-193
- De Azevedo C.S., Young R.J.** (2006c); Shyness and boldness in greater rheas *Rhea Americana* Linnaeus (Rheiformes, Rheidae): the effects of antipredator training on the personality of the birds; *Revista Brasileira de Zoologia*. 23 (1): 202-210

del Hojo J., Elliot A., Sargatal J. eds. (1992); Handbook of the birds of the world, Volume 1, Ostrich to Ducks; Lynx Edicions, Barcelona: 50, 51,76-125

Fernandez G.J., Reboreda J.C. (2003); Male parental care in greater rheas (*Rhea americana*) in Argentina; *The Auk*. 120 (2): 418-428

Fischer F. P. (1998); Hair cell morphology and innervations in the basilar papilla of the emu (*Dromaius novaehollandiae*); *Hearing Research*. 121: 112-124

Fitch, W. T. (2000); The evolution of speech: a comparative review; *Trends in Cognitive Sciences*. 4 (7): 258-267

Fitch W. T. (2006); Production of Vocalizations in Mammals; in *Encyclopedia of Language and Linguistics*, edited by K. Brown (Elsevier, Oxford): 115-121

Fitch W.T., Hauser M.D. (2002); Unpacking "Honesty": Vertebrate Vocal Production and the Evolution of Acoustic Signals; In: *Acoustic Communication* (Ed. Simmons, A. M., Fay, R. R. & Popper, A. N.), New York: Springer: 65-137

Fletcher N.H., Tarnopolsky A. (1999); Acoustics of the avian vocal tract; *Journal Acoustical Society America* 105 (1): 35-49

Forbes B.A. (1881); On the conformation of the thoracic end of the trachea in the "ratite" birds; *Proc. Zool. Soc. Lond.*: 778-788

Fowler M.E. (1991); Comparative clinical anatomy of ratites; *J. Zoo Wildlife Med.* 22: 204-227

Franco P., Slabbekoorn H. (2009); Repertoire size and composition in great tits: a flexibility test using playback; *Animal Behaviour*. 77: 261-269

Garitano-Zavala A. (2009); Evolutionary Loss of the Extrinsic Syringeal Muscle Sternotrachealis in Darwin's Nothura (*Nothura darwinii*); *The Auk*. 126 (1): 134-140

Gill F.B. (1995); *Ornithology* 2d ed.; W.H. Freeman and Company: 52-54, 619-621, 233-260

Gleich O., Dooling R.J., Manley G.A. (2005); Audiogram, body mass and basilar papilla length: correlations in birds and predictions for extinct archosaurs; *Naturwissenschaften*. 92: 595-598

Glenny F.H. (1954); Antarctica as a center of origin of birds; *The Ohio Journal of Science*. 54 (5): 307-314

Góes P.A.A., Cavalcante A.K. da S., Nichi M., Perez E.G. de A., Barnabe R.C., Barnabe V.H. (2010); Reproductive characteristics of captive greater rhea (*Rhea americana*) males reared in the state of Sao Paulo, Brazil; *Revista Brasileira de Ciencia Avicola*. 12 (1)

Hagstrum J.T. (2007); The Case for Infrasound as the Long-Range Map Cue in Avian Navigation; *Proceedings of the 63rd Annual Meeting; Institute of Navigation*

Handford P., Mares M.A. (1985); The mating system of ratites and tinamous: an evolutionary perspective; *The Linnean Society of London*: 77-104

Harshman J., Braun E.L., Braun M.J., Huddleston C.J., Bowie R.C.K., Chojnowski J.L., Hackett S.J., Han K.L., Kimball R.T., Marks B.D., Miglia K.J., Moore W.S., Reddy S., Sheldon F.H.,

