

Was können Küken uns sagen? Erschließung der Lautäußerungen von Tieren als Informationsquelle

Dr. Gunther Marx, Dr. Andrea Schmidt und Dr. Jana Leppelt (FAL, Mariensee)

Für die Nutztierhaltung werden zunehmend intensivere Kontakte zwischen Tierhalter und Tier gefordert. Dies betrifft besonders die Geflügelhaltung in mittleren bis großen Stalleinheiten, wo in der Praxis die Zeit für Kontakte mit den Tieren immer kürzer wird. Damit nimmt die Bedeutung von Verhaltensweisen als Bioindikator für Zustandsänderungen zu. Eine der markanten Verhaltensweisen bei Küken sind die Lautäußerungen. Wenn wir die Lautäußerungen von Küken mit den vorhandenen technischen Hilfsmitteln vergleichend analysieren, können wir sie besser verstehen lernen. Daraus können sich neue Wege zu einer Bewertung von Haltungsbedingungen und Managementmaßnahmen mit Hilfe des Tieres selbst eröffnen. Die Küken können uns also etwas sagen, wir müssen nur lernen besser zuzuhören.

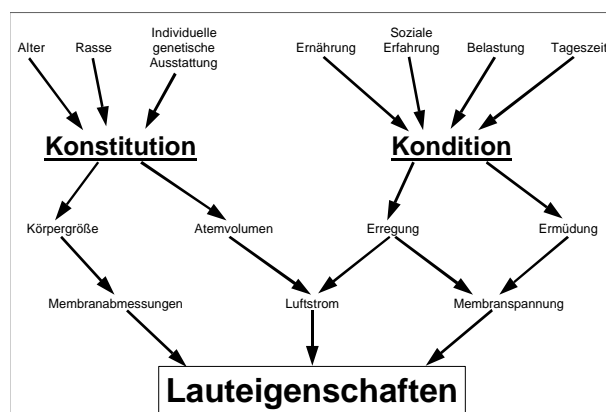
Grundlagen der Lautanalyse

Um ein Verhalten richtig einzuschätzen, ist ein umfassendes Wissen über die natürliche Funktion der jeweiligen Verhaltensweisen Voraussetzung. Wie viele andere Tiere haben auch Hühner während ihrer Evolution ein spezifisches Repertoire an Lauten ausgebildet. Die Lautäußerungen dienen in der innerartlichen Kommunikation zur Übertragung von Informationen zwischen den Tieren.

Durch eine intensive Beobachtung der Lautäußerungen können wir Wissen über das strukturelle Signalrepertoire der jeweiligen Tierart erlangen. Wenn wir dann die Reaktion anderer Tiere auf die Laute und das Verhaltensumfeld beobachten, können wir auch die Bedeutung oder die Funktion einzelner Signale entschlüsseln.

Aufgrund der engen Kopplung der Lauterzeugung bei Wirbeltieren an wichtige Vitalfunktionen wie die Atmung sind in jedem Lautsignal neben der zu übertragenden Information noch zusätzliche Informationen über den Sender enthalten. Auch beim Menschen werden neben dem Wortsinn im großen Umfang Informationen über den emotionalen Zustand des Sprechers übertragen (KLASMEYER, 1995). Die möglichen Wirkwege der Beeinflussung von Lauteigenschaften bei Vögeln ist in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1: Schematische Darstellung möglicher Wirkwege für eine Veränderung der Lauteigenschaften bei Küken



Die erste Voraussetzung für diese Studien ist eine Erfassung des Signals, was bei akustischen Signalen seit Erfindung des Tonbandes recht einfach möglich ist. Da akustische Signale auch von Tonbändern schwer zu vergleichen sind, wurden Methoden entwickelt, um die Struktur eines Lautes grafisch darzustellen. Die erfolgreichste Methode war die Darstellung der Frequenzkomponenten eines Lautes in einem Sonogramm. In einem Sonogramm werden auf der Y-Achse die Frequenzen und auf der X-Achse die Zeit aufgetragen und die jeweilige Signalintensität als Schwärzung für jede Frequenzlinie eingezeichnet. Der für diese Messungen entwickelte Sonograph (KOENIG et al., 1946) wurde lange Zeit eingesetzt, um die Laute verschiedener Tiere zu beschreiben.

Mit der Entwicklung der Computertechnik kamen neue Impulse von der experimentellen Forschung zur automatischen Spracherkennung. Es wurden durch Nutzung der Fast-Fourier-Transformation (FFT) nach COOLEY und TUKEY (1965) neue Verfahren zur Darstellung und Vermessung von Lautäußerungen entwickelt. Für die Darstellung der Lautstruktur wurde die Form des Sonogramms beibehalten (siehe Abb. 2), nur ist heute eine genauere Darstellung der Intensität als Farb- oder Graustufenskala möglich. Die dieser Darstellung im Computer zugrundeliegenden Zahlenfelder ermöglichen außerdem numerische Berechnungen zur Ermittlung und Unterscheidung von Lauteigenschaften. So wurde es möglich, dass heute ein Computer die verbale Kommunikation des Menschen verstehen kann. Basierend auf den Erfahrungen der experimentellen Spracherkennung wurden in den letzten Jahren neue Methoden für vergleichende Untersuchung von Tierlauten entwickelt (MARX, 1994; SCHRADER und HAMMERSCHMIDT, 1997). Im Anhang sind die den hier vorgestellten Arbeiten zugrunde liegenden Methoden der numerischen Lautanalyse kurz erklärt.

