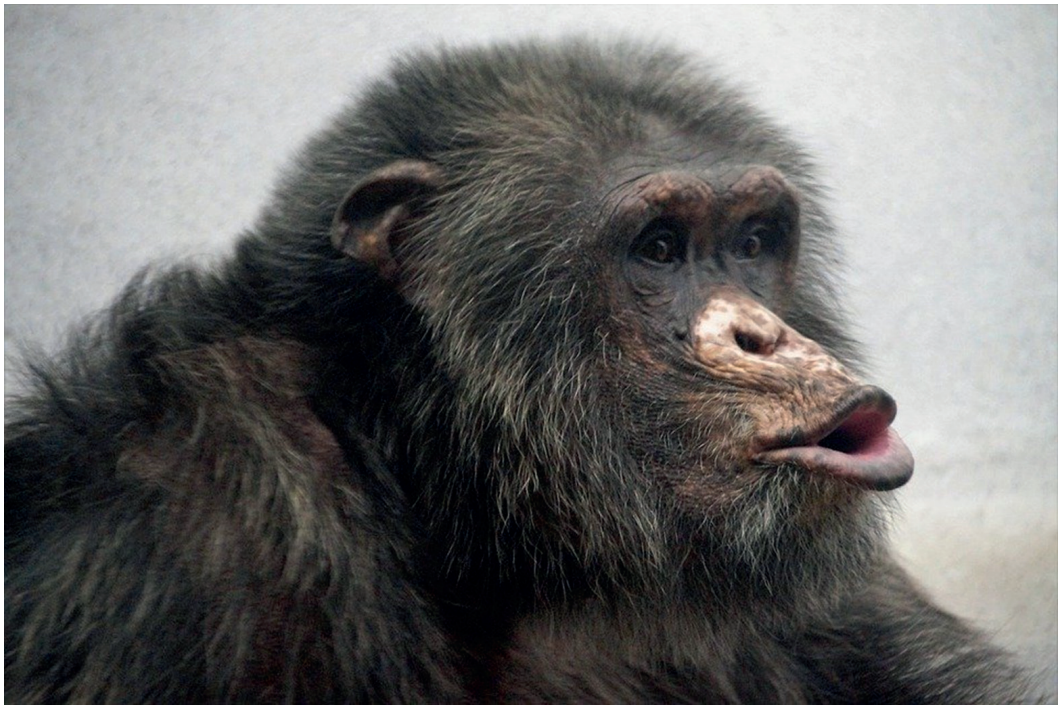
Beherrschen Schimpansen etwa doch Grammatik?



Benjamin Scholl

Stand: 23. 02. 2023

Studiengemeinschaft Wort und Wissen

https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/Schimpansengrammatik.pdf

Beherrschen Schimpansen etwa doch Grammatik?

von Benjamin Scholl, SG Wort und Wissen e. V.

Girard-Buttoz et al. (2022) untersuchten ca. 5000 Rufe von Schimpansen in freier Wildbahn und entdeckten zahlreiche Rufkombinationen. Existiert also eine Art Grammatik bei Schimpansen, wie populäre Medien schlussfolgerten?

1. Einleitung

Besitzen Schimpansen die Fähigkeit, ihre Rufe auf Grundlage einer Grammatik zu kombinieren, ähnlich wie es Menschen tun? Zur Beantwortung dieser Frage analysierten Girard-Buttoz und Kollegen aus Frankreich und Deutschland (2022) insgesamt 4826 Rufe von wildlebenden Schimpansen im Nationalpark Taï (Elfenbeinküste).

In den populären Medien wurde ihre Studie über die Kommunikationsfähigkeit von Schimpansen begeistert aufgegriffen. So titelte *National Geographic* (Fischer 2022): „Komplexe Kommunikation: Schimpansen sprechen in ganzen Sätzen". Und *Welt der Wunder* behauptete (Schaack 2022): „Schimpansen können Sätze bilden: Das haben Forscher und Forscherinnen des Max-Planck-Instituts jetzt bewiesen." *Spektrum* schrieb nur von „einfachen grammatikartigen Regeln" bei Schimpansen (Benz 2022), während *Bild der Wissenschaft* (Vieweg 2022) darauf verwies, dass noch unklar sei, ob „Schimpansen diese Sequenzen nutzen, um komplexe Informationen zu vermitteln".

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, inwieweit die Darstellungen der populären Medien tatsächlich von den Forschungsergebnissen der neuen Studie gedeckt sind.

2. Die neuen Forschungsergebnisse

Girard-Buttoz et al. (2022) stellen zu Beginn ihres Artikels fest: „Ein großes Rätsel in der Evolutionswissenschaft ist die Rekonstruktion der Evolution der Sprache" (vgl. Liebi 2018; Scholl 2018). Diesem Rätsel wollten sie näher auf die Spur kommen. Dazu stellten sie drei Mindestanforderungen an ein Kommunikationssystem auf, die sie als notwendig – aber nicht hinreichend (d. h. ausreichend) – für ein strukturiertes Kommunikationssystem mit flexibler Bedeutungscodierung (d. h. eine Grammatik) betrachten:

1. Die meisten Rufe sind miteinander kombinierbar (Flexibilität).

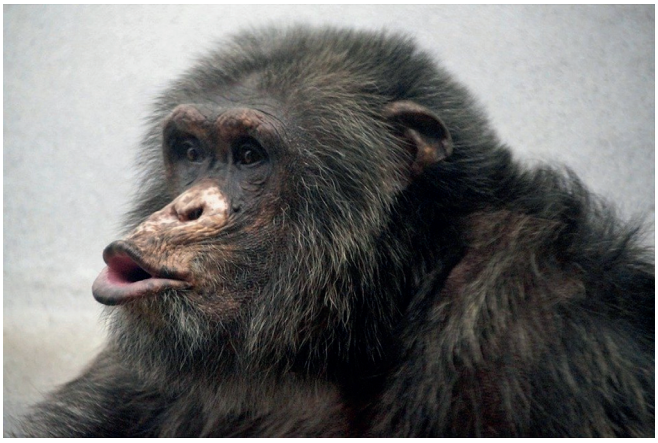


Abb. 1: Schimpansen erzeugen 12 verschiedene Ruftypen. Wissenschaftler konnten nachweisen, dass sie diese in bis zu 390 Rufkombinationen verwenden, welche bis zu 10 Rufeinheiten lang sein können. (Pixabay)

Kompakt:

Girard-Buttoz et al. (2022) untersuchten ca. 5000 Rufe wildlebender Schimpansen und konnten 390 Kombinationen von Rufen aufzeichnen, die bis zu 10 Rufeinheiten lang waren. Daraus schlussfolgerten einige populäre Medien, dass eine Grammatik bei Schimpansen existieren würde. Eine genauere Betrachtung der Daten zeigt aber auf, dass die Studie lediglich einige notwendige, jedoch nicht hinreichende Kriterien einer „Schimpansen-Grammatik" vorgelegt hat. Ähnliche Merkmale kommen auch bei anderen Primaten und anderen Tieren wie Singvögeln und Walen vor. Kurz gesagt: Es besteht eine gewaltige Kluft zwischen den aufgezeichneten Rufen der Schimpansen und jeder menschlichen Grammatik, egal in welcher Sprache. Eine Analyse der Fähigkeit zur Kombination von Rufen unter den Primaten im Speziellen und den Tieren im Allgemeinen wirft zudem schwerwiegende Fragen an evolutionäre Modelle auf, da zahlreiche Parallelentwicklungen angenommen werden müssten.

2. Die einzelnen Einheiten folgen Ordnungsregeln (Ordnung). Somit treten manche Kombinationen und Positionierungen von Rufen überdurchschnittlich häufig auf.

3. Einzeleinheiten sind zu längeren Sequenzen kombinierbar, was das theoretische Potenzial besitzt, die Vielfalt der Bedeutungen zu erhöhen (Rekombination).

Girard-Buttoz und Kollegen (2022) konnten 12 verschiedene Ruftypen bei Schimpansen katalogisieren, die in zwei Dritteln der Fälle (67,2 %) als Einzelrufe (bzw. Wiederholungen) auftraten. Insgesamt kam es aber auch zu 390 aufgezeichneten Kombinationen von Rufen – mehr als bei jedem anderen Tier. Dazu gehörten vor allem Zweier-Einheiten (Bigramme) und Dreier-Einheiten (Trigramme); beide Gruppen machten zusammen 26,4 % aus. Sequenzen mit vier und fünf Rufen kamen noch zu 5,4 % vor und Sechser- bis Zehner-Kombinationen waren äußerst selten (insgesamt 1 %).

Nur 14 von 58 Bigrammen (Rufen aus zwei Einheiten) traten bei Schimpansen überdurchschnittlich auf – und nur die Hälfte davon wurde von mindestens 10 Individuen verwendet.

Einige Rufe traten bevorzugt in der Kombination mit anderen Rufen auf. Manche Rufe besaßen auch eine überdurchschnittliche Häufigkeit für ein Vorkommen im vorderen bzw. hinteren Bereich von Bigrammen (Zweier-Einheiten): Z. B. kam das „Huh" zu 83 % am Anfang und das Gekeuchte Bellen zu 88 % am Ende von Bigrammen vor. Insgesamt sind aber nur 14 von 58 Bigrammen überdurchschnittlich (d. h. über dem Zufallsniveau) häufig aufgetreten – und nur die Hälfte davon wurde von mindestens 10 Individuen verwendet. Girard-Buttoz et al. (2022, 6) konstatieren bezüglich dieser Bigramme: „Tatsächlich gab es keine [Ruf-]Einheit an der ersten Position, die bevorzugt mit einer bestimmten [Ruf-]Einheit an der zweiten Position auftrat". Lediglich bei vier der 58 Bigramme gab es einen Ruf, der einem anderen Ruf überdurchschnittlich voraus ging. So trat bei einem gekeuchten Schrei zu 89,5 % zuvor ein gekeuchtes „Huh" auf.

Insgesamt kamen 49 von 104 Trigrammen (Dreier-Einheiten) überdurchschnittlich häufig vor. Für eine feste Ordnung innerhalb der Trigramme gibt es aber nur wenige Beispiele.[1] Dabei standen nach Tab. 4 (ebd.) drei Bigramme bevorzugt am Anfang eines Trigramms (z. B. stand das Bigramm „Huh und Gegrunztes Huh" zu 99 % am Trigramm-Anfang); es werden aber keine bevorzugten Bigramme am Ende eines Trigramms aufgeführt. Nur ein Bigramm hatte überdurchschnittlich häufig ein zugehöriges Rufelement am Ende: Dem Bigramm „Grunzen und Gekeuchtes Grunzen" folgte in 68 % ein Grunzen am Ende. Und nur zwei typischen End-Bigrammen ging jeweils am Anfang ein „Huh" voraus (z. B. dem Bigramm „Gekeuchtes Huh und Gekeuchter Schrei").

Die Wissenschaftler leiten aus ihren Befunden ab, dass alle drei notwendigen (aber nicht hinreichenden) Bedingungen für eine hierarchische Sprachstruktur mit flexiblem Bedeutungsinhalt bei Schimpansen gegeben seien.

3. Kritische Anmerkungen aus sprachwissenschaftlicher Perspektive

Eine ganze Reihe von Kritikpunkten stellt den „Beweis" einer „Grammatik" bzw. vom „Bilden von Sätzen" (vgl. Schaack 2022) in Frage.

Zuerst gilt es zu bedenken, dass die Menge von 12 Ruftypen bzw. Lauten die Voraussetzungen für das Vorliegen einer Sprache noch nicht erfüllt. Neben Schimpansen erzeugen auch Vögel, Fledermäuse, weitere Säugetiere und andere Affen eine Menge von Lauten, die sich teilweise mit der Lautmenge bei menschlichen Sprachen überschneidet.[2] Mit ca. einem Dutzend bis 100 bzw. 200 Lauten pro Sprache liegen menschliche Sprachen aber meist über der Lautmenge von Tieren (vgl. Arnold & Zuberbühler 2008; Nettle 2012; Girard-Buttoz et al. 2022).[3] Girard-Buttoz et al. (2022, 1) stellen zudem fest: „An der menschlichen Sprache ist die Fähigkeit einzigartig, eine begrenzte Anzahl von Lauten flexibel zu Wörtern und hierarchischen Sequenzen zu rekombinieren und so unendlich viele neue Sätze zu bilden."

Aus methodischer Sicht ist weiterhin zu berücksichtigen, dass die Länge einer Rufkombination vorher von den Autoren zeitlich mit der Abgabe von Rufen mit maximal 1 Sekunde Pause dazwischen (vgl. ebd., 12) definiert wurde. Unterschiedliche Definitionen können zu unterschiedlichen Angaben der Anzahl von nachgewiesenen Rufkombinationen bei Schimpansen führen. Die Autoren geben selbst unterschiedliche Anzahlen von Rufkombinationen an: 282, 301 bzw. 390 (vgl. ebd., Suppl. Data 2, Fig. 6). Die Definition von Rufkombinationen allein über die Dauer könnte zudem dazu geführt haben, dass zwei verschiedene Rufanlässe als gemeinsame längere Sequenz erschienen.

