

## Höhlenzikaden auf Hawaii – Liebesgesänge und die Entstehung der Arten

ANDREAS WESSEL UND HANNELORE HOCH

*Hawai'i Island, Frühjahr 2000, vier Meter unter der Erde. Schwitzend zwängen wir uns an den herabgestürzten Gesteinsbrocken vorbei und robben weiter.*

Sehr langsam geht es vorwärts, bei jeder unvorsichtigen Bewegung drohen die scharfen Kanten der erstarrten Lava, sogar durch die Kleidung hindurch, Schnitte zu hinterlassen. Diese uns unbekannte Höhle hält hinter jeder Ecke etwas Neues bereit. Im Kegel der flackernden Stirnlampen tauchen die ersten Wurzeln auf, die sich durch die Höhlendecke einen Weg zum Wasser gesucht haben. Wir leuchten sorgfältig jeden Winkel und jeden Spalt in der Nähe aus, jedes noch so kleine Würzelchen wird genau untersucht. Bei näherem Hinsehen beherbergt die scheinbar tote Höhle eine erstaunliche Vielfalt von Lebewesen. Wir sehen einen kleinen weißen Tausendfüßer, der sich an einer Wurzel emporschlingelt, Grillen mit überlangen Antennen, die den Boden abtasten; zwei Motten fliegen auf, gestört durch die von uns verursachte Luftbewegung. Insgesamt gibt es mehr als 40 Tierarten, die ausschließlich in den Höhlen von Hawai'i Island zu finden sind.

Doch trotz des unerwartet reichen Lebens, das wir in dieser bislang unbekannten Höhle vorfinden, sind wir noch nicht zufrieden. Die Suche gilt einem ganz besonderen Tier: *Oliarus polyphemus*. Die kaum drei Millimeter lange, weiße Kleinzikade ist ein echtes Höhlentier, sie hat keine Augen und nur rudimentäre Flügel. *Oliarus polyphemus* lebt wie alle Zikaden von

Pflanzensaft; sie sticht die Wurzeln in den Höhlen an und bekommt die Flüssigkeit praktisch in ihren Rüssel gedrückt. Um zu verstehen, warum gerade dieses kleine, auf den ersten Blick unscheinbare Tier für die Evolutionsbiologie so faszinierend ist, müssen wir einiges über die Besonderheiten Hawaiis als »natürliches Labor der Evolution« wissen. Auf Hawai'i Island, der jüngsten Insel der Hawaii-Kette, herrscht aktiver Vulkanismus, der ständig Biotope zerstört und neu erschafft, und damit für hochdynamische Umweltveränderungen sorgt. Man schätzt, dass die Oberfläche der aktiven Vulkane von Hawai'i Island etwa alle 1000 Jahre zu 90 Prozent vollkommen überformt wird. Lebensräume und somit die Populationen ihrer Bewohner werden kurz nach ihrer Entstehung wieder zerteilt, Besiedlungs- und Sukzessionsvorgänge ständig neu gestartet – ideale Bedingungen also für den Ablauf evolutiver Vorgänge gleichsam im Zeitraffer. Anfang der 1970er Jahre wurde in diesem Evolutionslabor ein neues »natürliches Experiment« entdeckt: die Ökosysteme der Lavahöhlen – ein lange gehütetes, »dunkles« Geheimnis Hawaiis. Dieses unterirdische Ökosystem beruht hauptsächlich auf einer Ressource: Wurzeln. An diesen Wurzeln saugen oder fressen Tiere, die wiederum von anderen Tieren gefressen oder nach ihrem natürlichen Tod genauso wie totes Pflanzenmaterial verwertet werden.

Eine der größten Überraschungen bereitete den Forschern allerdings unsere kleine Höhlenzikade *Oliarus polyphemus*. Seit langem weiß man, dass Kleinzikaden – ähnlich wie ihre großen Verwandten, die Singzikaden – Gesänge produzieren, um Paarungspartner anzulocken oder Territorien abzugrenzen. Während man jedoch die großen Singzikaden oft kilometerweit



hören kann, sind die Kleinzikaden nicht groß genug, um überhaupt Luftschall zu erzeugen: Sie verbreiten ihren »Gesang« daher über Vibrationen des Untergrundes, auf dem sie sitzen. Ihre Artgenossen nehmen diese Vibrationen über die Beine wahr, haben also ihre Ohren an den Füßen. Bei den Versuchen, die »Gesänge« der Höhlenzikaden aufzunehmen, stellten wir nicht nur fest, dass diese wie ihre oberirdisch lebenden Verwandten Vibrationen erzeugen, sondern dass sogar