Lauttypen bei Küken

In den Lautäußerungen von Küken lassen sich nach ihrem Muster im Sonogramm sieben Lauttypen unterscheiden. In Abbildung 2 sind vier Abschnitte von jeweils zwei Sekunden aus den Lautäußerungen einer Küken-GLUCKEN Gruppe mit 10 Küken als Sonogramm dargestellt. Die Kükenlaute sind durch ein schmales Frequenzband, welches bei jedem Lauttyp in charakteristischer Weise seine Frequenz im Verlaufe des Lautes ändert, gekennzeichnet. Nur bei energiereichen Lauten treten zu diesem Grundfrequenzband harmonische Oberfrequenzen mit ganzzahligen Vielfachen der Frequenz auf.

Die Zuordnung der Laute zu den Lauttypen kann mit Hilfe einiger weniger einfacher Merkmale getroffen werden. Die Entscheidungswege der Lautklassifikation sind in Abbildung 3 zusammengestellt. Zuerst wird der Verlauf des Frequenzbandes betrachtet und in drei Gruppen mit überwiegend ansteigender, abfallender oder bogenförmiger Frequenzmodulation eingeteilt. Die Laute mit abfallender Frequenz werden, wenn eine sprunghafte Frequenzänderung fehlt, entsprechend ihrer Dauer und ihrer Energie in zwei Lauttypen unterschieden. Die dritte Gruppe von Lauten mit bogenförmiger Frequenzmodulation werden erst nach der Stellung aufeinander folgender Bögen in

Abbildung 2: Vier Sonagramme von Lautäußerungen einer Küken-Glücken-Gruppe
die Ziffern kennzeichnen die Zugehörigkeit einzelner Frequenzmuster zu den Lauttypen, der Buchstabe G unter dem letzten Sonagramm kennzeichnet die Laute der Glucke

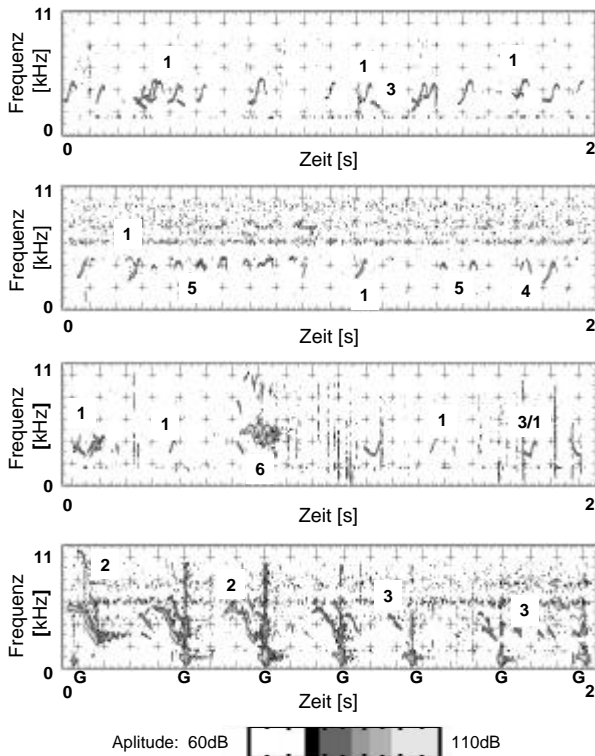
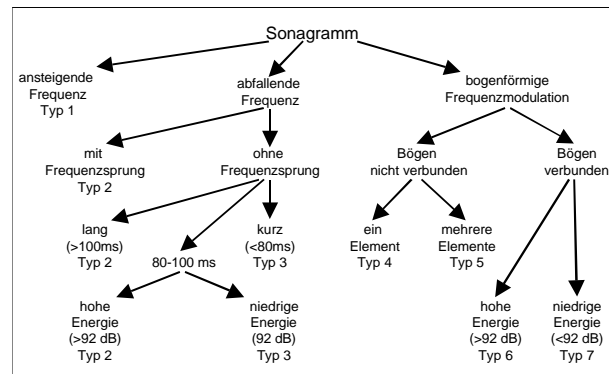


Abbildung 3: Entscheidungsbaum für die Klassifikation der Frequenzmuster von Kükenlauten im Sonagramm (vergleiche Abbildung 2)



Laute mit oder ohne Verbindung zwischen den Bögen unterteilt. Bei den Lauten mit nicht verbundenen Bögen wird dann zwischen Lauten mit einem Element und Lauten mit einer Folge von mehreren bogenförmigen Elementen unterschieden. Die Laute mit verbundenen Bögen werden entsprechend der Energie größer oder kleiner 92 dB unterteilt. In der Abbildung 2 sind typische Beispiele für die Lauttypen mit der entsprechenden arabischen Nummer gekennzeichnet.

