

Aus der Sektion Biowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Fachbereich Zoologie (Fachbereichsleiter: Prof. Dr. J. O. Hüsing)

Über Form und Funktion der Kelle des Bibers *Castor fiber* L.¹

Von

Rudolf Piechocki

Mit 2 Abbildungen

(Eingegangen am 8. November 1971)

Der haarlos erscheinende, dorsoventral abgeplattete, distale Abschnitt des Biberschwanzes wird in der Regel als „Kelle“ bezeichnet. Diese im ganzen Tierreich einmalige Schwanzform, die zugleich Gattungs- und Artmerkmal des Bibers ist, hat in vielfältiger Hinsicht das Interesse des Menschen auf sich gezogen. Als Beweis mögen nachfolgende Beispiele dienen.

Im Mittelalter stellten die Fischer dem Biber nach, weil der scheinbar beschuppte Schwanz als Leckerbissen galt. Die Jahresrechnungen des Brehnaer Klosters aus dem Jahre 1530 weisen nach Sperling (1969) folgende Angaben auf: „Zwei groschen dem Fischer zu Tranckgelde, daß er hat zwei piper schwantz hergeschickt“ und „Zwei groschen demselben zu tranckgelde vor ein piper Schwantz“. Der Jesuitenpater Charlevoix schrieb noch 1754: „Bezüglich seines Schwanzes ist er ganz Fisch, und er ist als solcher gerichtlich erklärt durch die Medizinische Fakultät in Paris, und in Verfolg dieser Erklärung hat die Theologische Fakultät entschieden, dass das Fleisch an Fastentagen gegessen werden darf.“

Nicht gerade selten hat das größte altweltliche Nagetier auch Künstlern als Motiv gedient, wobei die Kelle stets in typischer Weise dargestellt wurde. Brentjes (1964, 1968) führt drei Ritzbilder des Neolithikums vom Ostufer des Onegasees sowie eine Darstellung aus der altorientalischen Kultur an. Vielfältige Biberbilder und Plastiken neueren Datums kommentieren Hinze (1950) und Wanckel (1967). Ergänzend dazu noch der Hinweis auf zwei Werke, die auch die charakteristische Kelle jeweils besonders markant zeigen. Der als Tiervater bekannte A. E. Brehm (1829–1884) verwendete in der ersten Auflage vom „Thierleben“ als Titelbild die Darstellung einer Biberfamilie vor der Wohnburg. Auch in jüngster Zeit wurde in Dessau – „die Stadt der Elbebiber“ – in der Straße der DSF neben dem „Pfeifferhaus“ bei der Ausgestaltung von Neubauten an einem Erker ein Sgraffito vom Elbebiber angebracht. Schließlich sei noch erwähnt, daß die Bauhandwerker im mitteldeutschen Sprachraum die gebräuchlichsten Dachziegel ihrer Form wegen Biberschwänze nennen.

Im Rahmen der Erforschung der Biologie des Bibers haben sich auch Wissenschaftler aus den verschiedensten Gründen speziell mit dem Schwanzbau beschäftigt. Vergleichende Untersuchungen über die Größe der Kelle bei verschiedenen Biberassen stellte Wiesel (1929) an. Dabei ergab sich, daß in den einzelnen Altersstufen den größten Schwanz der Rhone-Biber und den kleinsten der amerikanische Biber hat, während der Elbebiber in der Mitte steht.

¹ Herrn Prof. Dr. J. O. Hüsing zur Vollendung des 60. Lebensjahres gewidmet.

Als eine Möglichkeit zur Altersbestimmung des amerikanischen Bibers studierten Cook und Maunton (1954) die Kellenbreite. Sie stellten fest, daß diese im Alter von 7,5 Monaten zwischen 120 und 130 mm schwankt. Mit etwa 16 Monaten hat der Schwanz seine maximale Breite erreicht, wobei sie von 155–186 mm variiert. Da diese Feststellungen keine praktische Bedeutung für den Tiergärtner oder Pelztierzüchter haben, bemühte man sich, eine sichere äußere Geschlechtsbestimmung zu finden, die zur Zusammenstellung von Zuchtpaaren unumgänglich notwendig ist. Bereits Kirner (1931) beschrieb jedoch, daß die einzige sichere Möglichkeit das Geschlecht am lebenden Tier zu bestimmen, das Abtasten der inneren Bauchwand nach dem Penisknochen sei.¹ Hinze (1950) lenkt von dieser methodisch zwar etwas schwierigen, dafür jedoch exakten Methode wieder ab und führt an, „tatsächlich bietet die Form der Kelle die einzige Möglichkeit, äußerlich Männchen und Weibchen zu unterscheiden, nicht mit Zentimetermaß und Prozentberechnung, sondern in unbefangener Gesamtbetrachtung“. Die immerhin von Hinze eingeräumte individuelle Variabilität der Kellenform tendiert dahin, daß die weibliche Kelle „eiförmig bis lanzettlich und durchweg schlanker als die männliche“ sei.