Man kann Rufkombinationen, die lediglich zeitlich definiert sind, weder mit „Wörtern" noch mit „Sätzen" vergleichen. Dazu müsste erst geklärt werden, welche Bedeutung ein Ruf bzw. eine Rufkombination wirklich beinhaltet, und welche grammatikalische Form entsprechend vorliegt (z. B. Phonem, Morphem, Wortform, ganzer Satz).[4] Allerdings war es ja gar nicht die Aufgabe der Studie, herauszufinden, ob Affen mit ihren Rufkombinationen vorhersagbare (oder gar komplexe) Informationen übermitteln – dies bleibt eine offene Forschungsfrage (vgl. Girard-Buttoz et al. 2022; Benz 2022; Vieweg 2022). Letztlich sind damit die tatsächlichen Gemeinsamkeiten der Kommunikationsstrukturen von Menschen und Schimpansen noch nicht geklärt (vgl. Vieweg 2022).

Bereits im Jahr 2020 konnten Watson et al. zeigen, dass Schimpansen – aber auch nicht näher verwandte Lisztaffen (Neuweltaffen) und Makaken (Geschwänzte Altweltaffen) – eine verstärkte Aufmerksamkeit zeigen, wenn antrainierte Tonfolgen einmal anders abgespielt werden. Da dies auch geschah, wenn zwischen den bekannten Tönen unbekannte Töne eingeschoben wurden, war aufgrund dieser Versuche geschlussfolgert worden, dass Musterregelmäßigkeiten oder gar „künstliche Grammatiken" bei Primaten seit mindestens 40 Millionen Jahren Evolutionsgeschich-

te vorhanden seien (Watson et al. 2020). Diesen Befund griffen populäre Medien in irreführenden Titeln auf wie: „Auch Affen verstehen Grammatik“ (Bernard 2020 auf *wissenschaft.de*); oder: „Grundstein für Grammatik wurde schon vor 40 Millionen Jahren gelegt: Experiment zeigt, dass nicht nur Menschen, sondern auch Affen Regeln in komplexen sprachlichen Konstruktionen erkennen“ (DerStandard 2020).

Liebi (2018, 45) erinnert bezüglich solch übertriebener Schlagzeilen an folgendes Problem: „[Der Sprachwissenschaftler Noam] Chomsky wies auch auf die Problematik hin, dass solche, die das Sprachverhalten bei Primaten untersuchen und eine Brücke zu den menschlichen Sprachen schlagen wollen, zu falschen Schlüssen kommen können, weil sie von verkehrten und linguistisch nicht akzeptablen Definitionen des Begriffs »Sprache« ausgehen.“

Die Schlussfolgerung einer „Affen-Grammatik“ aus dem Befund, dass einige wenige Rufe häufig in einer bestimmten Position eines Trigramms oder Bigramms bzw. in einer bestimmten Kombination auftauchen, erscheint aus linguistischer Perspektive äußerst gewagt. Wenn man alle Wahrscheinlichkeiten von Girard-Buttoz et al. (2022, Tab. 3–4) betrachtet, die über dem Zufallsniveau liegen, könnte man im besten Fall schlussfolgern, dass maximal ca. 20 Regeln zur Bildung von Bi- und Trigrammen unter einer größeren Anzahl von Schimpansen in Gebrauch sind. Es sei an dieser Stelle betont, dass dies das Ergebnis von insgesamt ca. 900 Stunden Audioaufnahmen der Schimpansen darstellt. Im Gegensatz dazu besitzen heutige Sprachen zwischen ca. 10.000 (Russisch) und über 1 Million (Koreanisch) Stichworteinträge in Wörterbüchern. Deutsch (330.000) und Englisch (ca. 600.000) befinden sich im Mittelfeld[5] – obwohl viele davon im alltäglichen Wortschatz kaum Verwendung finden (vgl. Liebi 2018, 209f). Beim verhältnismäßig einfach zu erlernenden Englisch (vgl. Liebi 2018, 242f; The Economist 2016) existieren außerdem ungefähr 3.500 grammatikalische Regeln.[6] Ein Vergleich mit den ca. 390 Rufkombinationen und ca. 20 potenziellen Kombinationsregeln bei Schimpansen zeigt, dass hier gigantische quantitative und qualitative Unterschiede zu menschlichen Sprachen existieren.

Die englische Sprache besitzt ca. 600.000 Wörter und ca. 3.500 grammatikalische Regeln – Schimpansen beherrschen hingegen nur ca. 390 Rufkombinationen und ca. 20 potenzielle Kombinationsregeln.

Außerdem ignorieren Deutungen der Existenz einer „Affen-Grammatik“, dass es einen großen Unterschied zwischen dem Erlernen und Erkennen reiner Muster bzw. Reihenfolgen und einer menschlichen Grammatik mit morphologischen Regeln zur Übermittlung von Inhalten gibt. Schließlich sind viele Tiere in der Lage, antrainierte Reihenfolgen zu erlernen – egal ob von Tönen, Gerüchen, Farben oder Objekten, da dies für ihre Orientierung sehr wichtig ist. Reihenfolgen bzw. Ordinalpositionen (also die Position in einer Sequenz identischer Objekte) können zum Beispiel Ratten, frisch geschlüpfte Küken, aber auch Guppys und sogar Honigbienen und Eintagsfliegen erkennen (vgl. Rugani 2018; Petrazzini et al. 2015).[7] Ein solches Erlernen einer Reihenfolge beweist aber noch lange nicht, dass Tiere Tönen eine kontextuelle bzw. inhaltliche Bedeutung vergleichbar mit der menschlichen Grammatik beimessen, wie auch Girard-Buttoz et al. (2022) bezüglich des Experiments von Watson et al. (2020) kritisiert haben.

Einige Beispiele aus der Verhaltensbiologie zeigen, dass auch andere Tiere als Affen beeindruckende Fähigkeiten im Merken, Reproduzieren und sogar Neuarrangieren von Tönen und Tonfolgen besitzen.

Bei Delfinen ist schon lange bekannt, dass Tümmler in Gefangenschaft dazu in der Lage sind, Töne (computermodellierte Modellpfiffe) „getreu wiederzugeben, und dass sie diese Pfiffe mit Dingen wie einem Ball oder einem Ring in Verbindung bringen können“ (Buoninconti 2022, 208). Delfine können akustische Signale bereits ab ihrer Jugendzeit imitieren; in dieser Zeit lernen sie auch den Kontext dieser Signale (ebd., 208f). Der eigene Erkennungspfiff eines Delfins wird ebenso wie der Vogelgesang erlernt, aber freier gestaltet (S. 208f). Man fand zudem heraus, dass Tümmler bei der Jagd Arbeitsteilung betreiben und sich mit akustischen Signalen abstimmen (S. 210). Der „geschwätzigste“ Zahnwal in Bezug auf die Vielzahl der Laute ist der Weißwal (Beluga), der auch „Kanarienvogel der Meere“ genannt wird (S. 201f). Weißwale produzieren Schnalzlaute, „verschiedene spitze und melodiöse, einzelne und zusammengesetzte Zwitscherlaute“ sowie Pfeiflaute, aber auch Schreie, Triller, Summen und Zähneklappern (S. 202). Buckelwale, die als Bartenwale Geräusche völlig anders erzeugen als Zahnwale wie Delfine (Buoninconti 2022, 202–212), können sogar „eine Reihe von Gesängen“ von sich geben, „die zwischen fünf und 20 Minuten dauern und aus drei bis neun in einer ganz bestimmten Reihenfolge angeordneten Motiven oder Strophen bestehen. Und jede Strophe besteht wiederum aus vielen Einheiten, Klängen und Tönen, die bis zu 15 Sekunden dauern. Wissenschaftler, die das Sonogramm dieser Konzerte untersucht haben, dachten, die Par-

Abb. 2: Große Tümmler, Weißwale und Buckewale sind sehr kommunikative Meeres-Säuger. (Wikimedia: NASA, CC0; Diliff, CC BY-SA 3.0; Dr. Louis M. Herman, CC0)

titur eines Komponisten vor sich zu haben“ (ebd., 212). Auch die Buckelwal-Gesänge müssen erlernt werden, denn die jugendlichen Buckelwale erzeugen „oft falsch klingende Gesänge ohne Strophen oder mit Strophen in falscher Reihenfolge“, bis sie es irgendwann lernen, richtig zu singen (S. 213).

Die bekannteste komplexe Kommunikationsform in der Natur ist der Vogelgesang, der vor allem in der Gruppe der Singvögel eine besondere Qualität besitzt. Nicht nur Schimpansen, sondern auch Vögeln wird nachgesagt, dass sie eine vielfältige und komplexe Kommunikation besitzen (Buoninconti 2022, 139) und syntaktische Regeln beim Gesang beherrschen: „Die ‚Grammatikregeln‘ müssen erlernt werden und werden von Generation zu Generation in einem artspezifischen Bildungsprozess weitergegeben“ (ebd., 164). Die Nachtigall kann sich beispielsweise 120 bis 260 verschiedene Strophen merken und als erwachsenes Tier in ihren Gesang einbauen (S. 162). Männchen der Lawrence-Drossel können „den Gesang von mehr als 50 Vogelarten, aber auch Froschquaken und Insektensummen nachahmen“ (S. 171). Leierschwänze singen zu 80 % Strophen, „die sie von 20–25 Arten ‚geklaut‘ haben, und sie imitieren so genau und exakt, dass sie manchmal sogar die imitierten Vogelarten durcheinanderbringen“ (S. 171). Während Leierschwänze bei der Imitation die Struktur des Gesanges nachahmen, mixen sie die geklauten Strophen ziemlich frei in ihrer eigenen Balz (S. 171). Auch Fledermäusen wird die Fähigkeit zur Lautkombination mit „gut definierten syntaktischen Regeln“ (Ma et al. 2006, 547; s. Abschnitt 4) zugeschrieben.

Nicht nur Schimpansen, sondern auch Singvögeln und sogar Fledermäusen werden syntaktische Regeln zugeschrieben.

Buoninconti (2022, 162) betont die Bedeutung des Erlernens von akustischen Signalen und führt ausgerechnet andere Tiergruppen als Affen an, die dem menschlichen Spracherwerb besonders ähneln sollen: „Tatsächlich läuft der Spracherwerb bei Menschen, Fledermäusen, Walen und – bei den Vögeln – allen Singvögeln, Kolibris und Papageien ähnlich ab.“ Das Erlernen von akustischen Signalen begünstigt zudem die Entstehung von Dialekten. So gibt es fünf verschiedene Buckelwal-Dialekte (ebd., 213f), die sich durch Aneignung und kulturelle Vermischung auch gegenseitig durchdringen oder verdrängen können (S. 215). Auch andere Tiergruppen wie Vögel, Murmeltiere, Wölfe und sogar Bienen besitzen Dialekte, die bei wenigstens einigen Tiergruppen nachweislich erlernt und nicht vererbt wurden (S. 165f, 228, 232, 355).

Abb. 3: Besondere Gesangstalente: Die heimische Nachtigall beherrscht bis zu 260 Gesangsstrophen. Die südamerikanische Lawrence-Drossel kann bis zu 50 Vogelarten imitieren. Die australischen Leierschwänze sind ebenso gut im Nachahmen von Vogelgesang wie im Neuarrangieren. (Wikimedia: Frebeck, CC BY-SA 3.0; Hector Bottai, CC BY-SA 4.0; Fir0002, GFDL 1.2)

Aus evolutionärer Sicht bleibt es rätselhaft, woher so viele Ähnlichkeiten in Kommunikationsstrukturen von verschiedenen Tiergruppen und Menschen kommen, die eben keine Merkmale einer gemeinsamen evolutionären Verwandtschaft widerspiegeln (vgl. Ouattara et al. 2009).

4. Unsystematische Verteilung kommunikativer Kompetenzen im Stammbaum der Primaten

Girard-Buttoz et al. (2022) hatten die Anzahl von 390 verschiedenen Rufkombinationen bei Schimpansen als bisher einzigartig im Tierreich eingestuft. Diese Anzahl wirft aber auch einige Fragen auf, wenn man die Verteilung von Rufkombinationen im hypothetischen evolutionären Stammbaum der Primaten betrachtet. Von Zwerg-Schimpansen (Bonobos), die evolutionär genauso nahe mit den Menschen verwandt sein sollen wie Schimpansen, sind nämlich seltsamerweise nur 17 Kombinationen bekannt – was nur ein Zwanzigstel ausmacht (vgl. Girard-Buttoz et al. 2022, Suppl. Data 2, Fig. 6). Bei Borneo-Orang-Utans sind immerhin 33 Kombinationen bekannt und beim Westlichen Gorilla sogar 159 Rufkombinationen (ebd.). Für alle anderen Arten sind maximal zehn oder gar keine Kombinationen bekannt. Girard-Buttoz et al. (2022) verweisen auf mangelnde quantitative Analysen im Tierreich als mögliche Erklärung für die geringe Anzahl an Rufkombinationen. Das wirft die Frage auf, ob Schimpansen besonders begabt oder nur besonders gut erforscht sind.

Auch hinsichtlich der Länge der Rufsequenzen ergeben sich Anfragen an eine evolutionäre Stammbaumrekonstruktion (vgl. Abb. 4):

1. Warum beherrschen Schimpansen mehr als doppelt so lange Rufkombinationen im Vergleich zu den anderen Großen Menschenaffen, nämlich Gorillas, Orang-Utans und sogar Zwerg-Schimpansen, die laut aktuellem Wissensstand nur 3 Rufe kombinieren können?