Die Beschreibung der Lauteigenschaften für die sieben Lauttypen und die bisher in der Literatur für sie verwendeten Bezeichnungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Im unteren Sonagramm in Abbildung 2 ist zu sehen wie die Glucke mit Locklauten (in der Abbildung mit G gekennzeichnet) auf die Belastungslaute (Lauttyp 2) der Küken antwortet. Dabei senden Küken und Glucke den

Tabelle 1: Beschreibung der bei Küken am Sonagramm unterscheidbaren Lauttypen und ihre Bezeichnungen in der Literatur

Lauttyp	Beschreibung	Bezeichnung in der Literatur	Autor
1	Laute mit ansteigender Frequenz, sehr variabel in Dauer und Energie	Stimmföhlungslaut Pleasure note Le cri simple de plaisir Twitter	HEINROTH (1924) ANDREW (1964) GUYOMARC'H (1966) ANDREW (1973)
2	Laute mit abfallender Frequenz, hoher Energie und häufig deutlichem Frequenzsprung	Verlassenheitsweinen Distress call Verlassenheitslaute Le cri d'appel du poussin Peep Belastungslaut	LORENZ (1935) COLLIAS (1952) BÄUMER (1962) GUYOMARC'H (1966) ANDREW (1973) MARX u. LEPELDT (1997)
3	Kurze Laute mit abfallender Frequenz und geringer Energie	Cri rythmique d'activité intense Short peep	GUYOMARC'H (1966) KRUIJT (1964)
4	Einzellaute mit bogenförmiger Frequenzmodulation	Circumflex call	ANDREW (1973)
5	Serien kurz aufeinander folgender Laute mit bogenförmiger Frequenzmodulation	Cri rythmique d'assouplissement Warble	GUYOMARC'H (1966) ANDREW (1973)
6	Laute mit wellenförmiger Frequenzmodulation und hoher Energie	Schrecktriller Fear trill Trills du poussin Short trills	BÄUMER (1962) ANDREW (1964) GUYOMARC'H (1966) ANDREW (1973)
7	Laute mit wellenförmiger Frequenzmodulation und niedriger Energie	Weiche Triller Cri de sommeil trainant	BÄUMER (1962) GUYOMARC'H (1966)

Hauptteil der Energie in ihren Lauten in unterschiedlichen Frequenzbereichen. Die höchste Energie liegt in den Lauten der Glucke unterhalb von 2 kHz und in den Lautäußerungen der Küken zwischen 2 und 6 kHz.

Information in der Verteilung der Lauttypen

Zur Untersuchung des Zusammenhanges zwischen der Äußerung der verschiedenen Laute durch Küken und ihrem Verhalten haben wir in einem Versuch die Lautäußerungen mehrerer Küken-Glücken-Familien beobachtet (SCHMIDT, 1999; SCHMIDT und MARX, 1998). Dafür wurde je eine Glucke mit 10 Küken in einem 4 m² großen mit Sichtblenden strukturierten Raum gehalten. In den ersten zwei Lebenswochen wurde zweimal täglich das Verhalten der Küken-Glücken-Gruppe einschließlich ihrer Lautäußerungen auf Video aufgezeichnet. Aus diesen Aufzeichnungen wurden entsprechend des Verhaltens der Tiere 1303 repräsentative 80-Intervalle ausgewählt. Die Lautäußerungen der Küken während dieser Zeit wurden an Hand der sonografischen Darstellung entsprechend der Beschreibung im vorherigen Abschnitt klassifiziert. Dabei konnten 99,25 % der über 350.000 klassifizierten Lautäußerungen einem der sieben oben beschriebenen Lauttypen zugeordnet werden. 72,33 % der Laute waren dem Lauttyp 3 (Short peep) zuzuordnen. Der Lauttyp 1 (Stimmföhlungs laut) war mit 19,83 % in den Lautäußerungen vertreten. Der dritthäufigste war der Lauttyp 2 (Belastungslaut) mit 5,28 %. Die restlichen vier Lauttypen traten alle nur selten mit jeweils weniger als 1 % Häufigkeit auf. Auch in einem kleineren Versuch mit Gruppen von 40 Küken ohne Glucke wurden für die drei häufigsten Lauttypen ähnliche Häufigkeiten beobachtet (26,40 % Stimmföhlungs laute, 72,50 % Short peeps und 1,13 % Belastungslaute; MAIR und MARX unveröffentlichte Daten).

In den ersten Lebenstagen zeigte das Verhalten der Küken einen ausgeprägten Rhythmus von Aktivitäts- und Ruhephasen von jeweils 20 bis 30 Minuten Dauer während des gesamten Lichttages. Ausgehend davon haben wir zuerst die Lautäußerungen zu Beginn, während und am Ende der Aktivitätsphasen am 2. und 3. Lebenstag verglichen. In diesen drei Teilen der Aktivitätsphase waren die Häufigkeiten der Stimmföhlungs laute (8,6 bis 9,8 Laute je Tier in 80 s) und der Belastungslaute (0,8 bis 1,2 Laute je Tier in 80 s) kaum verändert. Bei den Short peeps wurde eine Abnahme um die Hälfte am Ende der Aktivitätsphase beobachtet und gleichzeitig nahm die Zahl der Warbler (Lauttyp 5) von 0,19 auf 1,78 Laute je Tier in 80 s zu. Diese Beobachtung ermöglicht eine funktionelle Zuordnung des Wablers zur Vorbereitung des Kükens auf das Ruhen unter der Glucke. Wenn während der Aktivität aller Küken mehr als 50 % der Tiere mit dem Fressen beschäftigt waren, konnten wir einen Anstieg der Stimmföhlungs laute auf 15,35 Laute je Tier in 80 s und eine Reduktion der Short peeps feststellen.