**Abb. 1:** Hawai'i Island, die größte und jüngste Insel des Hawaiischen Archipels, aus dem All gesehen. In der unteren Mitte der Mauna Loa, der größte Schildvulkan der Erde, gut sichtbar die einzelnen Lavaströme, die vom Krater abwärts fließen.

in jeder Höhle ein jeweils anderer, einzigartiger Gesang zu finden war. Da die ganz spezifische Ausprägung dieser »Liebesgesänge« dazu dient, Artgenossen zu erkennen, und es im absoluten Dunkel der Höhle keine andere Möglichkeit der Unterscheidung gibt, paart sich



Abb. 2: Ein Weibchen von *Oliarus polyphemus*, der weitest verbreiteten Höhlenzikade Hawaiis. Das Tier ist etwa 3,5 mm lang. Wie für Höhlentiere typisch, ist es wenig pigmentiert und hat keine Augen.

ein Weibchen nur dann mit einem Männchen, wenn dieses das richtige Lied singt. Folglich handelte es sich in den verschiedenen Höhlen wahrscheinlich um je eigene Arten, bei denen Unterschiede im Gesang das entscheidende Arttrennungsmerkmal sind. Kryptische, d. h. verborgene Arten, die anhand ihrer äußeren Gestalt für den Menschen nicht zu unterscheiden sind, kennen die Evolutionsbiologen schon lange. Bei unseren Höhlenzikaden handelt es sich jedoch um einen ganz besonderen Fall, denn wir befinden uns auf Hawai'i Island, einer im geologischen Sinne ganz jungen Insel. Da sich die Höhlenzikaden erst auf dieser Insel entwickelt haben können, ist der gesamte Artenkomplex also höchstens 400 000 Jahre alt. Die Lavahöhlen selbst sind zumeist noch viel jünger und wir finden Zikadenpopulationen mit ganz eigenem Gesangsmuster in Höhlen, die erst 150 oder in einem Fall sogar erst 30 Jahre alt sind. Zusätzlich werden durch den aktiven Vulkanismus ständig neue Höhlen gebildet. Während Wissenschaftler unter normalen Umständen von den heute vorgefundenen Phänomenen auf längst vergangene Evolutionsprozesse schließen müssen, können wir in diesem Fall die Entstehung neuer Arten gleichsam in Echtzeit und live miterleben und studieren. Durch die Kette von unterschiedlich alten Höhlen können wir

darüber hinaus Artbildungsvorgänge in verschiedenen Stadien nach der Besiedlung eines neuen Lebensraumes vergleichen, sodass sich das Modell der Inseln hier bei den Höhlen im Kleinen wiederholt. Wie die Prozesse der Artenbildung genau ablaufen, das gehört nach wie vor zu den spannendsten Fragen der Evolutionsbiologie. Natürlich werden uns auch die hawaiianischen Höhlenzikaden keine abschließenden Antworten geben, da es verschiedene Möglichkeiten der Aufspaltung von Arten gibt, genau genommen sogar jede Artenbildung einzigartig verläuft. Aber bestimmte grundlegende Hypothesen und Theorien können hier unmittelbar untersucht und überprüft werden. Allerdings ist dies leichter gesagt als getan, denn dafür sind unzählige Detailkenntnisse über alle Umweltbedingungen und Lebensumstände der Tiere vonnöten, und so arbeitet eine Arbeitsgruppe des Berliner Museums für Naturkunde zusammen mit Kollegen aus Hawaii seit einigen Jahren daran, weitere Höhlen ausfindig zu machen und zu erforschen. Mithilfe satellitengestützter Messgeräte wird die genaue geografische Position bestimmt, die dann wiederum erlaubt, den zugehörigen Lavastrom und damit dann unter Heranziehung geologischer Karten das Alter der Höhle festzustellen. Anhand von im Labor aufgenommenen »Gesangsproben« (allein das kostet so manche durchwachte Nacht), mikroskopischen Messdaten und molekulargenetischen Analysen können immer mehr »kryptische« Arten nachgewiesen und in ihren Verwandtschaftsbeziehungen einander zugeordnet werden. Zusammen mit den jahrelangen Beobachtungen über das Verbreitungsverhalten und klimatischen Daten der Höhlen können dann computergestützte Modelle die verschiedenen Hypothesen testen und Auskunft darüber geben, warum es so viele Höhlenzikadenarten auf Hawaii gibt. Und vielleicht werden wir dann auch etwas besser verstehen, wie die Natur die ungeheure Vielfalt des Lebendigen einschließlich des Menschen hervorgebracht hat.