2. Wieso übertrumpfen Weißhand-Gibbons, Dscheladas, Goldene Löwenäffchen und Philippinen-Koboldmakis die Großen Menschenaffen außer den Schimpansen, während viele andere Arten (sogar inklusive Lemuren) den meisten Großen Menschenaffen hinsichtlich der Anzahl an Rufkombinationen gleichen?

3. Wieso erreichen singende Schwarzhand-Gibbons mit sogar 13 Rufen die größten Sequenzlängen und nicht die vermeintlich mit Menschen so nahe verwandten Schimpansen?

4. Woher kommt diese Vielfalt an Fähigkeiten zu langen Rufkombinationen bei verschiedenen Primaten, wenn doch so eine gewaltige evolutionäre Kluft zwischen den jeweiligen Gruppen und den Großen Menschenaffen besteht, die Dutzende MrJ ausmacht, wie Tab. 1 zeigt?

Der Vergleich mit anderen Primaten zeigt, dass die unsystematische Verteilung zur Fähigkeit der Rufkombinationen evolutionären Erwartungen nicht entspricht.

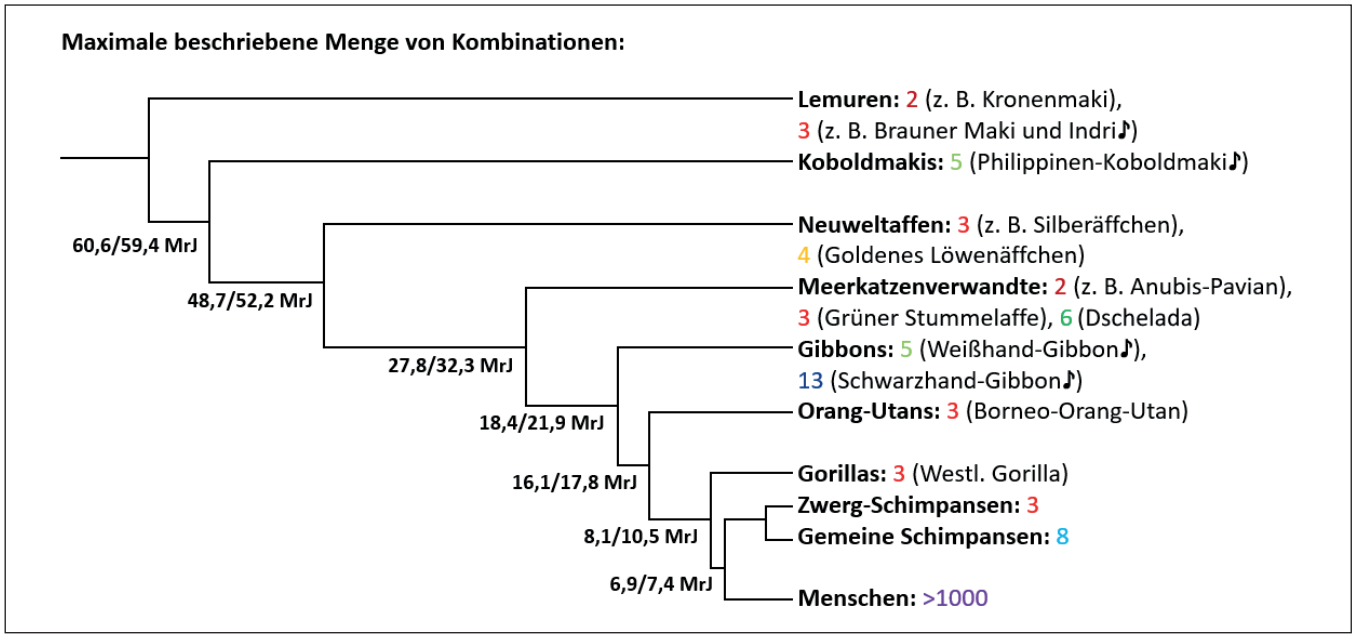


Abb. 4: Maximale Sequenzlänge der von Girard-Buttoz et al. (2022, Suppl. Data 2, Fig. 6) beschriebenen Rufkombinationen (wobei die Autoren hier die Sequenzlänge bei Schimpansen auf 8 statt 10 Rufe eingrenzten – wahrscheinlich, weil diese Ereignisse mit < 0,1 % zu selten vorkamen). Für Menschen wurde der lange griechische Satz von Paulus in Epheserbrief 1,3–14 als Beispiel gewählt. Die vorderen Zeitangaben der evolutionären Aufspaltung in MrJ (Mio. radiometrische Jahre) stammen von den Untersuchungen der Kern-DNA, und die hinteren stammen von denen der mitochondrialen DNA bei Perez et al. 2013 (Fig. 3). Die Symbole ♪ bezeichnen singende Arten. Es fällt auf, dass die Fähigkeit zur Bildung langer Kombinationen völlig unsystematisch im evolutionären Stammbaum verteilt ist. (Eigene Darstellung basierend auf Perez et al. 2013, Fig. 3a; Girard-Buttoz et al. 2022, Suppl. Data 2, Fig. 6)

Tab. 1: Die vermeintliche evolutionäre Trennungsdauer von den Großen Menschenaffen inklusive Schimpansen je nach Studie zu den hier aufgeführten Arten:

Gruppe	Trennungsdauer von Großen Menschenaffen nach Studien in MrJ
Kleine Menschenaffen (Gibbons)	15,9 –17,6 MrJ (bevorzugt 16,9 MrJ) (Carbone et al. 2014) 20,8–26,6 MrJ (Chatterjee et al. 2009) 21–31 MrJ (Perez et al. 2013)
Meerkatzenverwandte (z. B. Geladas)	27,8–32,3 MrJ (Perez et al. 2013) 20–47 MrJ (bevorzugt ca. 30 MrJ) (Chatterjee et al. 2009) 29 MrJ (Carbone et al. 2014)
Koboldmakis (z. B. Philippinen-Koboldmakis)	50 MrJ (Kaas et al. 2018) 55,8–65,8 MrJ (Perez et al. 2013, Fig. 2).
Lemuren (z. B. Braune Makis)	63–79,3 MrJ (4 Studien nach Chatterjee et al. 2009) 56,7–58,4 MrJ (Poux & Douzery 2003)

Der Verweis von Girard-Buttoz et al. (2022) auf die Tatsache, dass Philippinen-Koboldmakis und Gibbons singende Arten sind, löst das genannte Problem auch nicht wirklich, da Dscheladas und Goldene Löwenäffchen wiederum nicht singen. Dieser Befund im evolutionären Stammbaum zwingt zur wenig überzeugenden Annahme eines sehr sprachfähigen und intelligenten letzten gemeinsamen Vorfahren kurz nach dem Aussterben der Dinosaurier, oder zur Annahme häufiger paralleler Entwicklungen (Homoplasien) gesteigerter Kombinationsfähigkeiten unter Primaten. Beide Szenarien sind aber in einem blinden, zufälligen Evolutionsprozess, der v. a. nur auf Mutation und Selektion basiert, sehr unwahrscheinlich.

Doch nicht nur auf der Ebene der Lautkombination, sondern auch auf der Ebene der Laute selbst entsprechen tatsächliche Beobachtungen bei Großen Menschenaffen nicht dem evolutionären Szenario, wie Lameira durch 18 Jahre Beobachtung von Menschenaffen in ihrer natürlichen Umgebung herausfand (vgl. Gelitz 2022). Lameira kam zu dem Schluss, dass die Fähigkeit zur Erzeugung von Konsonanten „seltsamerweise" bei Orang-Utans stärker vorliegt als bei Schimpansen (Lameira 2022, 1). Zwar können Schimpansen und Gorillas ebenso wie Orang-Utans in Gefangenschaft „neue stimmlose konsonantenähnliche Rufe" erlernen oder erfinden; doch sieht es in der Natur ganz anders aus (ebd.). Wildlebende Orang-Utans verwenden „konsonantenähnliche Rufe" in ganz verschiedenen Kontexten wie z. B. Nestbau oder Mutter-Kind-Kommunikation – und das scheinbar sogar in Form von Traditionen (Lameira 2022, 1). Dies gilt aber ausgerechnet nicht für Afrikanische Menschenaffen (ebd.): „Bei Gorillas kommt ein einziger vermeintlich kultureller konsonantenähnlicher Ruf in einigen Populationen vor, in anderen jedoch nicht […]. Bei *Pan* produzieren einige wildlebende Schimpansenpopulationen ein oder zwei konsonantenähnliche Rufe (mit möglichen Untervarianten) in einem einzigen Kontext (z. B. soziale Körperpflege) […], aber diese sind in anderen Populationen notorisch unüblich. Nur bei wildlebenden Orang-Utans sind konsonantenähnliche Rufe universell, kulturell geprägt und treten in verschiedenen Kontexten auf, wie bei der Sprache". Diese Befunde sind zudem keine Messfehler, da Orang-Utans aus verschiedenen Gründen deutlich schlechter untersucht sind als Afrikanische Menschenaffen und dennoch mehr konsonantenähnliche Laute beobachtet wurden (ebd., 2).

„Seltsamerweise" verwenden Orang-Utans in der Natur konsonantenähnliche Laute viel häufiger als Schimpansen.

Abb. 5: Die folgenden Arten übertrumpfen alle Großen Menschenaffen außer Schimpansen in der Länge ihrer Rufsequenzen, was evolutionär schwerwiegende Probleme aufwirft (v. l.): Philippinen-Maki, Goldenes Löwenäffchen, Dschelada und Weißhand-Gibbon. Der Schwarzhand-Gibbon (rechts) übertrifft den Schimpansen sogar noch mit bis zu 13 Rufen in einer Sequenz. (Wikimedia: Kok Leng Yeo, Boholvia AnimalPhotos.info, CC BY 2.0; I, Ltshears, CC BY-SA 3.0; Geertchaos, CC BY-SA 4.0; JJ Harrison, CC BY 3.0; Julielangford, CC BY-SA 3.0)

Orang-Utans nutzen als schwere, kletternde Affen ihre Gliedmaßen oft zum Festhalten. Sie verwenden ihre Lippen daher häufig als „fünfte Hand“ z. B. zum Schälen von Obst. Eine bessere Muskelkontrolle über Mund und Lippe korreliere mit einer erhöhten Fähigkeit zur Bildung von Konsonanten.[8] Lameira (2022, 1f) leitet daraus die Hypothese ab, dass die Sprache vermutlich bei in Bäumen lebenden Vorfahren des Menschen entstanden sei, gibt aber zu, dass das erst ein „erster“ Anhaltspunkt zur Entstehung für die menschliche Sprachevolution sei. Dies ist insofern bemerkenswert, als er selbst konstatiert (ebd., 1): „Nichtsdestotrotz muss jeder Versuch, die Ursprünge der Sprache erfolgreich zu rekonstruieren, früher oder später die Ursache(n) der stimmlosen konsonantenähnlichen Rufe in der menschlichen Abstammung erklären.“ Tatsache ist aber: Die empirisch beobachtbare Verteilung der natürlichen Nutzung konsonantenähnlicher Laute bei heute lebenden Menschenaffen spricht gerade nicht für eine Abstammung der Menschen von gemeinsamen Vorfahren mit den Schimpansen.

5. Die evolutionär unerwartete Verteilung der Lautkommunikation im ganzen Tierreich

Nicht nur Schimpansen, sondern auch andere singende sowie nichtsingende Arten besitzen besondere kommunikative Fähigkeiten (vgl. auch Abschnitt 3). So kommen hier genannte Anforderungen an eine „Mindest-Grammatik“ auch bei Tiergesängen von z. B. Walen und Singvögeln vor (vgl. Girard-Buttoz et al. 2022). Solche singenden Arten können im Gegensatz zu allen anderen Tieren hierarchische Strukturierungen von Vokal-Sequenzen erzeugen (ebd.). Wenn Tiergesänge aber tatsächlich ohne eigentlichen Bedeutungsinhalt sind und man daher nicht vom Vorliegen einer Grammatik ausgeht (vgl. ebd.), muss diese Möglichkeit auch bei längeren Rufsequenzen der Schimpansen in Betracht gezogen werden, sofern übermittelte Inhalte nicht ermittelt wurden (vgl. ebd.).

Komplexe hierarchische Strukturen wie bei menschlichen Grammatiken wurden bei tierischen Kommunikationssystemen bisher nicht belegt, obwohl bei manchen Tierrufen, die in Sequenzen vorkommen, eine andere Bedeutung vorliegen kann als in den Einzelrufen (vgl. Girard-Buttoz et al. 2022). So ergibt bei Großen Weißnasen-Meerkatzen (Geschwänzte Altweltaffen) die Kombination von zwei Lauten eine Rufkombination mit neuer Bedeutung (Arnold & Zuberbühler 2008). Campbell-Meerkatzen kombinieren den Alarmruf für „Leopard“ mit einem zweiten Ruf (laut Autoren „Suffix“) und ändern damit die Bedeutung zu „allgemeiner Alarm“; der Adler-Ruf wird ebenfalls durch Ergänzung mit dem Ruf „oo“ (Suffix) zu einem allgemeinen Alarm für Störungen von oben (Ouattara et al. 2009, 1; vgl. Junker 2021, 101).