Mit zunehmenden Alter der Küken verändert sich ihr Verhalten. Die einzelnen Küken gehen seltener unter die Glucke und die Synchronisation der Gruppe beim Ruhen wird immer geringer. Ab dem 6. Lebenstag waren die Küken in unseren Versuchen (bei 18 °C Raumtemperatur) schon relativ selbstständig. Der Vergleich der beobachteten Lauthäufigkeiten am 6./7. Lebenstag mit den Beobachtungen vom 2./3. Lebenstag ergab eine Erhöhung der Short peeps und der Belastungslaute sowie eine Abnahme der Warbler und Einzelwarbler (Lauttyp 4). Die Erhöhung der Anzahl der Belastungslaute ist zum größten Teil auf eine Zunahme der Situationen, in denen ein Küken den Sichtkontakt zur Glucke verloren hatte, zurückzuführen.

Außerdem waren während des Fressens am 6. und 7. LT neben einer erhöhten Anzahl von Stimmföhlungs lauten auch eine höhere Anzahl von Belastungslauten zu beobachten. Die Häufigkeiten beider Lauttypen gingen kurz nach dem Fressen wieder auf die Werte vor dem Fressen zurück. Die bisher in der Literatur beschriebene Zuordnung dieser Lauttypen ist:

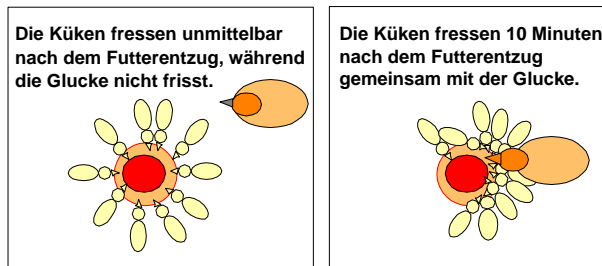
- Belastungslaute bei Einwirkung einer Belastung wie soziale Isolation bzw.
- Stimmföhlungs laute bei einer ungestörten Gruppe von Küken (daher auch die englische Bezeichnung Pleasure note).

So sollte eine Erhöhung der Häufigkeit eines der beiden Lauttypen an eine Abnahme des anderen Lauttyps gekoppelt sein. Um diesen Widerspruch aufzulösen, haben wir an mehreren Tagen bei verschiedenen Gruppen einen kurzzeitigen Futterentzug von 1,5 Stunden durchgeführt. Wir erwarteten dabei eine Zunahme der Belastungslaute als Zeichen von „Hunger“. Doch die Ergebnisse sahen ganz anders aus. Während des gesamten Futterentzuges konnte nur eine geringfügige Reduktion der Häufigkeit bei allen Lauttypen beobachtet werden. Unmittelbar nach der Beendigung des Futterentzuges durch Rückgabe des Futtertroges trat eine gravierende Änderung der Lautäußerungen auf. Die Anzahl von Stimmföhlungs lauten nahm um ein mehrfaches zu, sodass im Mittel 43,37 Laute pro Tier in 80 Sekunden abgegeben wurden. Gleichzeitig reduzierte sich die Anzahl der Short peeps um ca. die Hälfte verglichen zu den Lautäußerungen vor der Deprivation. Nach ca. 10 Minuten war die Verteilung der Lauttypen wieder verändert; nun waren sowohl Stimmföhlungs laute als auch Belastungslaute gegenüber der Beobachtung vor der Deprivation etwas erhöht und entsprachen annähernd den Beobachtungen beim ungestörten Fressen.

Eine Erklärung dieser unerwarteten Veränderungen in den Lautäußerungen der Küken ergibt sich bei Betrachtung des Verhaltens der Glucke gegenüber dem Fressen. In der Phase kurz nach Beendigung der Deprivation steht die Glucke etwas abseits und lässt die Küken fressen (Abb. 4 links). Dabei verteilen sich die Küken gleichmäßig um den Futtertroge. Nach einer gewissen Zeit (5 bis 10 Minuten) beginnt jetzt auch die Glucke zu fressen und alle Küken versuchen an der Stelle zu fressen, wo die Glucke hin pickt. Dadurch entsteht ein Gedränge um den besten Platz bei der Glucke und so sind immer einige Küken dabei, die ihrem Bedürfnis bei der Glucke zu fressen nicht nachkommen können (Abb. 4 rechts). Diese Tiere geben dann mehr Belastungslaute ab. Basierend auf diesen Beobachtungen ist die erhöhte Zahl der Stimmföhlungs laute während des Fressens auf die Befriedigung des Nahrungsbedürfnisses zurückzuführen. Die gleichzeitig erhöhte Anzahl von Belastungslauten ist durch die nicht für alle 10 Küken mögliche Realisierung eines angeborenen Verhaltensmusters - dem Fressen an dem Platz, an dem die Glucke pickt - verursacht.

Die einzelnen Lauttypen wurden bei ihrer Beschreibung in der Literatur zum Teil mit auf ihre Funktion hindeutenden Namen wie Belastungslaut oder „pleasure note“ versehen (siehe Tab. 1). Unsere Einteilung aller Laute eines jeweiligen Beobachtungsabschnittes in die sieben Lauttypen erfolgte nur aufgrund der im Sonogramm dargestellten Struktur. Die Betrachtung des Verhaltenskontextes zu den beobachteten Lautverteilungen eröffnet einen tieferen Einblick in die Verwendung der einzelnen Lauttypen.

