© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Untersuchungen zum Stabilitätsverhalten von Damhirschgeweihen (*Cervus dama* Linnaeus, 1758)

Von G. Heidemann und W. Knief

Zoologische Sammlung des Bayerischen Staates, München, und Institut für Haustierkunde der Universität Kiel

Eingang des Ms. 20. 5. 1975

Einleitung

In verschiedenen freilebenden Beständen von Damwild *(Cervus dama* L.*)* im Raum Ostholstein treten in letzter Zeit gehäuft Brüche von Geweihstangen auf. Auffällig ist, daß solche Stangenbrüche am gefegten Geweih in der Mehrzahl der Fälle im Bereich des Mittelsprosses liegen. Die Häufung von Brüchen in dieser Zone läßt vermuten, daß Differenzen im Stabilitätsverhalten im Verlauf der Längsachse bestehen (Abb. 1).

Abb. 1. Abgebrochene Damhirschgeweihstangen

Ziel dieser Arbeit ist zu prüfen, welche Faktoren für die erhöhte Bruchanfälligkeit in der Stangenmitte in Frage kommen können. Es ist denkbar, daß besondere Verhältnisse in der Verteilung von Compacta und Spongiosa vorliegen. Es mögen jedoch auch Störungen im mikroskopischen Gefüge des Geweihknochens bzw. in seiner chemischen Zusammensetzung verantwortlich sein.

Dies wird untersucht. Anschließend werden die, möglicherweise pathologischen, Ursachen solcher Besonderheiten diskutiert. So könnten sie eine Folge unzureichender Ernährung oder Ausdruck genetisch bedingter Störungen im Kalkhaushalt sein. Ebenso könnte eine zu hohe Populationsdichte, die zu verstärkten Aggressionen führen kann, verantwortlich sein. Schließlich kann sich durch so verursachte Verhaltensstörungen eine nicht artgemäße Kampfesweise eingestellt haben, die Stabilität

Z. Säugetierkunde 41 (1976) 126—136
© 1976 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0044—3468/ASTM-Coden ZSAEA7

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

und Festigkeit des Geweihs, dem sicher auch die Funktion eines Imponierorgans zukommt, überfordert.

Material

Für die Untersuchungen standen insgesamt 13 Geweihstangen zur Verfügung, von denen 10 total und 3 abgebrochen waren. Dieses Material stammte aus ostholsteinischen Beständen und wurde uns zum Teil von R. Graf v. Thun-Hohenstein zur Bearbeitung überlassen, dem wir an dieser Stelle herzlich danken möchten. Einige Geweihstangen wurden der Sammlung des Instituts für Haustierkunde entnommen.

Spezifisches Gewicht

Nach Vinz (1970) besteht Proportionalität zwischen dem spezifischen Gewicht von Knochen und einigen Größen ihres mechanischen Verhaltens, so z. B. der Reißfestigkeit und des Elastizitätsmoduls. Um diese Beziehungen am Geweihknochen zu prüfen, ermittelten wir zunächst die spezifischen Gewichte einzelner Geweihabschnitte. Dazu wurden mehrere Geweihstangen in ca. 5 cm lange Stücke zersägt. Die Proben wurden nach Entfettung gewogen, dann über 24 Stunden im Wasserbad in einer Unterdruckkammer entlüftet. Anschließend wurde das Volumen bestimmt und anhand des von Gelbke (1973) angewendeten Verfahrens das spezifische Gewicht errechnet.

Die Mittelwerte der für Teilstücke von 10 Geweihstangen berechneten spezifischen Gewichte liegen zwischen 1,86 und 1,95 g/cm³ (Abb. 2). Diese Werte sind nicht vergleichbar mit denen von Gelbke (1973), der das Raumgewicht an nur einer Damwildstange mit nicht entlüfteten Proben ermittelte. Seine Werte müssen niedriger liegen als die von uns ermittelten, da bei einer lufterfüllten Geweihknochenprobe nicht das spezifische Gewicht der reinen Knochensubstanz bestimmbar ist, sondern sich je nach Ausmaß des eingeschlossenen lufterfüllten Hohlraumsystems ein geringeres Raumgewicht ergibt.