Ein weiteres Beispiel für eine komplexe und inhaltsreiche akustische Kommunikation findet sich bei Erdmännchen, die zur Raubtier-Gruppe der Mangusten gehören: Es „wurde herausgefunden, dass Erdmännchen ein sehr großes Repertoire an ‚Vokabeln‘ besitzen, die sie in 12 verschiedenen Kombinationen in vielen alltäglichen Situationen benutzen […]. Außerdem besitzen sie ein komplexes Warnsystem, das je nach Raubtier – am Boden oder aus der Luft – und Gefährlichkeitsgrad den Einsatz unterschiedlicher Vokabeln und Codes vorsieht. Wenn ein Wächter in der Ferne einen Schakal entdeckt, gibt er eine Art metallischen, langsam wiederholten Warnruf von sich. Wenn das Raubtier näherkommt, wird der Rhythmus immer schneller und schließlich wird der Warnruf eine Art Bellen […]. Wenn ein Raubtier vom Himmel herabstößt, ist der Warnruf viel modulierter und ängstlicher“ (Buoninconti 2022, 245f). Auch die Kommunikation der Präriehunde, die Nagetiere aus der Gruppe der Erdhörnchen sind, ist überraschend präzise. Ihre akustische Kommunikation gehört zu „den komplexesten im Tierreich“, denn sie warnen konkret vor dem Beutegreifer, der

Abb. 6: Die Kommunikation von Erdmännchen (Raubtieren) und Gunnisons-Präriehunden (Nagetieren) ist komplex und präzise in Bezug auf potenzielle Gefahren. (Wikimedia: Sara&Joachim &Mebe, CC BY-SA 2.0; zoo_attilly, CC BY-SA 4.0)

auftaucht (ebd., 242). Der Gunnisons-Präriehund kommuniziert „nicht nur den Angreifer, sondern auch dessen Größe und Farbe und aus welcher Richtung mit welcher Geschwindigkeit er kommt, und zwar mit einer Treffsicherheit von 85–96 Prozent. […] Jedes Signal ruft eine andere, der Gefahr entsprechende Reaktion hervor“ (S. 243). Die Schwarzschwanz-Präriehunde wiederum kennen zusätzlich zum Warnruf noch mindestens elf andere Lautäußerungen (S. 243).

Die amerikanische Schwarzkopfmeise kann über die Anzahl ihrer Rufe nicht nur den Ort eines Greifvogels anzeigen, sondern über die Anzahl der „dii“-Silben am Schluss eines mit „chickadii“ kombinierten Rufes sogar auf die Größe eines Raubvogels hinweisen bzw. mit „chickadii“ andere Meisen zur gemeinsamen Verteidigung herbeirufen (Buoninconti 2022, 141f).

Verschiedene Meerkatzen und Meisen beherrschen die Übermittlung von unterschiedlichen Informationen bei der Kombination von Rufen – bei Schimpansen ist dies hingegen noch fraglich.

Japanische Meisen kombinieren zehn verschiedene Töne aus ihrem Gesangsrepertoire (Suzuki et al. 2016, 1). Sie verändern die Bedeutung einer Dreierkombination durch das Anhängen eines vierten Rufes von „Gefahr suchen“ hin zu „dem Rufenden nähern“ (ebd., 1). Erfolgt der vierte Ruf vor den drei anderen, erfolgt nur selten eine solche Reaktion. Dies bedeutet nach Suzuki et al. (2016, 1): „Die Kompositionssyntax ist also keine Besonderheit der menschlichen Sprache, sondern hat sich möglicherweise unabhängig davon bei Tieren als einer der grundlegenden Mechanismen der Informationsübertragung entwickelt.“ Auch dies ist ein Hinweis auf ein unabhängiges Vorkommen von grammatikalischen Fähigkeiten im Tierreich – auch wenn der Begriff „Syntax“ bei so einfachen Kombinationen als unangemessen erscheint.

Es gibt noch weitere Beispiele aus dem Tierreich, die für die These von evolutionär völlig unabhängigen komplexen Kommunikationssystemen sprechen (vgl. Anhang 1+3).

Die äußerst komplexe Form der Kommunikation der Hufeisennasen ist den Rufkombinationen von Schimpansen im hierarchischen Aufbau weit überlegen.

Dabei fallen insbesondere Fledermäuse auf, die mit keiner der sonst genannten Tiergruppen näher verwandt sind. Ma et al. (2006) haben Tonaufnahmen von der heimischen Fledermausart Große Hufeisennase analysiert. Davon waren 2 % keine Echolot-Rufe, sondern Kommunikationsrufe, deren Einsatz auch in Interaktionen mit Artgenossen analysiert werden konnte. Leider sind diese Kommunikationsrufe bisher kaum erforscht (vgl. ebd., 536–538). Bei ihrer akustischen Kommunikation nutzen die Hufeisennasen 17 verschiedene „Silben“ (ebd.). Sieben dieser Silben bestehen ihrerseits aus mehreren Komponenten (2 bis 5 Obertöne; ebd., Tab. 2). 16 dieser Silben konnten zu vier zusammengesetzten „Phrasen“ kombiniert werden, die wiederum aus einer Sequenzlänge von bis zu 23 Silben bestanden (ebd., Tab. 4), und bis zu 2,6 Sekunden dauerten.[9] Mehrere dieser Phrasen konnten außerdem zu einer „Serie“ kombiniert werden (ebd., S. 547). Dies ist eine äußerst komplexe Form der Kommunikation, die formal in Bezug auf den hierarchischen Aufbau der Kombination von maximal 10 Ruftypen bei Schimpansen weit überlegen ist. Die Autoren um Ma (2006, 548) beschreiben diese äußerst komplexe Zusammenstellung von Silben bzw. Lauten bei Hufeisennasen als eine wenigstens teilweise Ähnlichkeit mit „Gesang“ und stellen fest, dass auch andere Säugetiere zu Gesangsmustern in der Lage sind. Letztlich kommen Ma et al. (2006, 547) zu dem Schluss: „Zusammenfassend zeigt unsere Studie, dass Große Hufeisennasen ein recht großes Reper-

Abb. 7: Nicht nur Schimpansen, auch andere, nicht nahe verwandte Tiere können die Bedeutung von einzelnen Rufen ändern, wenn sie diese kombinieren (v. l.): Große Weißnasen-Meerkatzen, Campbell- bzw. Lowe-Meerkatzen und japanische Meisen. (Wikimedia: LaetitiaC, CC BY-SA 3.0; Badgernet, CC BY-SA 3.0)

Abb. 8: Große Hufeisennasen (links) teilen mit den Vögeln nicht nur eine äußerst komplexe Kommunikation, sie besitzen auch Anpassungen an das Höhlenleben und an die Echoortung, die jeweils konvergent zu beispielsweise Fettschwalmen (rechts) sind. (Wikimedia: Marie Jullion, CC BY-SA 3.0; The Lilac Breasted Roller, CC BY 2.0)

toire an Kommunikationssignalen für vokale Interaktionen nutzen, und diese sozialen Rufe analog zu Singvögeln in komplexer und ausgeprägter Weise nach oft gut definierten syntaktischen Regeln kombinieren[10], um hoch strukturierte Phrasen und sogar liedartige Gesangsmuster zu bilden." Interessant ist auch, dass sich nicht nur der Gesang, sondern auch die Ultraschall-Echoortung bei mindestens drei verschiedenen Vogelgruppen (z. B. bei Fettschwalmen) und Fledertieren konvergent (unabhängig) entwickelt hat (vgl. Anhang 3; Buoninconti 2022, 152, 155, 182). Der Befund von Konvergenzen zwischen Fledermaus- und Vogelkommunikation – sowie die sehr weite Verbreitung von Verhaltenskonvergenzen und ihre Korrelation mit Lebensraumbedingungen generell (Anhang 3; vgl. Scholl 2021) – warnt deutlich vor voreiligen Schlüssen bei oberflächlichen Ähnlichkeiten der Kommunikation von Schimpansen und Menschen.

Ganz grundsätzlich beherrschen auch viel mehr Tiere die Fähigkeit, Laute zur Kommunikation zu produzieren, als bis vor Kurzem bekannt war (vgl. Jorgewich-Cohen et al. 2022). Von 1800 untersuchten Choanata (eine evolutionär motivierte Zusammenfassung von Landwirbeltieren und Lungenfischen) wurde bei 1267 Arten die Fähigkeit nachgewiesen, Geräusche zu erzeugen (ebd., Suppl. Data. 4). Diese Fähigkeit ist aber so extrem unsystematisch im System der Lebewesen verteilt (vgl. Anhang 1), dass Jorgewich-Cohen et al. (2022, 1f) kurzerhand den hypothetischen letzten gemeinsamen Vorfahren aller Choanata vor 407 MrJ zum Geräuscherzeuger deklariert haben. So titelte Pennisi (2022) in *Science News* dann auch: „Animals may have begun to vocalize before anyone had ears to hear them". Solche Spekulationen lösen aber die diesbezüglichen Probleme evolutionärer Stammesrekonstruktionen nicht, da Jorgewich-Cohen et al. (2022) selbst zu Beginn ihres Artikels feststellen: „Studien über akustische Wahrnehmungsfähigkeiten zeigen, dass die Morphologie des Hörapparats und seine Empfindlichkeit bei Wirbeltieren sehr unterschiedlich sind [vgl. Anhang 2 für vielfältige Beispiele]. Dies und die beobachteten Unterschiede in der Morphologie des Vokaltrakts deuten darauf hin, dass sich die akustische Kommunikation wahrscheinlich mehrfach und unabhängig voneinander in verschiedenen Kladen entwickelt hat."

Dass ein Rückschluss von Lauterzeugung auf eine gemeinsame Abstammung völlig unangemessen ist, zeigt auch der Befund, dass auch unter den Knochenfischen die Fähigkeit zur Lautproduktion völlig unsystematisch verteilt ist (vgl. Anhang 1), sodass Rice et al. (2022, 1) sogar davon ausgehen, dass hier die Lautproduktion „etwa 33 Mal unabhängig evolviert ist". Ganz zu schweigen von der akustischen Kommunikation unter Wirbellosen (vgl. Anhang 2 und 3).

Die Erzeugung von Lauten und Lautkombinationen ist so unsystematisch unter den Lebewesen verteilt, dass sie als Indizien einer gemeinsamen Evolution keine Beweiskraft besitzen.

Die Erzeugung von Lauten und Lautkombinationen – sogar bei gewissen „syntaktischen" Regeln – ist somit so außerordentlich unsystematisch unter den Lebewesen verteilt, dass sie als Indizien einer gemeinsamen Evolution – speziell damit auch von Schimpanse und Mensch – keine Beweiskraft besitzen.

6. Fazit

Häufig wird in populären Medien jede neue Entdeckung zur Kommunikation der Schimpansen als neuer Meilenstein für das Verständnis der Evolution des Menschen gefeiert, indem Forschungsergebnisse vereinfacht oder gar verzerrt wiedergege-

ben werden. Dies ist auch mit den Ergebnissen der Studie von Girard-Buttoz et al. (2022) geschehen. Die Autoren hatten eine sehr umfassende quantitative Studie zur Kombination von Rufen und Bildung von Sequenzen bei wildlebenden Schimpansen vorgelegt und dabei ein bisher unbekanntes Ausmaß an Flexibilität, Ordnung und Rekombination bei Schimpansen-Rufen festgestellt. Dies ist in jedem Fall beeindruckend und aus Schöpfungsperspektive auch nicht überraschend, da uns geniales Design im Tierreich auf Schritt und Tritt begegnet, wie die völlig unsystematisch verteilten Fähigkeiten zur Lautkommunikation, zur Bildung langer Sequenzen oder gar „syntaktischen Regeln" im Tierreich und auch unter Primaten und sogar Menschenaffen zeigen. Dies widerspricht einer evolutionären Interpretation. Für den Beweis einer Grammatik bei Schimpansen fehlt außerdem eine qualitative Untersuchung bezüglich der Inhalte der Rufkombinationen sowie ihre Vergleichbarkeit mit grammatikalischen Formen.