- Steadman D.W., Steppan S.J., Witt C.C., Yuri T.** (2008); Phylogenomic evidence for multiple losses of flight in ratite birds; PNAS.105 (36): 13462-13467
- Herd R. M.** (1985); Anatomy and Histology of the Gut of the Emu *Dromaius novaehollandiae*; Emu 85 (November): 43-46
- Hu Y., Cardoso G. C.** (2009); Are bird species that vocalize at higher frequencies preadapted to inhabit noisy urban areas?; Behavioral Ecology. 20 (6): 1268-1273
- Janicke T., Hahn S., Ritz M. S., Peter H. U.** (2008); Vocal performance reflects individual quality in a nonpasserine; Animal Behaviour. 75: 91-98
- Köppl C., Manley G.A., Masakazu K.** (2000); Auditory processing in birds; Current Opinion in Neurobiology. 10: 474-481
- Langmore N. E.** (1998); Functions of duet and solo songs of female birds; Trend in Ecology and Evolution 13: 136-140
- Mack A. L., Jones J.** (2003); Low-Frequency Vocalizations by Cassowaries (*Casuarius spp.*); The Auk. 120 (4): 1062-1068
- MacLeod K. M., Soares D., Carr C. E.** (2006); Interaural Timing Difference Circuits in the Auditory Brainstem of the Emu (*Dromaius novaehollandiae*); The Journal of Comparative Neurology. 495: 185-201
- Maina J. N., King A. S.** (1989); The lung of the emu, *Dromaius novaehollandiae*: a microscopic and morphometric study; Journal Anatomy. 163: 67-73
- Manley G. A., Köppl C., Yates G. K.** (1997); Activity of primary auditory neurons in the cochlear ganglion of the emu *Dromaius novaehollandiae*: Spontaneous discharge, frequency tuning, and phase locking; Journal Acoustical Society America. 101 (3): 1560-1573
- Manley G.A.** (2000); Cochlear mechanisms from a phylogenetic viewpoint, Colloquium; PNAS. 97 (22): 11736-11743
- McCracken K.G., Sheldon F.H.** (1997); Avian vocalizations and phylogenetic signal; Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 94: 3833-3836
- Minchman R., Malecki I.A., Williams K.M., Blache D., Williams I.H., Martin G.B.** (1998); Assessment of Fat Content and Body Condition in the Emu; Animal Production in Australia. 22: 197-200
- Moss R., Lockie I.** (1979); Infrasonic components in the song of the Capercaille Tetrao urogallus; Ibis 121: 95-97
- Noble J.C.** (1991); On ratites and their interactions with plants; Revista Chilena de Historia Natural. 64: 85-118
- Ohala J. J.** (1996); Ethological theory and the expression of emotion in the voice; Wilmington: University of Delaware. [4th International Conference on Spoken Language Processing, Philadelphia]. Proc. ICSLP 96. 3: 1812-1815

- Owens I.P.F.** (2002); Male-only care and classical polyandry in birds: phylogeny, ecology and sex differences in remating opportunities; *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 357: 283-293
- Poulin B., Lefebvre G.** (2003); Variation in Booming among Great Bitterns *Botaurus Stellaris* in the Camargue, France; *Ardea.* 91 (2): 177-182
- Quine D.B.** (1979); Birds and Infrasound; *Journal Acoustical Society America.* 66 (2): 603
- Raikow R.J.** (1968); Maintenance Behavior of the common rhea; *The Wilson Bulletin.* 80 (3): 312-319
- Raikow R. J.** (1969); Sexual and agonistic behavior of the common rhea; *The Wilson Bulletin.* 81 (2): 196-206
- Ryan M.J.** (1986); Factors Influencing the Evolution of Acoustic Communication: Biological Constraints; *Brain Behavior and Evolution.* 28: 70-82
- Sales J.** (2006); The rhea, a ratite native to South America; *Avian and Poultry Biology Review.* 17 (4): 105-124
- Sales J.** (2007); The emu (*Dromaius novaehollandiae*): a review of its biology and commercial products; *Avian and Poultry Biology Reviews.* 18 (1): 1-20
- Sales J.** (2009); Current conservation status of Ratites; *Journal of Threatened Taxa.* 1(1): 9-16
- Samson J.** (1996); Behavioral problems of farmed ostriches in Canada; *Can Vet Journal.* 37: 412-414
- Schmidt-Nielsen K., Kanwisher J., Lasiewski R. C., Cohn J.E., Bretz W.L.** (1969); Temperature Regulation and Respiration in the Ostrich; *The Condor.* 71: 341-352
- Schmitt P. M., Powell F. L., Hopkins S. R.** (2002); Ventilation-perfusion inequality during normoxic and hypoxic exercise in the emu; *J. Appl. Physiol.* 93: 1980-1986
- Storch V., Welsch U.** (2006); *Kükenthal-Zoologisches Praktikum*; 25. Auflage, Elsevier GmbH Spektrum Akademischer Verlag: 407
- Tadjalli M., Mansouri S.H., Poostpasand A.** (2008); Gross anatomy of the oropharyngeal cavity in the ostrich (*Struthio camelus*); *Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University.* 9 (4, 25): 316-323
- Van Tuinen M., Sibley C. G., Blair Hedges S.** (1998); Phylogeny and Biogeography of Ratite Birds Inferred from DNA Sequences of the Mitochondrial Ribosomal Genes; *Mol. Biol. Evol.* 15 (4): 370-376
- Vehrencamp S.L.** (2000); Evolutionary routes to joint-female nesting in birds; *Behavioral Ecology.* 11 (3): 334-344
- Yates G. K., Manley G. A., Köppl C.** (2000); Rate-intensity functions in the emu auditory nerve; *Journal Acoustical Society America* 107 (4): 2143-2154