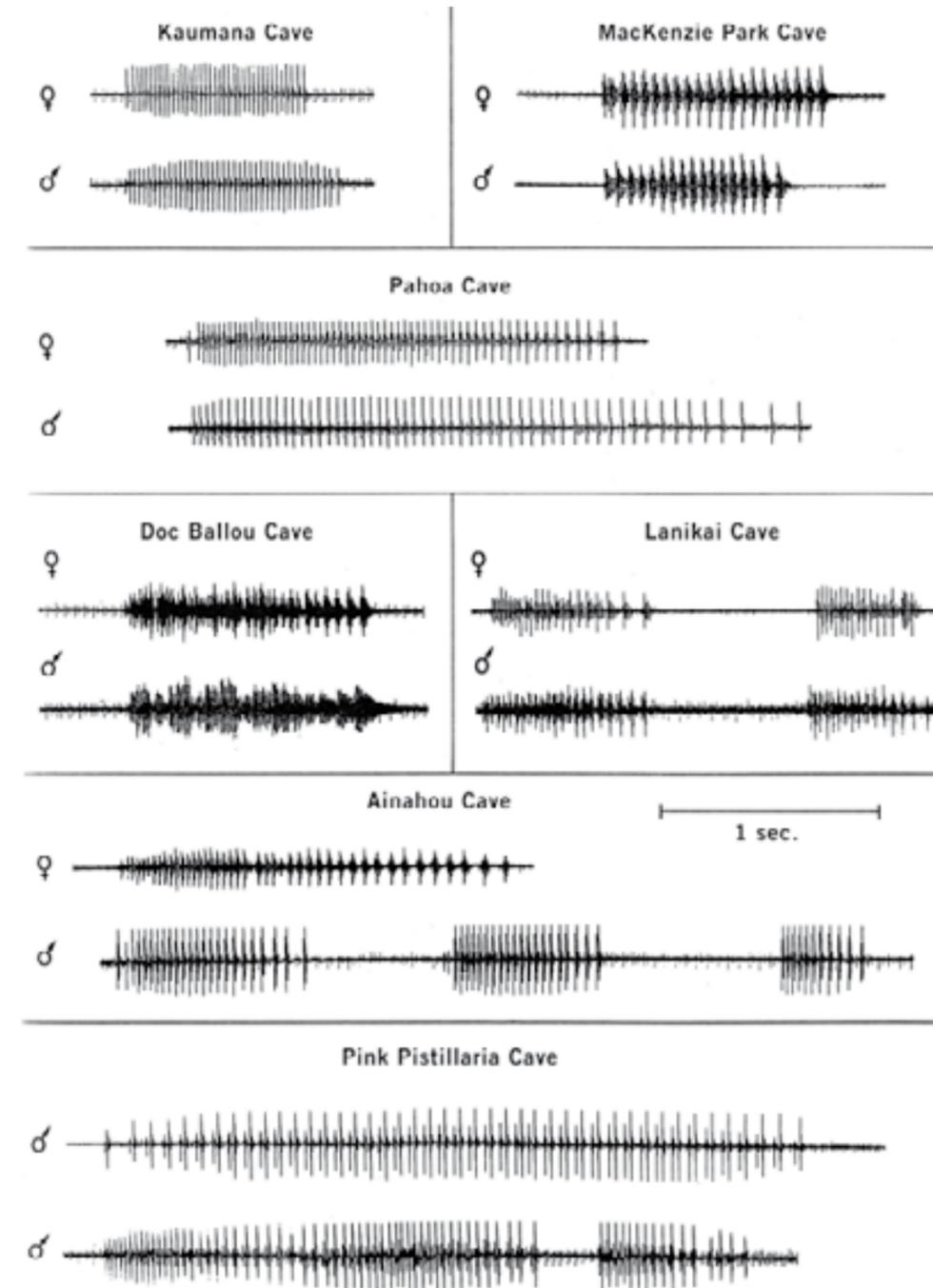


Abb. 3: Gesangsmuster von Männchen und Weibchen von Populationen verschiedener Lavahöhlen auf Hawai'i Island.