Evolutionäre Paradigmen haben in der Wissenschaftsgeschichte immer wieder zu nicht haltbaren Deutungen über Sprachen geführt (vgl. Liebi 2018, 110–118, 168–174): So hielt Charles Darwin die Feuerland-Indianer, die er auf seiner Forschungsreise auf dem Schiff Beagle traf, für fehlende Bindeglieder der menschlichen Evolution oder zumindest für deren Modell (nach Liebi 2018, 208).[11] Er behauptete, dass selbst Haustiere „weit verständlicher" kommunizieren würden als diese Indianer (nach Liebi 2018, 208).[12] Der christliche Missionar Thomas Bridge gab sich aber nicht mit dieser evolutionär begründeten Spekulation zufrieden und erforschte die Sprache der Feuerland-Indianer 40 Jahre lang, um ihnen das Evangelium erklären zu können. Er erfasste ca. 32.000 Vokabeln in einer ihrer Sprachen namens Yamana

Abb. 9: Das Forschungsschiff HMS Beagle mit Charles Darwin an Bord wird von Feuerland-Indianern begrüßt. Darwin hielt die Sprache der Feuerlandindianer für äußerst primitiv – doch der Missionar Thomas Bridge konnte das Gegenteil beweisen. Nach Liebi (2018) gab und gibt entgegen evolutionären Erwartungen überhaupt gar keine primitiven menschlichen Sprachen. (Wikimedia: Conrad Martens, CCO)

(Radick 2010; vgl. Liebi 2018, 208) und widerlegte Darwins Einschätzung der Feuerländer.[13]

Die ca. 7000 bekannten heutigen und ausgestorbenen menschlichen Sprachen lassen sich in ca. 300 Sprachfamilien bzw. isolierte Sprachen einteilen (vgl. Liebi 2018, 51, 89, 94f; Kausen 2009). Da für diese unabhängigen Sprachfamilien keine gemeinsame Abstammung nachweisbar ist, kann man von einer jeweils unabhängigen Entstehung ausgehen, was evolutionär bei einer gemeinsamen Abstammung der heutigen Menschen schwer zu verstehen ist (vgl. Liebi 2018, 82–99, 107ff). Außerdem sind entgegen evolutionären Erwartungen (vgl. Liebi 2018, 81, 103f, 168–175, 207f) alle menschlichen Sprachen grammatikalisch äußerst komplex und genial gestaltet – ganz egal, ob man die Sprachen heutiger Hochkulturen oder Jäger-und-Sammler-Gesellschaften oder die ausgestorbenen Schriftsprachen betrachtet (vgl. Liebi 2018, 180–224, v.a. 300–304). Wer hat sich also all diese komplexen Sprachgruppen mit ihren Grammatiken („Software") ausgedacht und woher kommen die notwendigen kognitiven Fähigkeiten der Menschen zum Erlernen solcher Sprachen („Hardware"; vgl. Liebi 2018, 102ff)?

Schlüssige Antworten zu einer schrittweisen Evolution der menschlichen Sprachen fehlen (vgl. Liebi 2018, v. a. 300–304; Scholl 2018, 13–20). So halten Ouattara et al. (2009) zu Beginn ihres Artikels fest: „Die Frage nach den Ursprüngen der menschlichen Sprache und ihren möglichen Vorläufern in der tierischen Kommunikation bleibt umstritten […]. Es wurde eine Reihe interessanter Parallelen festgestellt, wie z. B. Lallen, Audience-Effekt [Ausrichtung der Botschaft am Empfänger], konversationsähnliche Interaktionen oder Dialekte, aber die Verbreitung dieser Phänomene ist phylogenetisch heterogen und häufig bei Arten zu finden, die nicht eng mit dem Menschen verwandt sind […]. Die menschliche Sprache ist sehr komplex, und zahlreiche Merkmale scheinen keine [oder nur sehr seltene wie die Suffixänderung bei Campbell-Meerkatzen; s. Abschnitt 5, Anm. d. V.] Entsprechung in tierischen Kommunikationssystemen zu haben. Ein solcher qualitativer Unterschied betrifft die morpho-syntaktische Organisation der Sprache […]."

Im Gegensatz dazu bietet die Bibel im Bericht über die Sprachenverwirrung durch Gott im Buch Genesis in Kapitel 11 eine Erklärung an. Die Erklärungskraft des schöpfungswissenschaftlichen Sprachmodells kann im Kern trotz neuerer verhaltensbiologischer Studien nach wie vor als die *schlüssigste* Theorie zur Entstehung von Sprachen eingestuft werden – jedenfalls sofern man die Existenz des biblischen Schöpfergottes nicht a priori unbegründet ausschließt.

7. Anhang

Anhang 1 Erzeugung von Geräuschen unter Wirbeltieren

Osteichthyes (Knochenfische) (vgl. Rice et al. 2022, Tab. 1)

Actinopterygii (Strahlenflosser):	298 tonlos	172 tonerzeugend
Teleostei (Echte Knochenfische)	295 tonlos	169 tonerzeugend
Osteoglossiformes (Knochenzünglerartige)	1 tonlos	4 tonerzeugend
Otocephala (Heringsartige, Glattkopffische und Ostariophysi (s. u.))	56 tonlos	41 tonerzeugend
Ostariophysi (Salmler-, Karpfen-, Sandfisch-, Welsartige & Neuwelt-Messerfische)	49 tonlos	39 tonerzeugend
Curimatoidea	1 tonlos	5 tonerzeugend
Siluroidei (eine Familie der Welsartigen)	7 tonlos	22 tonerzeugend
Eutelostei (bzw. Euteleosteomorpha)	230 tonlos	119 tonerzeugend
Acanthomorpha (Kopfsteher, Breitlings-, Wolfs-, Keulen-, Barben- & Sägesalmler)	189 tonlos	116 tonerzeugend
Percomorphaceae (Barschverwandte)	166 tonlos	102 tonerzeugend
Eupercaria (z.B. Falterfische)	83 tonlos	66 tonerzeugend
Hexagrammidae (Gründlinge) + Zoarcoidei (Aalmutterverwandte) + Cottoidei (z. B. Groppen)	14 tonlos	9 tonerzeugend
Sarcopteriigyi (Fleischflosser)*		
Dipnoi (Lungenfische)		
Lepidosirenidae		1 tonerzeugend
Tetrapoda (Landwirbeltiere)**		
Lissamphibia (Amphibien):		
Anura (Forschlurche)		
34 Gruppen		alle tonerzeugend
Ascaphidae (Schwanzfrösche)	1 tonlos	1 tonerzeugend
Hylodidae	1 tonlos	1 tonerzeugend
Hyperoliidae (Reidfrösche)	2 tonlos	21 tonerzeugend
Caudata (Schwanzlurche)		
Salamanderverwandte		
Ambystomatidae (Eigentliche Querzahnmolche)	3 tonlos	
Amphiumidae (Aalmolche)		1 tonerzeugend
Dicamptodontidae (Riesen-Querzahnmolche)	1 tonlos	
Plethodontidae (Lungenlose Salamander)	alle 24 tonlos	
Salamandridae (Echte Salamander)	7 tonlos	2 tonerzeugend
Cryptobranchoidea (Riesensalamander)		
Cryptobranchidae (Riesensalamander)	1 tonlos	1 tonerzeugend
Sirenoidea (Armmolche)		
Sirenidae (Armmolche)		1 tonerzeugend
Gymnophiona (Schleichenlurche bzw. Blindwühlen)		
Dermophiidae		1 tonerzeugend
Herpelidae	1 tonlos	
Scolecomorphidae (Grabwühlen)	1 tonlos	
Siphonopidae		1 tonerzeugend
Sauropsida		
Crocodylia (Krokodile)		
Alligatoridae (Alligatoren)		1 tonerzeugend
Lepidosauria (Schuppenechsen)		
Gekkota (Geckoartige)		
18 Gruppen	alle tonlos	
Pygopodomorpha		
Carphodactylidae („Südliche paddelose Geckos“)	2 tonlos	
Diplodactylidae (Doppelfingergeckos)	3 tonlos	1 tonerzeugend
Eublepharidae (Lidgeckos)	4 tonlos	1 tonerzeugend
Gekkonoidea		
Gekkonidae (Geckos)	17 tonlos	4 tonerzeugend
Phyllodactylidae	2 tonlos	10 tonerzeugend
Scincoidea (Skinkartige): 4 Gruppen	alle tonlos	
Serpentes (Schlangen): 18 Gruppen	alle tonlos	
Rhynchocephalia (Rhynchocephalia)		
Sphenodontida (Brückenechsen)		1 tonerzeugend
Testudines (Schildkröten)***		15 tonerzeugend
Pleurodira (Halswender-Schildkröten)		
Chelidae (Schlangenhalsschildkröten)	2 tonlos	12 tonerzeugend
Pedocnemididae (Schienenschildkröte)		5 tonerzeugend
Cryptodira (Halsberger-Schildkröten): 7 Gruppen		alle tonerzeugend
Trionychidae (Weichschildkröten)	2 tonlos	11 tonerzeugend
Emydidae (Neuwelt-Sumpfschildkröten)	4 tonlos	8 tonerzeugend
Testudinidae (Landschildkröten)	2 tonlos	13 tonerzeugend

Geoemydidae (Altwelt-Sumpfschildkröten)	13 tonlos	5 tonerzeugend
Aves (Vögel): ca. 550 Spezies		alle tonerzeugend
Synapsida		
Mammalia (Säugetiere)		
Placentalia (Plazentatiere)		
17 Gruppen		alle tonerzeugend
Pholidota		
Manidae (Schuppentiere)	2 tonlos	
Rodentia (Nagetiere)		
87 Gruppen		alle tonerzeugend
Abrocomidae (Chinchillaratten)	1 tonlos	
Dipodidae (Springmäuse)	1 tonlos	7 tonerzeugend
Heteromyidae (Taschenmäuse)	5 tonlos	1 tonerzeugend
Marsupialia (Beutelsäuger)		
14 Gruppen		alle tonerzeugend
Burramyidae (Bilchbeutler)	1 tonlos	
Tarsipedidae (Honigbeutler)	1 tonlos	
Monotremata (Kloakentiere)		
Ornithorhynchidae (Schnabeltiere)		1 tonerzeugend
Tachyglossidae (Schnabeligel)	1 tonlos	

* (vgl. Jorgewich-Cohen et al. 2022, Suppl Data. 4)
** (vgl. Jorgewich-Cohen et al. 2022, Suppl Data. 4): 1800 untersuchte Arten
*** (vgl. Jorgewich-Cohen et al. 2022, Fig. 2; zuvor 15 tonerzeugende Arten, vgl. ebd., Suppl. Data 4)

Anhang 2 Beispiele für vielfältige Techniken zur akustischen Kommunikation im Tierreich nach Buoninconti (2022)

Die Unterschiede hinsichtlich der Techniken zum Erzeugen und Empfangen der Lautsignale sind im Tierreich unglaublich vielfältig, häufig komplex und unsystematisch im evolutionären Stammbaum verteilt. Dies widerspricht der Annahme, dass es sich hierbei um Homologien – also evolutionär verwandte Strukturen oder Verhaltensweisen – handelt. Im Folgenden sind einige Beispiele nach Buoninconti (2022) zusammengetragen (alle Hervorhebungen sind hinzugefügt):

Beispiele bei Säugetieren

- Buoninconti (2022, 20f) weist darauf hin, dass für die akustische Kommunikation äußerst vielfältige und aufeinander abgestimmte Strukturen sowohl bei Sender als auch bei Empfänger einer Nachricht vorhanden sein müssen: Auf organischer Ebene bei vielen **Säugetieren** sind das: Kehlkopf, Stimmbänder, passendes Atmungssystem, Mund zum Widerhall beim Sender – und Gehör mit allem, was dazu gehört beim Empfänger (vgl. 20f). Abgesehen von der neuronalen Verschaltung muss auch ein Erinnerungsvermögen zur Bedeutung einer Botschaft vorhanden sein, egal ob die übermittelte Botschaft geerbt oder erlernt wurde.
- Für **Fledermäuse** gilt, dass „jede Artengruppe eine bestimmte Bandbreite an Ultraschalllauten hat, die sie auf unterschiedliche Weise produziert und hört. Manche produzieren Laute mit dem Kehlkopf, andere wie die […] **Nilflughunde** schnalzen mit der Zunge […]. Andere wiederum stoßen Laute aus dem Mund und manche – wie die **Hufeisennasen**, deren Nasenaufsatz wie ein Lautsprecher wirkt, der den Laut verstärkt und lenkt – stoßen Laute aus der Nase aus“ (181).
- **Zahnwale** wie zum Beispiel **Weißwale** produzieren Schnalzlaute, „verschiedene spitze und melodiöse, einzelne und zusammengesetzte Zwitscherlaute“ sowie Pfeiflaute, aber auch Schreie, Triller, Summen und Zähneklappern (201). Die „Stimmlippen liegen zwischen mehreren Luftsäcken, in denen die Luft gespeichert wird. Alle Zahnwale mit Ausnahme der **Pottwale** haben zwei ‚Lippen‘-Paare, durch die sie unabhängig voneinander zur selben Zeit zwei Töne produzieren können. Die Vibration, die an den Stimmlippen entsteht, wird in die ‚Melone‘ des Wals weitergeleitet, ein aus Fett und Bindegewebe bestehendes, schwabbeliges und bauchiges Organ am Kopf des Wals. Hier wird der Ton geformt und in die richtige Richtung gelenkt, um zur Echoortung genutzt zu werden. Die Melone bündelt den Schall, verstärkt und lenkt ihn, während die Luft, die für die Erzeugung des Tons gebraucht wurde, aus dem Luftsack ausströmt, oder für neue Lautäußerungen weiterverwendet wird“ (202). **Bartenwale** wie **Buckelwale** produzieren ihre vielfältigen Walgesänge aber ganz anders als Zahnwale, was bei evolutionären Modellen zu bedenken ist: „Bartenwale haben weder Stimmbänder noch Stimmlippen. Sie haben nur einen Luftsack in der Nähe des Kehlkopfes, deshalb ist und bleibt es ein Geheimnis, wie sie ihre Gesänge erzeugen“ (211f).