6. Deutsche Zusammenfassung

Bislang galten die Forschungen der Vogelvokalisation vorwiegend den passerinen Vogelarten, während die der Arten der Ordnung Struthioniformes eher unbekannt ist. In dieser Studie wurde die akustische Kommunikation dieser Flachbrustvögel untersucht, speziell die der Familien der Struthionidae, Rheidae und Dromaiidae. Die Aufnahmen dafür erfolgten in einer Straußenfarm, dem Zoo Schönbrunn und den Tiergarten Herberstein.

Bei allen drei Ratitenfamilien wurden Fauchlaute gefunden, die immer rauschhaft und breitbandig waren, die restlichen Laute unterscheiden sich jedoch. So konnten bei den adulten Straußen, neben zwei non-vokalen Lautarten, acht Lauttypen gefunden werden, der Demutslaut, Hu- und Up-Laute, Gutturallaute, Fauchen, Brummen, Paarungslaute und Boominglaute. Die Abgaben dieser Laute waren meist mit einer mehr oder weniger starken Aufblähung des Kehlluftsackes oder des Halsluftsacks verbunden, die offensichtlich als Resonanzräume fungieren. Die Dauer der Straußenlaute lag zwischen 0,04 und 9,72 Sekunden und die Grundfrequenz lag zwischen 67 und 721 Hertz, wobei die tiefsten Frequenzen eher bei den Lauten der Männchen vorkamen. Im Vergleich zu den adulten Straußen produzierten die Küken mehr Laute, die harmonischer klangen und höhere Frequenzen hatten. So lagen die Grundfrequenzen dieser gepulsten Kükenlaute zwischen 889 und 1770 Hertz, wobei das Energieschwergewicht bei 1200 Hertz lag, bei einer Dauer von etwa 0,02 bis 2,5 sec. Somit liegt hier eine starke Veränderung in der Vokalisation vor, die offensichtlich auf anatomische Änderungen zurückzuführen ist.

Die Nandus produzierten neben dem Fauchen nur einen Lauttyp und dieser „Nandulaut“ war zweiteilig, wobei die Form der Teile variierte. Der Laut hatte eine Dauer von 0,75 bis 1,5 Sekunden und die Grundfrequenzen reichten hinab bis auf 88 Hertz.

Die Emus produzierten vier Laute die, bis auf das Fauchen, alle gepulste Laute waren, das Trommeln, Grunzen und Brummen. Die Dauer der Emulaute reichte von etwa 0,1 bis 12,5 Sekunden, wobei diese dabei aus 2 bis 71 Pulsen bestanden und die Grundfrequenz lag zwischen 86 und 388 Hertz.

Zwar besitzen diese Vögel keine richtige Syrinx, jedoch produzieren sie trotzdem Laute und sind nicht still. Nonpasserine Vögel sind größer und benutzen niedrigere Frequenzen, es gibt auch Hinweise auf infraschallnahe Laute bei Kasuaren. Jedoch wurden bei dieser Untersuchung keine Infraschallkomponenten in den Lauten gefunden, aber die Frequenzen reichen doch bei allen Arten unter 100 Hertz.

7. Abstract

Although there is much research on the topic of bird acoustic, the most of it was about passerine birds and only little is known about the vocalization of the order struthioniformes. In this study is investigated the acoustic communication of ratites, specific those of three families, the struthionidae, rheidae and dromaiidae. The recordings were made at an ostrichfarm, in the zoos Schönbrunn and Herberstein.