Abbildung 4: Unterschiede in der Verteilung der Küken am Futtertrog beim Fressen mit und ohne Glucke nach dem Futterentzug



Die Beobachtungen beim Fressen bringen die Stimmföhlungs-laute in Zusammenhang mit positiven Wahrnehmungen und Situationen mit Bedürfnisbefriedigung. Dieser Zusammenhang wird auch durch die Beobachtung einer erhöhten Anzahl von Stimmföhlungs-laute beim Übergang zum Ruhen, wenn die Glucke bereits die Ruheposition eingenommen hat, unterstützt. Diese Ergebnisse rechtfertigen auch die in der englischsprachigen Literatur für diesen Laut verwendete Bezeichnung „pleasure note“ (COLLIAS und JOOS, 1953; KRUIJIT, 1964).

Die Short peeps sind die am häufigsten beobachtete Lautform. Sie ist in der Form des Frequenzbandes im Sonagramm leicht von den Stimmföhlungs-lauten zu unterscheiden. Die überwiegend abfallende Frequenzmodulation haben sie mit den Belastungs-lauten gemeinsam. Short peeps sind kürzer und energieärmer als Belastungs-laute. Im Gegensatz zum Belastungs-laut werden Short peeps auch nicht in Serien von mehr als drei aufeinander folgender Laute geäußert. Nur während des verteilten Fressens der Küken ohne die Glucke waren die Short peeps nicht die am häufigsten geäußerten Laute. In allen anderen Verhaltenssituationen der Küken-Glücken-Gruppe waren sie die am häufigsten geäußerten Laute. Short peeps nahmen besonders bei erhöhter Aktivität der Glucke zu. Zum Beispiel waren sie erhöht, wenn eine Ruhephase durch Aufstehen der Glucke beendet wurde oder die Glucke sich zügig vor der Gruppe der Küken bewegte. Diese Beobachtungen lassen eine Zuordnung dieser Laute zu Situationen, in denen keine direkte Bedürfnisbefriedigung möglich ist, zu. In dieser Situation dienen sie hauptsächlich der Aufrechterhaltung des Kontaktes innerhalb der Gruppe. Von ANDREW (1964) wurde die Bezeichnung Short peep für Laute in der Übergangsphase zu Belastungs-lauten eingeföhrt. Sie sind auch vor Belastungs-lauten zu beobachten, wenn sich die Belastung bzw. die Wahrnehmung der Belastung langsam aufbaut.

Die Short peeps und die Stimmföhlungs-laute lassen sich mit dem menschlichen Gehör kaum unterscheiden. So werden auch viele Beobachter, die ein Auftreten von Stimmföhlungs-lauten nach dem Gehör beschrieben (BATESON, 1964; BROOM, 1969; HEINROTH, 1924), die Stimmföhlungs-laute und Short peeps zusammengefasst haben. Bei diesen Lauttypen zeigt sich der Vorteil der Klassifizierung der Laute anhand ihrer Sonagramme.

Die Warbler und die Einzelwarbler gehören zu den selteneren Lauten. Für sie ließ sich ein Zusammenhang zum Ruheverhalten bei den Küken in den ersten Lebenstagen herstellen. In der Zeit, kurz bevor die Küken zum Ruhen unter die Glucke kriechen, war der größte Teil der Warbler zu beobachten. Bei der Betrachtung längerer Ab-

schnitte vor dem Ruhen fiel auf, dass zuerst vereinzelte Einzelwarbler auftraten, die dann häufiger wurden und sich als mehrere Elemente zu dem typischen Warbler vereinigten. ANDREW (1973) beschrieb in seinem Artikel zwar diese Lautform als „Warble“, aber gab keinen Verhaltenskontext dazu an.

Beide Formen des Trillers wurden nur äußerst selten geäußert. Sie traten in der Regel einzeln auf. In einigen Fällen konnten sie in Verbindung mit Zusammenstößen von Küken in schneller Bewegung beobachtet werden. Sie werden in der Literatur auch im Zusammenhang mit dem plötzlichen Ergreifen eines Kükens beschrieben (COLLIAS und JOOS, 1953). Auch die gleichmäßige Verteilung dieser Lauttypen auf die verschiedenen Verhaltenssituationen in der Kükengruppe spricht für äußere Ursachen.

Die Belastungs-laute nahmen in unseren Beobachtungen mit dem Alter und der erhöhten Selbstständigkeit der Küken zu. Die typische Situation für Belastungs-laute entstand, wenn ein Küken bei der Erkundung des Raumes den Sichtkontakt zur Glucke verloren hatte. Auf diese Lautäußerungen wurde von der Glucke mit den typischen Gluck-lauten geantwortet. Eine besondere Häufung von Belastungs-lauten war außerdem, wie oben beschrieben, im Zusammenhang mit dem gemeinsamen Fressen von Glucke und Küken zu beobachten.