Vögel

- Zu den Techniken der Lauterzeugung bei **Vögeln** gehören Singen, Schreien, mit der Zunge schnalzen, mit dem Schnabel schlagen (z. B. Klappern beim **Storch**, Hämmern beim **Specht**) und Federn aneinander reiben (139, 149). So kommuniziert das Männchen des **Keulenschwingenpipras** (ein Schnurrvogel) beispielsweise mit den Flügeln – mit modifizierten bzw. gerillten Schwungfedern, die übereinander reiben (Stridulation) ähnlich einer Geige (149f). Das stimmbildende Organ ist bei **Singvögeln** übrigens anders entwickelt als die stimmbildenden Organe bei anderen Vögeln (160). Der Stimmkopf der Singvögel sieht wie ein umgedrehtes Y aus und besteht aus mehreren ringförmigen Knorpelschichten zwischen Luftröhre und Bronchien (der menschliche Kehlkopf befindet sich hingegen oberhalb der Luftröhre, 160). „Zwischen den Knorpelringen befinden sich Membranen (*membrana tympaniformis*), die ebenfalls mit Muskeln verbunden sind und den Kehlkopf beim Durchströmen von Luft dehnen und so die erzeugten Töne modulieren. Bei vielen Arten, etwa Enten und Papageien, reicht der Stimmkopf nur bis zum oberen Ende der Bronchien. Er ist kurz und die Membranen befinden sich im oberen Stamm des Y vor der Gabelung. Bei Singvögeln hingegen führen beide Zweige des Y zu den Bronchien […]. Vor allem Singvögel haben zwei Membranen, die sich unterhalb der Gabelung des Kehlkopfes befinden und zu den Bronchien führen. Beide Zweige des Stimmkopfes können unabhängig voneinander Töne hervorbringen“ (160).

Reptilien

- **Schlangen** haben auch verschiedene Techniken zum Kommunizieren: Beispielsweise nutzen Kiefernnattern den beweglichen Kehldeckel; **Sandrasselotter** reiben mit den Schuppen aneinander (260). Die 30 Arten von **Klapperschlangen** rasseln mit dem Aneinanderreiben ihrer Hornringe am Schwanz mit einer Frequenz von 2.500 bis 19.000 Hz (260f). „Das Überraschende an all diesen Lauten ist, dass der Großteil der Urheber, also der Schlangen, sie gar nicht hört. Sie hören nur in einem Frequenzbereich von 300 bis 600 Hz“ (260f); ihre Geräusche richten sich daher wohl an andere Tierarten zur Warnung (261).

Amphibien

- Es gibt ca. 7.400 Arten von **Fröschen** „und ebenso viele unterschiedliche Quaklaute, die entstehen, wenn Luft durch den Kehlkopf strömt und durch die Schallblase – spezielle Hautmembranen unter der Kehle oder am Rand des Mundes – verstärkt wird. Frösche der Gattungen ***Heileioporus***- [sic] und ***Neobatrachus*** besitzen diesen speziellen Resonanzkörper nicht, sondern eine vergrößerte, kuppelförmige Mundhöhle, die den Zweck aber genausogut [sic] erfüllt“ (266).

Fische

- Auch **Fische** kommunizieren mit Schwallwellen, die sich unter Wasser ausbreiten. Buoninconti (2022, 273) schreibt etwas flapsig: „[A]uch Fische sprechen. Eigentlich sind sie sogar sehr geschwätzig.“ Manchmal ist das innere Ohr mit den Knöchelchen des Weber‘schen Apparates zur Schalleitung und -verstärkung ausgerüstet und mit der Schwimmblase verbunden (273). Auch mit dem Seitenlinienorgan nehmen sie Vibrationen und Druckunterschiede im Wasser wahr, sodass ein Schwarm synchron schwimmen kann (273). „Manche von ihnen schließen mehrmals Ober- und Unterkiefer, klappern also mit den Zähnen, andere wie **Karpfenfische** […] erzeugen mit den Schlundzähnen […] grunzende Laute. Manche reiben Knochen [oder Schlundzähne wie die **Grunzerfische** (280)] aneinander und erzeugen so Stridulationsgeräusche [z. B. das Aufeinanderreiben der Flossen wie beim **Knurrenden Gurami** (282)] und Klicklaute. Der **Großteil der Fische** erzeugt seine Laute, indem sie rasch die Muskeln um die Schwimmblase oder die Brustflossen kontrahieren und die Schwimmblase als Resonanzboden benutzen. […] Der **Hering** [...] pupst, allerdings ist er der Einzige, der derart spezielle Laute erzeugt. […] Bei Heringen ist die Schwimmblase nämlich sowohl mit dem Nahrungskanal als auch mit dem Analtrakt verbunden“ (277). Allerdings geschieht dies nur in Gesellschaft, weshalb es wahrscheinlich Kontaktrufe sind (278).

Beispiele bei Gliedertieren

- **Pistolenkrebse** können mit einem Zusammenknallen ihrer Scheren – eine der schnellsten Bewegungen im Tierreich – eine gewaltige Druck- und Hitzewelle erzeugen (114 km/h schnell, 210 Dezibel, implodierende Kavitationsblase), die sowohl andere Tiere töten oder bewusstlos machen kann als auch der innerartlichen Kommunikation dient (283f).
- **Gewöhnliche Langusten** haben einen Stridulations-Mechanismus mit ihren Antennen: ein kleiner Vorsprung wird gegen eine gerillte Rippe gerieben und schabt darüber (284f).
- ***Micronecta scholtzi*** aus der Gruppe der Ruderwanzen erzeugt hingegen ein metallisches „tzzz, tzzz“ mit ca. 99 Dezibel (wie ein vorbeidonnernder Zug) durch das Reiben des 50 Mikrometer kleinen Penis am Bauch (292).

- **Singzikaden**, die keine Heuschrecken sind, „erzeugen den Laut, indem sie zwei konvexe Membranen kontrahieren und entspannen: das Trommelorgan (Tymphalorgan) am Beginn des Hinterleibes. Durch ansetzende Muskeln und Sehnen werden Membranen in diesem Organ in Schwingung versetzt, ein Luftsack unter dem Singmuskel sorgt für die notwendige Resonanz. […] Obwohl die Methode der Lauterzeugung bei allen gleich ist, hat doch jede Art [der 3.200 Arten] ihren charakteristischen Gesang mit eigenen Frequenzen und eigenem Rhythmus“ (288).
- Die **Madagaskar-Fauchschabe** zeugt die typischen Fauch-Laute, „indem sie Luft aus Atemlöchern im vierten Bauchsegment ausstößt“ (291). Dieses vierte Bauchsegment „ist zu diesem Zweck modifiziert, es weist eine Engstelle auf, und der Laut entsteht beim Durchströmen der Luft.“ Sie setzen das Fauchen zum Warnen, aber auch zur Balz ein.
- **Lang-** und **Kurzfühlerschrecken** nutzen verschiedene Techniken zur Geräuscherzeugung und zum Hören: s. Anhang 3.
- **Springspinnen** nehmen Schallwellen mit Sinneshaaren an ihren Beinen wahr (Binder 2022a, 99). Radnetzspinnen wie die heimische **Gartenkreuzspinne** nutzen ihr Netz als „externes Trommelfell“ mit ganz erstaunlicher Effizienz (ebd., 100). Die mechanische Spannung im Netz nimmt die Spinne mit den spannungsempfindlichen lyraförmigen Organen in ihren Beinen wahr (ebd.).

Anhang 3 Verhaltensbiologische Konvergenzen der inner- und zwischenartlichen Kommunikation nach Buoninconti (2022)

In ihrem Buch „Tierisch laut“ gibt Buoninconti (2022; alle Hervorhebungen sind hinzugefügt) einen interessanten Überblick über die Vielfalt tierischer Kommunikationssysteme. Im Folgenden wurden aus ihrem Buch Konvergenzen zusammengetragen, die belegen, dass Verhaltensähnlichkeiten häufig auch aus evolutionärer Perspektive nicht als Verwandtschaftsargument zu verwenden sind. Stattdessen würden sie im evolutionären Rahmen die ziellose, zufällige Entstehung mehrfach ähnlicher morphologischer Strukturen oder Verhaltensweisen erfordern. Der Befund zeigt, dass Konvergenzen in der Verhaltensbiologie allgegenwärtig sind, was davor warnt, Verhaltensähnlichkeiten von Schimpansen und Menschen in der Kommunikation als Argument für eine gemeinsame Evolutionsgeschichte zu verwenden.

Beispiele für Konvergenzen bei der tierischen Kommunikation:

- Der „**Stepptanz**“ bei der Balz der **Prachtfinken** hat sich in der Familie der Prachtfinken „mehrmals und unabhängig voneinander entwickelt“ (32).
- Das Versammeln von Männchen auf einer **Balzarena** (*lek*), sodass die Weibchen sich dort einen Paarungspartner aussuchen können, ist „viel weiter verbreitet als man glauben möchte, und [wird] nicht nur von **Vögeln**, sondern auch von **Säugetieren**, **Amphibien**, **Fischen** und sogar **Insekten** praktiziert“ (34).
- Rehe und Hirsche haben ein helles Hinterteil, den **Spiegel**, mit dessen Hilfe sie durch Heben des Schwanzes Gruppenmitgliedern zeigen können, ob sie entspannt oder in Alarmbereitschaft sind. „Das veränderliche Signal des Spiegels [z. B. das weiße Hinterteil des Damhirsches] hat sich gleichzeitig bei **mehreren Huftierarten** entwickelt“ (58).
- Außerdem wenden „**viele Huftiere**“ die Methode des **Prellspringens** an. Dazu gehören **Gazellen**, **Damhirsche**, **Maultierhirsche**, **Gabelböcke**, **Antilopen**, **Hausziegen** und sogar **Nagetiere** wie der **Große Pampashase** (59). Für den Zweck des Prellspringens wurden elf verschiedene Hypothesen aufgestellt; am wahrscheinlichsten ist aber, dass es einem gesichteten Räuber die eigene Fluchtfähigkeit demonstrieren soll, sodass er vom Angriff absieht (60). Manche **Saumfingerechsen** (*Anolis*) machen zum selben Zweck beim Sichten einer Schlange möglichst schnell **Liegestützen** (80f).
- Auch das „**Schwanzwedeln**“ vieler **Huftiere** wie **Damhirsch** und **Gazelle** ist ein Signal gegenüber endeckten Raubtieren, welches „auch von vielen **Nagetieren**, etwa dem **kalifornischen Ziesel** […], eingesetzt wird“ (63f).
- Bei Raubtieren wiederum ist die „**Einladung zum Spielen**“ ein Signal, „das **Hunde** mit anderen sozialen Fleischfressern wie **Wölfen** oder **Löwen** gemeinsam haben“ (68).
- Bis Anfang 2020 waren nur sechs **fluoreszierende** (d. h. Lichtemission nach Anregung durch Licht) Amphibienarten bekannt. Mittlerweile hat man jedoch herausgefunden, „**dass es mindestens 32 fluoreszierende Amphibienarten gibt: acht von zehn Salamanderarten, fünf Froscharten und eine Schleichenlurchenart**“ – und das in verschiedenen Farben, zum Teil sogar bei Schleim oder Urin (90). Auch unter Wasser gibt es viele fluoreszierende Fischarten, vor allem bei Haien und Rochen. „**Es gibt 180 fluoreszie-**

rende Arten, die 50 Familien und 16 Ordnungen angehören" (106). In der von der Autorin zitierten Studie von Sparks et al. (2014, Fig. 2) wird außerdem deutlich, dass sich grüne und blaue Fluoreszenz völlig unsystematisch über die gesamte Systematik der untersuchten Strahlenflosser erstreckt, was für ihre „wiederholte unabhängige Entwicklung" (ebd., 6) spricht.