Danach läßt Gaffrey (1961) die auf Hinzes Angaben fußende Abbildung sexualdimorpher Biberkellen derart ausgeprägt darstellen, daß eine Unterscheidung leicht möglich erscheint. Diese nach eigenen Erfahrungen unberechtigte Vereinfachung ergab die Anregung zur systematischen Überprüfung des Problems.

Zur Ermittlung der Todesursache wurden von 1958 bis 1970 103 verendet aufgefundene Elbebiber untersucht (Piechocki 1962 a + b, 1967 a, 1972). Der Maß- und Gewichtsvergleich aller Exemplare im normalen Ernährungszustand ergab, daß die Weibchen im Durchschnitt etwas größer und schwerer sind als die Männchen. Aus diesem Material wurden 52 geschlechtsreife Individuen ausgewählt. Es waren 27 Männchen und 25 Weibchen, deren Geschlecht durch Sektion einwandfrei festgestellt werden konnte. Zur exakten Klärung, ob die doch recht subjektive „Gesamtbetrachtung“ der Schwanzform zur Feststellung des Geschlechts ausreicht, wurde jeweils die größte Länge und die größte Breite der beschuppten Kelle gemessen. Den Schwankungsbereich in mm zeigt nachfolgende Übersicht:

n	Sex.	Breite	Länge
27	♂♂	130–165	270–330
25	♀♀	120–155	270–350

In Übereinstimmung mit Hinze macht die Länge der Kelle rund 25 % der Gesamtlänge aus. Die Anordnung der ermittelten Werte in ein Korrelationsdiagramm (Abb. 1) veranschaulicht recht deutlich, daß die Punktwolke in einem relativ engen Bereich liegt. Bei den abseitigen Minimalwerten handelt es sich um jung erwachsene Stücke und bei den Maximalwerten erwartungsgemäß um sehr alte Weibchen. Wie bereits angeführt, haben die Weibchen im Durchschnitt eine etwas größere Gesamtlänge als die Männchen.

Um zu testen, ob sich die Schwänze beider Geschlechter bezüglich der Länge und Breite wesentlich unterscheiden, diente das t-Testverfahren nach Student. Es wurden zunächst die Mittelwerte der beiden Meßreihen berechnet (arithmetisches Mittel)

$$\bar{x}_1 \text{ und } \bar{x}_2; \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

¹ Inzwischen hat Wilsson (1966) die Methode der röntgenologischen Geschlechtsbestimmung durch Nachweis des Penisknochens beschrieben. Dazu müssen die Biber jedoch mindestens 8 Monate alt sein!

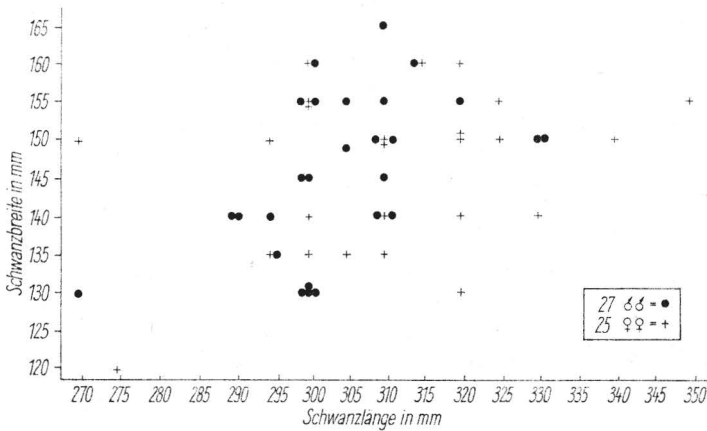


Abb. 1. Korrelationsdiagramm von Schwanzbreite und Schwanzlänge des Elbebibers, *Castor fiber albus*

Die Stichprobenvarianzen s_1^2 und s_2^2 wurden nach $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ berechnet.

Die Mittelwerte \bar{x}_1 und \bar{x}_2 unterscheiden sich nur zufällig (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5\%$), wenn der berechnete Wert

$$t_b = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{sd} \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \text{ mit } s_d^2 = \frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}$$

kleiner als der Tafelwert t_T für α und Freiheitsgrad $f = n_1 + n_2 - 2$ ist, wobei $n_1 = 27$ und $n_2 = 25$ sind.