Differenzierung der Belastungs-laute

Schon ANDREW (1964) verwies in einer vergleichenden Abhandlung über verschiedene Lautformen bei Küken auf die Variabilität besonders der Belastungs-laute. Diese Beobachtung und das verbreitete Vorkommen der Belastungs-laute in den Lautäußerungen der Küken ließen uns diesen Lauttyp als Modell für die numerische Untersuchung der Lauteigenschaften bei Küken auswählen. Aus vielen Open-field-Versuchen, bei denen die Verhaltensreaktion von einzelnen Küken in einer unbekanntem, strukturalarmen Umwelt untersucht wurde, ist bekannt, dass Küken in Isolation nach kurzer Zeit beginnen Belastungs-laute zu äußern. Diese Reaktion ermöglichte uns für erste Untersuchungen zur Struktur von Küken-lauten Belastungs-laute einfach durch Isolation zu erzeugen. Die Untersuchungen an Belastungs-lauten von einzeln isolierten Küken zeigten eine Veränderung der Lauteigenschaften während der Isolation. Zu Beginn der Vokalisation sind die Laute kürzer und haben weniger Energie als nach 20 Sekunden (MARX, 1994). Das nach 20 Sekunden erreichte höchste Niveau der Lautintensität von Belastungs-lauten wird von den Küken für mindestens 20 Minuten aufrechterhalten (längere Beobachtungen liegen bisher nicht vor). Diese Lautäußerungen sind ein Zeichen dafür, dass die Isolation von der Gruppe von dem Einzeltier als starke Belastung empfunden wird. Die intensive Bindung des Kükens zur Gruppe wird durch die in den ersten Tagen ablaufende Prägung bewirkt, welche für das Wildhuhn überlebenswichtig ist. Die daraus resultierende hohe soziale Bindung von Küken an ihre Gruppe war die Basis für den Step-Isolation-Test zur Erzeugung einer graduellen Belastung durch schrittweise Reduktion der Gruppengröße (LEPPELT, 1997). In diesen Versuchen wurde eine Gruppe von Küken in eine schallisolierte Kammer gesetzt und dann nach jeweils 4 Minuten ein Tier entnommen. Während der gesamten Versuchsdauer wurden alle von der jeweiligen Gruppe abgegebenen Laute aufgezeichnet. Aus diesen Aufnahmen wurden für jede Gruppengröße eine Stichprobe von Belastungs-lauten analysiert.

Tabelle 2: Veränderung ausgewählter Lauteigenschaften bei abnehmender Gruppengröße in einem Step-Isolation-Test (Mittelwerte \pm Vertrauensbereich)

Lauteigenschaft	Einheit	5 Tiere	4 Tiere	3 Tiere	2 Tiere	1 Tier
Lautdauer	[ms]	157,2 \pm 15,0 ^a	126,6 \pm 13,6 ^b	136,2 \pm 10,9 ^b	152,2 \pm 7,1 ^a	230,3 \pm 5,5 ^c
Gesamtenergie	[lgEE]	-1,56 \pm 0,06 ^a	-1,63 \pm 0,09 ^b	-1,43 \pm 0,05 ^c	-0,75 \pm 0,05 ^d	1,41 \pm 0,03 ^c
Energiemaximum im Laut	[lgEE]	-3,28 \pm 0,06 ^a	-3,39 \pm 0,04 ^b	-3,19 \pm 0,05 ^c	-2,35 \pm 0,05 ^d	-0,04 \pm 0,03 ^e
Frequenzschwerpunkt	[kHz]	4,27 \pm 0,33 ^a	4,21 \pm 0,20 ^a	4,12 \pm 0,06 ^a	5,06 \pm 0,10 ^b	7,67 \pm 0,15 ^c
Frequenz des Energiemaximums	[kHz]	4,88 \pm 0,14 ^a	4,74 \pm 0,09 ^a	4,83 \pm 0,11 ^a	5,07 \pm 0,04 ^b	5,42 \pm 0,07 ^c
Energieverteilungsquotient	[%]	15,71 \pm 2,44 ^a	16,67 \pm 1,34 ^a	18,56 \pm 1,64 ^a	25,22 \pm 1,11 ^b	42,08 \pm 1,20 ^c
n	Laute/Gruppen	20/4	18/4	20/4	20/4	15/3
Unterschiedliche Buchstaben hinter den Werten kennzeichnen signifikante Mittelwertsdifferenzen in der jeweiligen Lauteigenschaft						

Beginnend ab der Gruppe mit 3 Tieren war in den Versuchen eine stufenweise Zunahme von der Lautdauer und verschiedener Energiemaße im Laut zu beobachten. Die Veränderungen in der Frequenzstruktur waren dagegen nicht immer zu sichern. In der Tabelle 2 sind als Beispiel die Lauteigenschaften bei der schrittweisen Reduktion einer Gruppe mit 5 Küken zusammengestellt. Die höheren Werte für Lautdauer und Energiemaximum der Gruppe mit 5 Tieren gegenüber der Gruppe mit 4 Tieren sind auf die zusätzliche Belastung der Küken beim Einsetzen der Gruppe in die schallisolierte Kammer zurückzuführen.

Die Versuche zum Einfluss einer graduellen Änderung der sozialen Umwelt von Küken konnten eine Differenzierung in den Eigenschaften der Belastungslaute in Abhängigkeit von der Gruppengröße nachweisen. Dabei erwiesen sich die Messwerte für die Energie (Lautstärke) im Laut als diejenigen mit der besten Differenzierung zwischen verschiedenen Belastungssituationen. Die zunehmende Intensität der Belastungslaute mit abnehmender Gruppengröße ist ein Zeichen für die mit zunehmender sozialer Isolation steigende Belastung. So verwundert es nicht, dass die Belastungslaute in der alten deutschsprachigen Literatur als Verlassenheitslaute (BÄUMER, 1962) oder Verlassenheitsweinen (LORENZ, 1935) beschrieben sind.