- Das Phänomen der **Biolumineszenz** (aktives Lichtabstrahlen durch eigene Zellen bzw. Symbionten) ist ebenfalls häufig konvergent: „**Die Biolumineszenz als Methode inner- und zwischenartlicher Kommunikation hat sich bei Meerestieren mindestens 40-mal unabhängig voneinander (konvergent) entwickelt**" (Buoninconti 2022, 110). Dazu gehören der imposante **Vampirtintenfisch**, die **Gemeine Napfschnecke** – welche als einzige Süßwasserschnecke einen grün biolumineszierenden Schleim produziert –, die **Scharlachrote Garnele**, die Kolonien bildenden Einzeller „**Feuerwalzen**" (110f), aber auch **Anglerfische** und **Glühwürmchen**. Alle ca. 2000 Arten von Glühwürmchen bzw. Leuchtkäfern besitzen Biolumineszenz; es unterscheidet sich aber der Rhythmus des Blinkens und, ob beide Geschlechter fliegen und blinken (129). Glühwürmchen antworten zum Teil auch in komplexen wechselseitigen Leuchtsignalen (132f). Besonders perfide agiert dabei das Weibchen von *Photuris versicolor*: Es imitiert die Leuchtsequenzen der Männchen von elf anderen Glühwürmchen-Arten und frisst diese anschließend, um deren Leuchtstoff aufzunehmen (130, 134).
- Es gibt nicht nur zahlreiche **giftige Wirbellose, Fische, Lurche, Echsen, Schlangen, Schnabeltiere** oder gar **Spitzmäuse**, sondern sogar auch giftige **Vögel**: „Der […] **Zweifarbenpirol** ist einer der seltenen giftigen Vögel auf der Welt. In seiner Haut und seinem Gefieder reichert sich ein Mix von Batrachotoxinen an, Neurotoxine mit stark cardiotoxischer Wirkung, die 15-mal so giftig wie Curare sind" (91). Doch auch bei den weltberühmten **Pfeilgiftfröschen**, deren Curare-Gifte die Indianer für tödliche Pfeile verwenden, scheint die Giftigkeit keine gemeinsame evolutionäre Grundlage zu besitzen: „Pfeilgiftfrösche reichern das Gift durch eine Nahrung an, die reich an Gliederfüßern […] ist. Diese **Nahrungsspezialisierung** ist in der Familie der Pfeilgiftfrösche im Laufe der Evolution zumindest **zweimal** unabhängig voneinander aufgetreten, während die **Warntracht** in dieser Gruppe mindestens **vier- oder fünfmal unabhängig** voneinander aufgetreten ist" (94).
- **Brutparasitismus** gibt es außer bei **50 Kuckucksarten** auch bei **20 Witwenvögelarten** und **10 Honigzeigerarten** (144). Payne (1977, 1) ergänzt noch, dass Brutparasitismus ca. **1 % aller Vogelarten** und ca. **die Hälfte der 130 Kuckucksarten** insgesamt betrifft, sowie die **Kuckucksente**, **einige Frischwasserfische** und **viele Insekten**.
- „Soweit bekannt, wird die **Echoortung** von 17 verschiedenen **Vogelarten** angewandt und hat sich bei dieser Tierklasse zumindest **dreimal unabhängig voneinander entwickelt**" (Buoninconti 2022, 152). Dazu gehören der **Fettschwalm** und **16 andere Seglerarten** aus der Gruppe (152f): „Es ist also eine **Anpassung an das Leben in Höhlen, eine konvergente Evolution**, die sie mit bekannteren Höhlenbewohnern wie den **Fledermäusen** teilen" (155). Ganz zu schweigen von der **Echoortung bei Spitzmäusen, Tenkreks, Walen, Nagetieren, Robben** und sogar **blinden Menschen** (Fenton 1984, 33) sowie **Rosettenflughunden**, deren Echoortung nicht so „primitiv" ist, wie bisher angenommen wurde (Yovel et al. 2011). Fenton (1980, 437) schreibt: „Obwohl es klar ist, dass die Echoortung im Tierreich polyphyletisch [nicht von gemeinsamer Abstammung] ist, haben wir leider keine klare Vorstellung davon, wie sie entstanden ist."
- Interessant ist auch, dass die Augen der Vogelart **Fettschwalm** „auf unglaubliche Weise an das nächtliche Leben" angepasst sind, dazu gehört, dass die **Stäbchen „schichtweise angeordnet** sind wie sonst nur bei **Tiefseefischen**" (Buoninconti 2022, 155).
- Die **Gesangs-Mimikry**, das Nachahmen anderer Arten, ist aus evolutionärer Sicht ebenfalls mehrmals unabhängig entstanden (ebd. 140f, 171f).
- Auch der **Gesang der Fledermäuse**, den diese wie **Vögel** zur Kommunikation einsetzen, ist „vielleicht […] **konvergente Evolution**, denn beide […] haben den Himmel erobert" (186). Heute weiß man außerdem, „dass jede Fledermausart eine eigene, dem Habitat entsprechende Echoortung hat" (181).
- Übrigens imitiert die Fledermausart **Großes Mausohr** die Summ-Geräusche von gereizten **Hornissen** und **Honigbienen**, um ihre Fressfeinde Schleiereulen und Waldkäuze abzuschrecken (Binder 2022b, 123). Dies ist eine **akustische Nachahmung** (Mimikry). Binder (2022b, 123) kommentiert: „Wie hat die Fledermaus, die normalerweise nicht in diesem akustischen Bereich kommuniziert, die anatomischen Voraussetzungen erlangt, um die Stechimmen imitieren zu können?"
- **Stromschnellenfrösche** kommunizieren ebenso wie Fledermäuse per **Ultraschall**: „Erneut ein Beispiel für **konvergente Evolution**: Kommuni-

kation mithilfe von Ultraschall ist im Laufe der Evolution aus unterschiedlichen Gründen und auf unterschiedliche Art und Weise, jedoch analog und parallel aufgetreten. Auch **Wale** und **Fledermäuse** haben denselben Weg eingeschlagen und **dieselbe Lösung gefunden**[14], um Botschaften zu sehen [besser: zu hören]" (270).

- „Mit den **Skunks** teilen **Iltisse** […] die Eigenschaft, in Gefahrensituationen unangenehme **Gerüche** zu versprühen, um Raubtiere zu vertreiben" (297). Die Stinkverteidigung der Skunks „wird von zwei Analdrüsen erzeugt, die viel entwickelter sind als die der europäischen Iltisse" (298). Dies ist aber eine Konvergenz, da es keine ganz so enge Verwandtschaft von Skunks und Mardern bzw. Iltissen gibt (Wang 2012, 25).
- Das **Flehmen** – das Hervorheben der Oberlippe bei heraushängender Zunge – soll Pheromone von Artgenossen zur Wahrnehmung ins Jacobson'sche Organ leiten. „Zahlreiche Säugetiere legen dieses Verhalten an den Tag: **fast alle Huftierarten**, von Pferden bis zu Hirschen, von Bisons bis zu Ziegen, sogar Lamas, Elche, Giraffen und Antilopen, sogar Tapire; und **viele Feliden** wie Tiger und Hauskatzen" (Buoninconti 2022, 302).
- **Gnus**, die mit bis zu einer Mio. Tieren zu den Arten mit den größten Tierwanderungen gehören, verlassen sich wie Ameisen (!) auf eine **Stigmergie** – also beim Weisen des Weges für die Artgenossen durch eine **Pheromonspur** (312). Gnus haben „– wie andere Huftiere auch – Duftdrüsen an den Hufen der Vorderbeine, die eine Art klares, ‚duftendes' Öl abgeben" und so eine Duftspur für nachfolgende Gnus hinterlassen (312).
- Auch **Ameisen** finden den Weg durch ihre Duftspuren – Pheromone, die die Dufoursche Drüse produziert. „**Mindestens zehn Drüsen** können bei verschiedenen Arten das Spurpheromon hervorbringen. Das bedeutet, dass sich diese Methode **mehrmals unabhängig voneinander entwickelt** hat, denn die Gefährtinnen erkennen aufgrund dieser chemischen Signale auch Qualität und Quantität der Nahrungsquelle" (334).
- **Vibrationen** zur Kommunikation werden im Tierreich vielfach eingesetzt. Sie tauchen beim Schwänzeltanz der **Biene** auf, ebenso wie bei **Wasserläufern** oder **Spinnen**, die bei der Balz an den Fäden zupfen, um artspezifische Vibrationen hervorzurufen (359f). Die Männchen der **Winkerkrabben** von der Gattung *Uca* führen Balztänze auf und winken dabei mit ihren Krabben oder klopfen zur Vibrationserzeugung auf den Sand (360f). Die Weibchen erkennen auch die typischen Vibrationen ihrer Art. **Afrikanische Termiten** hingegen trommeln bei Gefahr auf den Boden, was sich im ganzen Nest verbreitet, wo die anderen Termiten es reproduzieren (361). „Doch Vibrationen sind kein Exklusivrecht der Wirbellosen, weit gefehlt. Sie sind ein in **allen Tiergruppen verbreitetes Kommunikationsmittel**, sodass anzunehmen ist, dass sie im Lauf der Evolution sogar früher als Lautsignale aufgetreten und zumindest bei den Gliederfüßern auch weiter verbreitet sind" (361). **Kängururatten** trommeln zum Beispiel mit den Hinterbeinen auf den Boden, um vor der Kiefernnatter zu warnen (362).
- Eine besondere Form der Lauterzeugung ist die **Stridulation**, von der schon bei einigen Arten zu lesen war. „Stridulation, das Reiben zweier Körperteile aneinander [wie bei einer Geige], ist bei vielen Tieren, von **Vögeln** bis zu **Fischen**, und bei vielen **Gliederfüßlern** eine beliebte Methode, um Laute zu erzeugen: von **Käfern** zu **Ameisen**, bis zu **Krustentieren**, **Tausendfüßlern** und **Spinnen**" (285). Doch sogar innerhalb evolutionär nahe verwandter Gruppen kann es sein, dass Stridulationstechniken verschieden funktionieren: In der Ordnung der **Heuschrecken** erzeugen **Kurzfühlerschrecken** (wie Grillen) und **Langfühlerschrecken** (wie Wanderheuschrecken) die Stridulationsgeräusche „mit zwei verschiedenen Techniken" und werden mit Hörorganen „an verschiedenen Körperteilen" wahrgenommen (287). Die Langfühlerschrecken haben an den Vorderbeinen einen Spalt mit einer trommelfellartigen Membran, die mit dem Hörnerv verbunden ist – das Tymphalorgan. Kurzfühlerschrecken hören hingegen am Hinterleib-Segment (287). Langfühlerschrecken wie Grillen heben „die kleinen, verhärteten Flügel, Tegmen genannt, und reiben sie aneinander, legen sie übereinander wie Scherenfinger. Eine gezähnte Schrillader – Bogen genannt – auf der Unterseite des rechten Vorderflügels wird rasch über die Hinterkante des anderen Vorderflügels gezogen. […] Kurzfühlerschrecken hingegen rattern, produzieren einen viel stärker vibrierenden und schnellen Laut, […] sie reiben die Tegmen auf den Oberschenkeln der Hinterbeine an den Vorderflügeln" (287).
- Auch die Hörorgane der **Schmetterlinge** (**Tympanalorgane** bzw. Tymphalorgane) haben sich viermal unabhängig voneinander entwickelt; die Hörfähigkeit soll bei Schmetterlingen sogar **neunmal unabhängig entstanden** sein (Junker 2022). Dies ist evolutionär sehr problematisch: „Schon für deren einmalige Entstehung liegt keine tragfähige Hypothese vor, geschweige denn für eine vielfache Entstehung, die evolutionär ohne jede Zielvorgabe gedacht werden muss" (Junker 2022, 124).

Anmerkungen

[1] Die Autoren bemerken außerdem: „However, without looking into contextual information, which goes beyond the scope of the present study, our analysis cannot exclude that the pairing effects in the three-unit vocal sequence result from simple transitional relationships between adjacent elements.“ (9f)

[2] Wenn man die Ebene von akustischen Signalen verlässt und Signale ganz allgemein betrachtet, ist besonders beeindruckend, dass Berberaffen über 37 Signale (Gestik, Mimik und Posen) beherrschen, um miteinander Frieden zu schließen (Buoninconti 2022, 208).

[3] Im Deutschen sind es ca. 40 Laute (Phoneme), vgl. Schründer-Lenzen (2004).

[4] Ein **Laut** als kleine hörbare Einheit besitzt an sich noch keine eigene Bedeutung (z. B. der Laut „**a**“). Ein **Phonem** ist die kleinste Einheit mit Bedeutung, deren Veränderung auch eine Veränderung der Bedeutung bedeutet (z. B. „M**a**de“ und „M**o**de“). **Morpheme** sind die kleinsten Einheiten, die in verschiedenen Zusammenhängen dieselbe Bedeutung tragen (z. B. „**Affe**“ als lexikalisches Morphem, sowie „Affe**n**“: „n“ als grammatikalisches Morphem zeigt den Plural). Eine **Wortform** ist in der Grammatik eine Erscheinungsform eines Wortes mit Flexion, d. h. mit dem Ausdruck grammatischer Merkmale (z. B. Kasus (Fall), Person oder Numerus (Anzahl), z. B. „**des Affen**“). Ein Satz ist eine „im Allgemeinen aus mehreren Wörtern bestehende, in sich geschlossene, eine Aussage, Frage oder Aufforderung enthaltende sprachliche Einheit.“ (Wörterbuch Oxford Languages)

[5] Wikipedia listet diesbezüglich 130 Sprachen auf: List of dictionaries by number of words, https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_dictionaries_by_number_of_words&oldid=1113950557.

[6] David Crystal schätze aufgrund seiner Arbeit bei der Indizierung des umfangreichen Werkes „A Comprehensive Grammar of the English Language“, dass es ca. 3.500 grammatikalische Regeln im Englischen gibt. Vgl. https://david-crystal.blogspot.com/2007/04/on-counting-english-grammar.html, aufgerufen am 10.10.2022.

[7] Viele Tiere erkennen Ordinalpositionen, indem sie Objekte zählen, also in eine Reihenfolge bringen, und sich dann merken. Auch Tonfolgen kann man sich als Reihenfolgen verschiedener Töne bzw. Laute merken, ohne dass man dabei grammatikalische Regeln zur Bildung der Tonfolgen erkennen muss. Ratten erkennen unter 18 identischen Tunneln den richtigen Tunnel aufgrund der Ordinalposition, frisch geschlüpfte Küken merken sich die Ordinalposition bei sechs Objekten und Honigbienen erkennen bis zu vier Orientierungspunkte nacheinander. Sogar Guppys haben ein Verständnis für Ordinalpositionen. Vgl. Rugani (2018, 7) und Petrazzini et al. (2015, 1f).