	Schwanzbreite	Schwanzlänge
♂♂	$\bar{X}_1 = 146,46 \pm 2,16$	$\bar{X}_1 = 310,60 \pm 3,65$
	$s_1^2 = 107,56$	$s_1^2 = 319,42$
	$S_{\bar{X}_1} = 2,16$	$S_{\bar{X}_1} = 3,65$
♀♀	$\bar{X}_2 = 144,37 \pm 2,43$	$\bar{X}_2 = 304,26 \pm 2,38$
	$s_2^2 = 153,78$	$s_2^2 = 147,51$
	$S_{\bar{X}_2} = 2,43$	$S_{\bar{X}_2} = 2,38$

$$S_{\bar{X}_1} = \frac{s_i}{\sqrt{n_i}} = \text{mittlerer Fehler des Mittelwertes.}$$

Das Ergebnis der Berechnungen zeigte, daß sich die Schwänze hinsichtlich der Breite nicht wesentlich unterscheiden, da $t_T = 2,01 > t_b = 0,65$ ist. Analog ist das Ergebnis bei den Schwanzlängen, da $t_T = 2,01 > t_b = 1,51$ ist.¹ Die Voraussetzungen für den t-Test waren gegeben.

Sexualdimorphe Unterschiede sind eigentlich auch nicht zu erwarten, wenn man berücksichtigt, daß die eigentümliche Kelle bei beiden Geschlechtern völlig identische

¹ Für die Durchführung der mathematischen Auswertung danke ich meinem Schwieger-sohn Achim Bergmann vielmals.

Funktionen zu erfüllen hat. Allgemein bekannt ist, daß Biber in freier Wildbahn bei Gefahr in charakteristischer Weise mit der Kelle auf das Wasser schlagen, so daß dieses hoch aufspritzt. Hediger (1970) konnte das gleiche Verhalten, bei der die Schwanzkelle als Signal-Instrument dient, auch im Zoo beobachten. Eine weitere Eigenart ist die, daß der Biber bei großer Kälte ihren Schwanz zwischen den Hinterbeinen nach vorn zu klappen pflegen, um sozusagen darauf zu sitzen. Das legt nach Hediger die Vermutung nahe, daß spezielle Durchblutungsverhältnisse vorliegen müssen. Darauf lassen auch die an der Ventralfläche der Schwanzwirbelsäule deutlich ausgebildeten Hämapophysen schließen. Nach Freye (1954) treten in fast allen Säugetierordnungen Hämapophysen dort auf, wo der Schwanz stärkeren funktionellen Beanspruchungen unterworfen ist. Freye weist ferner darauf hin, daß die auffallende Drehungsfähigkeit des Schwanzes erst im Bereich des 10.-13. Schwanzwirbels beginnt, also dort, wo die mit Hornhaut überzogene Kelle ansetzt (Abb. 2). Hierdurch ist der Biber in der Lage, den Schwanz wirksam als Steuerruder oder auch als Wrickruder zu benutzen. Die Drehung der Kelle kann für das Wrickrudern bis zu 90° erreichen. Durch die starke Beanspruchung der Schwanzwirbel am Kellenansatz entstehen zuweilen durch ständige Reibung nach Bandscheibenatrophie polierte Terminalflächen oder steilwandige Cavernen (Piechocki 1962 a). Neben der Bedeutung als Ruder besitzt die Kelle noch die wichtige Aufgabe einer kontrollierten Wärmeabgabe. Nach Steen und Steen (1965) können Biber bei Umgebungstemperaturen unter 20 °C ihre Körpertemperatur gut regulieren. Bei höheren Umgebungstemperaturen geraten sie jedoch leicht in Hyperthermie. Kann ein Biber unter diesen Umständen seine Kelle in kaltes Wasser stecken, so bleibt die Körpertemperatur auch bei hoher Umgebungstemperatur normal. Nach Messungen der Körpertemperatur im Rectum und an der Schwanzspitze ergab sich, daß die Wärmeabgabe vom Schwanz an das umgebende Wasser etwa 20 % der gesamten Wärmeproduktion beträgt. Diese Fähigkeit ist wahrscheinlich auch ein Grund dafür, daß der Biber in der Dsungarei an dem durch extreme klimatische Bedingungen beeinflussten Bulugun leben kann (Piechocki, 1967 b).