Diese Beobachtungen zeigen, dass die Belastungslaute nicht nur in ihrer Häufigkeit, sondern auch in der graduellen Ausprägung einzelner Lauteigenschaften Informationen über den Grad der Belastung übertragen. Die Veränderungen in den Belastungslauten haben Ähnlichkeiten mit der Erhöhung der Lautstärke in der Sprache eines Menschen bei zunehmender Erregung.

Schlussfolgerungen

Die nähere Betrachtung der Lautäußerungen der Küken zeigt eine Reihe von Zusammenhängen zwischen Verhaltenskontext und Lauteigenschaften. Die Ergebnisse der bisher vorliegenden Arbeiten zu den Lautäußerungen bei Küken bestätigen die Erwartungen hinsichtlich ihres Informationsgehaltes. Die drei häufigsten Lauttypen erlauben aufgrund ihres Verteilungsverhältnisses zueinander eine Aussage über den jeweiligen Grad der Bedürfnisbefriedigung. So ist ein hoher Anteil von Stimmföhlungslauten ein Zeichen für zufriedene Küken, während ein vermehrtes Auftreten von Belastungslauten ein Hinweis für das Vorliegen eines Defizits ist.

Besonders stärker ausgeprägte Belastungslaute sind bei etwas Übung des „Beobachters“ als Veränderung in der Vokalisation wahrnehmbar. Dafür ist es nur notwendig, et-

was genauer hinzuhören und die visuelle Bestandskontrolle durch eine akustische zu ergänzen. Für die Zukunft ist die Entwicklung von technischen Hilfsmitteln möglich, welche die Lautäußerungen der Küken ständig überwachen und Veränderungen entsprechend registrieren. Die ersten Experimente zum Erkennen von Änderungen der Vokalisation von Küken in größeren Gruppen werden zurzeit durchgeführt. Die bisher vorliegenden Ergebnisse bestätigen die Erwartungen an die eingesetzten Methoden.

Anhang:

Kurze Beschreibung der Methoden der numerischen Lautanalyse

Bei der Untersuchung von Lautäußerungen sind zwei Ebenen in den Methoden zu unterscheiden.

Die erste Ebene setzt bei den in den Lautäußerungen von Küken unterscheidbaren Lautmustern an. In der Literatur sind diese basierend auf sonografischen Darstellungen ausführlich beschrieben (zusammengefasst von WOOD-GUSH, 1971). Um die von den Küken geäußerten Laute einer der beschriebenen Kategorien zuzuordnen, müssen diese als Sonogramm dargestellt werden. Eine Klassifizierung kann dann durch Vergleich der Muster der Verteilung der Energie (Lautstärke) über Zeit und Frequenz innerhalb des Lautes erfolgen. Die Darstellung der Lautäußerungen als Sonogramm erfolgt heute nach einer Digitalisierung des Signals auf einem Rechner unter Verwendung der Fast-Fourier-Transformation. Die Energie wird auf dem Bildschirm in Form einer Farbskala wiedergegeben. So lassen sich Unterschiede in den Mustern der Laute visuell leicht erkennen.

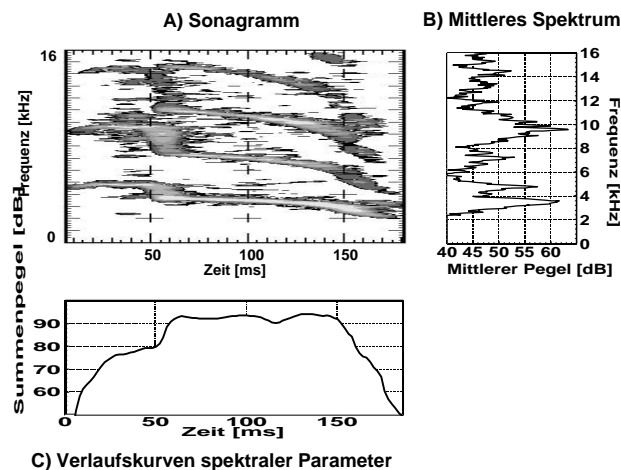
Die zweite Ebene zielt mit einer detaillierten Vermessung von Lauteigenschaften auf die Unterschiede in den Lauten, welche innerhalb eines Lauttyps zu beobachten sind und durch Zustandsänderungen im Tier hervorgerufen werden. Dazu wurde basierend auf in der Sprachanalyse erfolgreich genutzten Prinzipien ein signalorientiertes Verfahren zur numerischen Lautanalyse entwickelt. Die numerische Lautanalyse beruht darauf, dass jeder Laut als eine Folge von Spektren darstellbar ist. Im Sonogramm (Abb. 5A) ist jedes Spektrum in Form einer Spalte von Farbpunkten (in der Abbildung als Graustufen abgebildet), welche den Energiegehalt jeder Frequenz repräsentieren, dargestellt. Aus diesen Spektren lässt sich ein mittleres Spektrum (Abb. 5B) zur Beschreibung der Energieverteilung über die Frequenz bestimmen. Um den Zeitverlauf einzelner Merkmale der Spektren innerhalb des Lautes zu bestimmen, werden für jedes Spektrum z. B. die Maximalamplitude, die Frequenz der Maximalampli-