[8] „Korrelation“ ist bei n = 3 in Bezug auf die drei heute noch lebenden Gattungen Großer Menschenaffen ein äußerst fraglicher Begriff.

[9] Leider ist eine methodische Vergleichbarkeit von „Phrasen“ der Hufeisennase mit den Rufkombinationen bei Schimpansen nicht gegeben, da bei der Hufeisennase auch Wiederholungen derselben Silben gezählt wurden.

[10] Ein Beispiel für eine solche syntaktische Regel: „Innerhalb eines V-Trillers […] stellt eine Reihe von aufeinanderfolgenden RFM-Silben [Rippled frequency modulated: wellige Frequenz moduliert], in denen die dominante Frequenz von hohen zu niedrigen Werten in den nachfolgenden Silben ‚kaskadiert‘, gewöhnlich den Anfangsteil des V-Trillers dar. Auf diese abwärts kaskadierenden RFMs folgte dann eine etwas kürzere Reihe von RFMs, in denen die dominanten Frequenzen der nachfolgenden Silben von niedrigen zu hohen Werten anstiegen“ (ebd., 547).

[11] Zitat von Darwin (Hervorh. hinzugef.): „But there can hardly be a doubt **that we are descended from barbarians**. The astonishment which I felt on first seeing **a party of Fuegians** on a wild and broken shore will never be forgotten by me, for the reflection at once rushed into my mind—**such were our ancestors**. These men were absolutely naked and bedaubed with paint, their long hair was tangled, **their mouths frothed with excitement, and their expression was wild**, startled, and distrustful. **They possessed hardly any arts, and like wild animals lived on what they could catch; they had no government, and were merciless to every one not of their own small tribe**. He who has seen a savage in his native land will not feel much shame, if forced to acknowledge that the blood of some more humble creature flows in his veins. **For my own part I would as soon be descended from that heroic little monkey**, who braved his dreaded enemy in order to save the life of his keeper, or from that old baboon, who descending from the mountains, carried away in triumph his young comrade from a crowd of astonished dogs—**as from a savage** who delights to torture his enemies, offers up bloody sacrifices, practices infanticide without remorse, treats his wives like slaves, knows no decency, and is haunted by the grossest superstitions.” Darwin C (1874) The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex. Vol. II, Chap. XXI, https://www.gutenberg.org/files/2300/2300-h/2300-h.htm, aufgerufen am 04.01.2023. Außerdem notierte Darwin: „I believe, in this extreme part of South America, man exists in a lower state of improvement than in any other part of the world.” https://www1.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d36_beag/chapter10.htm, aufgerufen am 04.01.2023; so auch bei Radick (2010).

[12] „Standing on a rock he uttered tones and made gesticulations, than which the cries of domestic animals are far more intelligible.” Charles Darwin to C. Whitley. Valparaiso, July 23, 1834. In: Darwin C & Darwin F (1887) The Life and the Letters of Charles Darwin. Vol. I, https://www.gutenberg.org/files/2087/2087-h/2087-h.htm#link2HCH0006, aufgerufen am 04.01.2023.

[13] Darwin wurde in einem Brief von B. J. Sallivan vom 18.03.1881 hinsichtlich der Sprachforschung von Thomas Bridge darüber in Kenntnis gesetzt, dass die Yamana-Sprache der Feuerländer mehr Beugungsformen als das Griechische besitzt (ebd.): „Bishop Ryan & several clergyman were quite astonished at the perfect character of the language,—and its comprehensiveness. Bridges said it had more inflections than even Greek has, and more words than English. It has one more distinct sound than English.“ https://www.darwinproject.ac.uk/letter/?docId=letters/DCP-LETT-13089.xml, aufgerufen am 04.01.2023. Radick (2010) ist allerdings der Meinung, dass Darwin trotz dieses Briefs „höchstwahrscheinlich nie seine Meinung über die (verbesserungsfähige) Niedrigkeit der Feuerländer geändert hat“.

[14] Das ist ein unsachgemäßer Gebrauch von Teleologie (Zielorientierung), den weder eine blinde, zufällige naturalistische Evolution, noch die von ihr geformten Lebewesen im Evolutionsprozess besitzen können (vgl. Junker & Widenmeyer 2021, v. a. S. 229–234, 245–262).

Literatur

Arnold K & Zuberbühler K (2008) Meaningful call combinations in a non-human primate. Curr. Biol. *18*, R202–R203 (2008).

Benz A (2022) Die Sprache von Schimpansen ist komplexer als gedacht. spektrum.de, veröffentlicht am 09.06.2022, https://www.spektrum.de/news/primaten-schimpansen-haben-komplexere-sprache-als-gedacht/2027362.

Bernard E (2020) Auch Affen verstehen Grammatik. wissenschaft.de, veröffentlicht am 22.10.2020, https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/auch-affen-verstehen-grammatik/.

Binder H (2022a) Spinnen – Hören mit akustischer Antenne. Stud. Integr. J. *29*, 99–101.

Binder H (2022b) Fledermäuse imitieren das Summen gereizter Hornissen und Bienen. Stud. Integr. J. *29*, 123.

Buoninconti F (2022) Tierisch laut. Die wundersame Welt der Kommunikation im Tierreich. Folio Verlag Wien.

Carbone L et al. (2014) Gibbon genome and the fast karyotype evolution of small apes. Nature *513*, 195–201, doi:10.1038/nature13679.

Chatterjee HJ et al. (2009) Estimating the phylogeny and divergence times of primates using a supermatrix approach. BMC Evol. Biol. *9*, 259, https://doi.org/10.1186/1471-2148-9-259.

DerStandard (2020) Grundstein für Grammatik wurde schon vor 40 Millionen Jahren gelegt. derstandard.de, veröffentlicht am

27.10.2020, https://www.derstandard.de/story/2000121126661/grundstein-fuer-grammatik-wurde-schon-vor-40-millionen-jahren-gelegt.

Fenton MB (1980) Adaptiveness and Ecology of Echolocation in Terrestrial (Aerial) Systems. In: Busnel RG & Fish JF (ed.) (2013) Animal Sonar Systems. Plenum Press. New York and London, 427–446, doi: 10.1007/978-1-4684-7254-7.

Fenton MB (1984) Echolocation: Implications for Ecology and Evolution of Bats. Q. Rev. Biol. *59*, 33–53.

Fischer K (2022) Komplexe Kommunikation: Schimpansen sprechen in ganzen Sätzen. nationalgeographic.de, veröffentlicht am 20.05.2022, https://www.nationalgeographic.de/tiere/2022/05/komplexe-kommunikation-schimpansen-sprechen-in-ganzen-saetzen.

Gelitz C (2022) Sprachevolution: Liegt der Ursprung von Konsonanten in den Bäumen? spektrum.de, veröffentlicht am 29.12.2022, https://www.spektrum.de/news/liegt-der-ursprung-von-konsonanten-in-den-baeumen/2093763.

Girard-Buttoz C et al. (2022) Chimpanzees produce diverse vocal sequences with ordered and recombinatorial properties. Commun. Biol. *5*, 410, https://doi.org/10.1038/s42003-022-03350-8.

Jorgewich-Cohen G et al. (2022) Common evolutionary origin of acoustic communication in choanate vertebrates. Nat. Commun. *13*, 6089, https://doi.org/10.1038/s41467-022-33741-8.

Junker R (2022) Gehör bei Schmetterlingen neunmal unabhängig entstanden. Stud. Integr. J. *29*, 124.

Junker R & Widenmeyer M (2021) Schöpfung ohne Schöpfer? Eine Verteidigung des Desing-Arguments in der Biologie. 1. Aufl. Stud. Integrale Biologie / Philosophie. SCM Hänssler.

Junker T (2021) Die Evolution des Menschen. C. H. Beck Wissen. 4. Aufl.

Kaas JH, Qi H-X & Stepniewska I (2018) Chapter 2 - The evolution of parietal cortex in primates. In: Vallar G & Coslet HB (ed.): Handbook of Clinical Neurology. Elsevier *151*, 31–52, https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63622-5.00002-4.

Kausen E (2009) Die Sprachfamilien der Welt. https://homepages.thm.de/~hg8429/sprachen.html#sprachfam1, aufgerufen am 21.12.2022, https://homepages.thm.de/~hg8429/klassifikationen/Sprachfamilien.doc.

Lameira AR (2022) Arboreal origin of consonants and thus, ultimately, speech. Trends Cogn. Sci. 2384, doi: https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.11.012.

Liebi R (2018) Herkunft und Entwicklung der Sprachen. Linguistik kontra Evolution. 4. Aufl. CLV.

Ma J et al. (2006) Vocal communication in adult greater horseshoe bats, *Rhinolophus ferrumequinum*. J. Comp. Physiol. A *192*, 535–550, https://doi.org/10.1007/s00359-006-0094-9.

Nettle D (2012) Social scale and structural complexity in human languages. Phil. Trans. R. Soc. B *367*, 1829–1836, http://doi.org/10.1098/rstb.2011.0216.

Ouattara K, Lemasson A, Zuberbühler K (2009) Campbell's Monkeys Use Affixation to Alter Call Meaning. PLoS ONE *4*, e7808, doi:10.1371/journal.pone.0007808.

Payne RB (1977) The Ecology of Brood Parasitism in Birds. Ann. Rev. Evol. Syst. *8*, 1–28.

Pennisi E (2022) Animals may have begun to vocalize before anyone had ears to hear them. Science News, veröffentlicht am 25.10.2022, https://www.science.org/content/article/animals-may-have-begun-vocalize-anyone-had-ears-hear-them?.

Perez SI et al. (2013) Divergence Times and the Evolutionary Radiation of New World Monkeys (Platyrrhini, Primates): An Analysis of Fossil and Molecular Data. PLoS One *8*, e68029, doi: 10.1371/journal.pone.0068029.

Petrazzini MEM, Lucon-Xiccato T, Agrillo C & Bisazza A (2015) Use of ordinal information by fish. Scient. Rep. *5*, 15497, doi:10.1038/srep15497.

Poux C & Douzery EJP (2003) Primate phylogeny, evolutionary rate variations, and divergence times: A contribution from the nuclear gene IRBP. Am. J. Phys. Anthropol. *124*, 1, https://doi.org/10.1002/ajpa.10322.

Radick G (2010) Did Darwin change his mind about the Fuegians? Endeavour *34*, 50–54, https://gregoryradick.com/radick-darwin-fuegians/.

Rice AN et al. (2022) Evolutionary Patterns in Sound Production across Fishes. Ichthyology & Herpetology *110*, 1–12, https://doi.org/10.1643/i2020172.

Rugani R (2018): Towards numerical cognition's origin: insights from day-old domestic chicks. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci., https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0509.

Schaack J (2022) Schimpansen kennen 380 Wörter. weltderwunder.de, veröffentlicht am 01.06.2022, https://www.weltderwunder.de/schimpansen-kommunizieren-wie-menschen-und-kennen-380-worter/.

Scholl B (2018) Affe = Mensch? Ein Überblick über verhaltensbiologische Unterschiede zwischen Affen und Menschen. W+W Special Paper B-18-1, https://www.wort-und-wissen.org/wp-content/uploads/b-18-1_affe-mensch.pdf.

Scholl B (2021) Verhaltensähnlichkeiten sind kein gutes Evolutionsargument. Lebensraumbedingte Konvergenzen im Verhalten von Mensch und Tier. Stud. Integr. J. *28*, 72–78.

Schründer-Lenzen A (2004) Struktur und Merkmale der deutschen Schriftsprache. In: Schriftspracherwerb und Unterricht. Springer Fachmedien Wiesbaden, https://doi.org/10.1007/978-3-322-97604-8.

Sparks JS et al. (2014) The Covert World of Fish Biofluorescence: A Phylogenetically Widespread and Phenotypically Variable Phenomenon. PLoS ONE *9*, e83259, doi:10.1371/journal.pone.0083259.

Suzuki TN, Wheatcroft D & Griesser M (2016) Experimental evidence for compositional syntax in bird calls. Nat. Commun. *7*, 10986, doi: 10.1038/ncomms10986.

The Economist (2016) We went in search of the world's hardest language. economist.com, veröffentlicht am 01.12.2016, https://medium.economist.com/we-went-in-search-of-the-worlds-hardest-language-95a27c2cff3.

Vieweg M (2022) Kommunikativer Struktur auf der Spur. wissenschaft.de, vom 18.05.2022, https://www.wissenschaft.de/erde-umwelt/kommunikativer-struktur-auf-der-spur/?utm_source=newsletter&utm_medium=email&utm_campaign=wissenschaft.de_19-05-2022.

Wang X (2012) Passing the smell test: in tracing the skunk lineage, appearances can be deceiving, so can odors. Natural History *5*, 22–29, https://www.researchgate.net/publication/267156609.

Watson SK et al. (2020) Nonadjacent dependency processing in monkeys, apes, and humans. Science Advances *6*, 43, doi: 10.1126/sciadv.abb0725.

Yovel Y, Geva-Sagiv & Ulanovsky N (2011) Click-based echolocation in bats: not so primitive after all. J. Comp. Physiol. A Neuroethol. Sens. Neural. Behav. Physiol. *197*, 515–530, doi: 10.1007/s00359-011-0639-4. Epub 2011 Apr 5. PMID: 21465138.