Der Schwanz dient ferner als Vorratsdepot für Reservefett. Aleksiuik (1970) stellte fest, daß die Fettprozentage im Schwanzgewebe in regulärer Weise markant fluktuieren. Der Fettanteil ist im Frühjahr niedrig, steigt während der Sommer- und Herbstmonate stark an und erreicht das Maximum im zeitigen Winter. Bis zum Frühjahr sinkt der Fettanteil dann wieder entsprechend ab. Im gleichen Zyklus steigt und fällt das



Abb. 2. Stark abgekommener, seniler Elbebiber, vor allem an den sich im Kellenbereich deutlich abzeichnenden Schwanzwirbeln zu erkennen

Foto: H. Rehse

Volumen der Kelle (Abb. 2). Es ist eindeutig, daß der Schwanz als Fettvorratsdepot Energiereserven speichert. Der Fettanteil in der Kelle ist im Juli des ersten Lebensjahres am niedrigsten und mit 40 % im Dezember am höchsten. Im zweiten Lebensjahr steigt er im Dezember auf nahezu 60 % an und sinkt bis Juli stetig abfallend auf etwa 15 %. Das Schwanzfett wird demnach während der Perioden niedrigen Energieverbrauchs abgelagert und bei großer Energiebeanspruchung mobilisiert. Außer im Schwanz wird auch intraperitoneal und subkutan Fett gespeichert. Jedoch hat das Schwanzdepot Vorrang über die beiden konventionellen Fettdepots.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die Biberkelle keinen wesentlichen Sexualdimorphismus aufweist, jedoch in anatomischer wie physiologischer Hinsicht von eminenter Bedeutung für diese in vielfältiger Weise einmalige Tierart ist.

Schrifttum

- Aleksiuk, M.: The function of the tail as a fat storage depot in the beaver (*Castor canadensis*). J. Mammal., Lawrence 51 (1970) 145–148.
- Brentjes, B.: Der syrische Biber. Z. Jagdwissensch. 10 (1964) 183–185.
- Brentjes, B.: Die Biberbilder vom Onegasee. Z. Jagdwissensch. 14 (1968) 181.
- Cook, A. H., and E. R. Maunton: A Study of Criteria for Estimating the Age of Beavers. New York Fish and Game Journal 1 (1954) 27–46.
- Freye, H.-A.: Beiträge zur funktionellen Anatomie des Biberskelettes. Wiss. Z. Univ. Halle, Math.-Nat. 3 (1954) 1101–1136.
- Gaffrey, G.: Merkmale der wildlebenden Säugetiere Mitteleuropas. Leipzig 1961.
- Hediger, H.: Zum Fortpflanzungsverhalten des Kanadischen Bibers (*Castor fiber canadensis*). forma et functio 2 (1970) 336–351.
- Hinze, G.: Der Biber. Körperbau und Lebensweise, Verbreitung und Geschichte. Berlin 1950.
- Kirner, P.: Über die Geschlechtsbestimmung beim Biber und beim Sumpfbiber. Dtsch. Pelztierzüchter 1931.
- Piechocki, R.: Die Todesursachen der Elbe-Biber (*Castor fiber albicus* Matschie 1907) unter besonderer Berücksichtigung funktioneller Wirbelsäulenstörungen. Nova Acta Leopoldina N. F. 25 (1962 a) Nr. 158, 1–75.
- Piechocki, R.: Die Todesursachen der Elbe-Biber und ihre Auswirkungen auf die Bestandserhaltung der Art. Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. 2 (1962 b) 140–155.
- Piechocki, R.: Analyse von Biberverlusten in den Jahren 1961–1966. Naturschutz u. naturkd. Heimatforschung in den Bez. Halle u. Magdeburg 4 (1967 a) 17–27.
- Piechocki, R.: Der südostasiatische Biber, *Castor fiber birulai*, in der Mongolischen Volksrepublik. Arch. Naturschutz u. Landschaftsforsch. 7 (1967 b) 31–46.
- Piechocki, R.: Schutz und Hege des Elbebibers. In: Buch der Hege, Berlin 1972 (im Druck).
- Sperling, D.: Aus der Geschichte des Bibers am Unterlauf der Mulde. In: Jessnitzer Kalender 1969/70, S. 88–95.
- Steen, I., and J. B. Steen: Thermoregulatory importance of the beaver's tail. Comp. Biochem. Physiol. 15 (1965) 267–270.
- Wanckel, C. O.: Einige alte Bilder und Plastiken vom Biber, *Castor fiber* L. Z. Säugetierk. 32 (1967) 367–372.
- Wiesel, L.: Beiträge zur Morphologie der Biber-Arten. Z. Morph. u. Ökol. 14 (1929) 421–512.
- Wilsson, L.: Biber. Leben und Verhalten. Wiesbaden: Brockhaus 1966.

Dr. Rudolf Piechocki,
Fachbereich Zoologie,
DDR-402 Halle (Saale),
Domplatz 4