All three ratitefamilies produced hissings, which were always noisy and wide-banded, but the other soundtypes differed. So the adult Ostrichs produced, among two non-vocal sounds, eight soundtypes, the humility-sound, guttural-sound, hissing, growling, copulation-sounds and booming-calls. The emissions of these sounds were with a more or less powerful inflated guttural air sac or air sac in the neck, which act obviously as resonance space. The duration of the Ostrich sounds were between 0,04 and 9,72 seconds and the range of the fundamental frequency was 67 to 721 hertz, but the deepest frequencies were more in the calls of the males. Compared to the sounds of the adult Ostrich the chicks produced more calls, which sounded more harmonious and had higher frequencies. The fundamental frequencies of the pulsed chicks sounds ranged from 889 to 1770 hertz, but the energy emphasis was at 1200 hertz, by a duration of 0,02 to 2,5 sec. Thus it is a heavy change in the vocalization, which is obviously attributed to anatomical changes.

The Rheas produced among the hissing only one soundtype and this "rheacall" is two-part, but the form of them varied. The call had a duration range from 0,75 to 1,5 seconds and the fundamental frequencies reached down to 88 hertz.

The Emus produced four soundtypes, which except the hissing, were all pulsed, the drumming, grunting and growling. The duration ranged about from 0,1 to 12,5 seconds, they contented of 2 to 71 pulses and the fundamental frequency was between 86 and 388 hertz.

Even though these birds haven't got a real syrinx, they produce nevertheless sounds and aren't silent. Nonpasserine birds are taller and use lower frequencies and there are also hints to calls near the infrasound range in cassowaries. However in this investigation were no infrasound components found in the sounds, but the frequencies reach in all species less than 100 hertz.

8. Danksagung

An erster Stelle gebührt ein großer Dank Herrn Ao. Prof. Dr. Helmut Kratochvil, für die Einführung in den interessanten Bereich der Bioakustik, der Bereitstellung der Aufnahmegeräte und vor allem für die Idee zu diesem Thema, der Übernahme und Betreuung meiner Diplomarbeit und seiner anhaltenden Hilfsbereitschaft.

Einen großes Dankeschön möchte ich auch an Frau Dr. Angela Stöger-Horvath aussprechen, für ihre Hilfe, Ratschläge und Unterstützung zu dieser Arbeit, dadurch wurde mir der Einstieg in diese Thematik erleichtert und die Freude daran wurde verstärkt.

Weiters möchte ich mich bei meinem Studienkollegen Anton Baotic bedanken, besonders für seine Unterstützung bei technischen Angelegenheiten.

Ich danke den beiden wunderschönen österreichischen zoologischen Gärten, dem Zoo Schönbrunn und Tiergarten Herberstein, sowie deren Mitarbeitern für die Erlaubnis zu diesen Aufnahmen und der freundlichen Beantwortung von Fragen.

Ganz besonders möchte ich mich bei der Familie Gärtner und ihrer Straußenfarm für die freundliche und hilfsbereite Ermöglichung bedanken meine Daten aufzunehmen und ihre Tiere von einer geringeren Distanz in solch einer schönen Umgebung zu beobachten.

Ein herzliches Dankeschön gehört meiner Kollegin und Freundin Nicole Teufl, die mir ein großer Beistand bei vielen Aufnahmen war und mit der einige Stunden des Wartens vor Gehegen schneller vergingen.

Ganz besonderer Dank gebührt meiner Schwester Claudia und meinen Eltern Gertrude und Friedrich Reinold, die immer für mich da waren, Verständnis für alles hatten und mich unterstützten. Das Interesse an der Natur verdanke ich der frühen Förderung durch meine Eltern, die immer an mich glaubten und es mir ermöglichten meinen Interessen nachzugehen.

9. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Reinold Cornelia
Anschrift: A-1210 Wien, Arnoldgasse 2/4/12
Telefon: 069912707574
email: nellyr@aon.at
Geburtsdatum und Ort: 24.01.1983 in Wien
Staatsangehörigkeit: Österreich
Familienstand: ledig

Berufliche Ausbildung

1994-2002 Bundesrealgymnasium, Franklinstraße 21, 1210 Wien
Juni 2002 Matura (Reifeprüfung des Bundesrealgymnasiums)
seit Oktober 2002 Universität Wien, Diplomstudium Biologie/Zoologie
seit Oktober 2010 Universität Wien, Lehramtsstudium Biologie,
Psychologie und Philosophie

Berufliche Erfahrung

seit Jänner 2003 Nachhilfeunterricht in Biologie
seit 2003 Förderunterricht für die Unterstufe des Gymnasiums
2008-2009 Informationsstandbetreuung in österreichischen Zoos bei
Aktionstagen

Sprachkenntnisse: Deutsch (Muttersprache), Englisch, Französisch (Schulniveau)

EDV-Kenntnisse: Microsoft Office, Microsoft Excel, SPSS, STx, PRAAT