Tabelle 3: Beschreibung ausgewählter Messwerte für die Lauteigenschaften

Messwert der Lauteigenschaft	Definition	Einheit
Lautdauer	Dauer des als Laut gekennzeichneten Signalabschnittes	[ms]
Gesamtenergie	Summe aller Energiewerte in einem Sonogramm. Der Wert wird als Logarithmus der Energieeinheiten im FFT-Sonogramm angegeben.	[lgEE]
Energiemaximum im Laut	Höchster Energiewert im Laut. Der Wert wird als Logarithmus seiner Energieeinheiten im FFT-Sonogramm angegeben.	[lgEE]
Frequenz des Energiemaximums	Höchste Frequenz des Energiemaximums in einem der Spektren des Lautes	[kHz]
Frequenzschwerpunkt	Höchster Wert des für jedes Spektrum berechneten und mit der Energie gewichteten Mittelwertes der Frequenzen	[kHz]
Energieverteilungsquotient	Mittelwert des prozentualen Anteils des Energiemaximums an der Gesamtenergie in den Spektren des Lautes	[%]

tude oder der Summenpegel berechnet und als Kurve dargestellt (als Beispiel der Summenpegel in Abb. 5C). Aus den Kurven über die Zeit und dem mittleren Spektrum werden dann eine Reihe von Messwerten für Lauteigenschaften abgeleitet. Die Tabelle 3 enthält die Definition der in diesem Artikel verwendeten Messwerte.

Abbildung 5: Sonogramm eines Belastungslautes mit den abgeleiteten Kurven für das mittlere Spektrum und spektraler Parameter - diese Kurven bilden die Grundlage für die Ermittlung der numerischen Messwerte für einzelne Lauteigenschaften -



Mit dem beschriebenen Verfahren lässt sich für jeden Laut ein Merkmalsvektor ermitteln, der einen statistischen Vergleich von Lauten unter verschiedenen Situationen ermöglicht. Dafür müssen bisher der Lautanfang und das Lautende von Hand bestimmt werden. Mit zunehmendem Wissen über die Lautstruktur werden jetzt schrittweise auch automatische Verfahren zur Lauterkennung entwickelt.

Literatur

ANDREW, R. J. (1964): Vocalization in chicks, and the concept of 'stimulus contrast'. *Animal Behaviour* 12, 64-76

ANDREW, R. J. (1973): The evocation of calls by diencephalic stimulation in the conscious chick. *Brain Behav. Evol.* 7, 424-446

BATESON, P. P. G. (1964): Changes in chicks' responses to novel moving objects over the sensitive period for imprinting. *Animal Behaviour* 12, 479-489

BÄUMER, E. (1962): Lebensart des Haushuhns, 3. Teil, über seine Laute und allgemeine Ergänzungen. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 19, 394-416

BROOM, D. M. (1969): Reactions of chicks to visual changes during the first ten days after hatching. *Animal Behaviour* 17, 307-315

COLLIAS, N. E. (1952): The development of social behaviour in Birds. *AUK* 69, 127-159

COLLIAS, N. E., M. JOOS (1953): The spectrographic analysis of sound signals of the domestic fowl. *Behaviour* 5, 175-187

COOLEY, J. W., J. W. TUKEY (1965): An algorithm for the machine computation of complex fourier series. *Mathematical and Computer Modelling* 19, 297-301

GUYOMARCH, J.-C. (1966): Les émissions sonores du poussin domestique, leur place dans le comportement normal. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 23, 141-160

HEINROTH, O. (1924): Lautäußerungen der Vögel. *Journal für Ornithologie* 72

KLASMEYER, G. (1995): Messbare Parameter stimmlichen emotionalen Ausdrucks. 1051-1054 Saarbrücken. *Fortschritte der Akustik - DAGA 1995*.

KOENIG, W., H. K. DUNN, L. Y. LACY (1946): The sound spectrograph. *J. Acoust. Soc. Am.* 18, 21-32

KRUJIT, J. P. (1964): Ontogeny of social behaviour in Burmese Red Jungle fowl (*Gallus gallus spadiceus*). *Behaviour* 12, 1-201

LEPPELT, J. (1997): Untersuchung sozialer Einflüsse vor und während der Isolation auf die Lautäußerung von Hühnerküken im erweiterten Openfield. *Dissertation Tierärztliche Hochschule Hannover*

LORENZ, K. (1935): Der Kumpan in der Umwelt des Vogels. Lorenz, K. Über tierisches und menschliches Verhalten. Pieper, München und Zürich

MARX, G. (1994): Entwicklung einer Methode zur numerischen Lautanalyse - mit Beispielen zur Ontogenese und Aktualgenese des Verlässenslauts bei Hühnerküken. *Dissertation Martin-Luther-Universität Halle*

MARX, G., J. Leppelt (1997): Zustandsdiagnose mittels numerischer Lautanalyse bei Küken. *Archiv für Geflügelkunde* 61, 254-261

SCHMIDT, A. (1999): Untersuchungen zu Lauttypenhäufigkeiten und akustischen Parametern von Belastungslauten junger Hühnerküken in Glucken-Küken-Gruppen. *Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*

SCHMIDT, A., G. MARX (1998): Wie beeinflusst das Verhalten der Glucke die Vokalisation von Hühnerküken? 16. *Ethologentreffen 1998 in Halle, Gattermann, R.*

SCHRADER, L., K. HAMMERSCHMIDT (1997): Computer-aided analysis of acoustic parameters in animal vocalisations: A multi-parametric approach. *Bioacoustics* 7, 247-265

WOOD-GUSH, D. G. M. (1971): The behaviour of the domestic fowl. Heinemann, London