Im Verlauf der Geweihstange ist bei unseren Werten zunächst eine Abnahme der spezifischen Gewichte von der Geweihbasis an zu beobachten, die im Bereich um den Mittelsproß durch ein Minimum geht. Von der Stangenmitte steigen die Werte zur Schaufel hin an. Gelbke (1973) bezog bei seiner Untersuchung auch die terminalen Abschnitte (Schaufel) ein und fand dabei eine weitere Abnahme von basal nach distal.

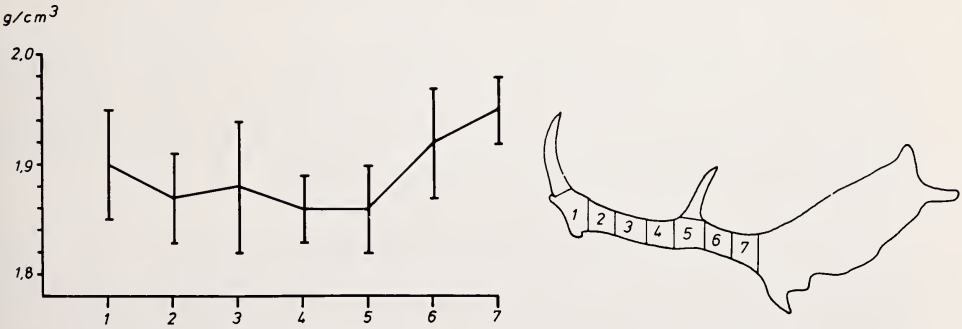

Abb. 2. Mittelwerte und Standardabweichungen der spezifischen Gewichte im Verlauf der Stangen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Gehalt an anorganischer Substanz

Vinz (1970) zeigte auch, daß das Festigkeitsverhalten von Knochen wesentlich durch den Mineralgehalt des Gewebes bestimmt wird.

Wir ermittelten anhand titrimetrisch-komplexometrischer und photometrischer Methoden den Prozentgehalt an Phosphor, Calcium und Magnesium, den wichtigsten anorganischen Komponenten. Die Proben wurden an verschiedenen Horizonten einiger Stangen aus der Compacta entnommen und zur Vorbereitung der chemischen Analysen entwässert und entfettet.

Veraschung: Ca. 100 mg Compacta wurden in Königswasser gelöst, zur Trockene eingedampft, der Rückstand in einigen Tropfen 2 n HCL und wenig heißem Wasser aufgenommen und mit Wasser auf 50 ml aufgefüllt.

Calcium und Magnesium wurden komplexometrisch mit 0,1 m (Calcium) bzw. 0,01 m (Magnesium) AeDTE-Maßlösung (Titriplex) bestimmt. 10 ml der Lösung wurden entnommen, das Phosphat mittels Ionenaustauscher abgetrennt und im Ablauf nach einem Verfahren von Tolnay und Rapp-Sik (1961) zunächst bei pH 13—14 das Calcium in Gegenwart von Murexid als Indikator, darauf bei pH 10—10,5 das Magnesium in Anwesenheit von Eriochrom Schwarz T jeweils von rot nach rein blau titriert.

Dabei gilt: 1 ml 0,1 m AeDTE ≙ 4,008 g Ca; 1 ml 0,01 m AeDTE ≙ 0,2432 g Mg.

Der Phosphatgehalt wurde kolorimetrisch nach einem Verfahren von Polley (1949) als Phosphormolybdänsäure bestimmt, die durch Einwirkung von Sn Cl_2 reduziert wurde. 0,5 ml der Lösung wurde mit Molybdat-Lösung und Sn Cl_2-Reagenz versetzt und bei 660 nm photometriert.

Tabelle

Gehalt an anorganischer Substanz in verschiedenen Horizonten von Geweihstangen

Stangenabschnitte	Ca %	Mg %	P %
1	21,05	0,37	10,3
1	20,30	0,23	9,7
2	20,90	0,20	10,3
2	22,29	0,31	11,5
3	21,11	0,37	9,5
3	21,12	0,29	9,8
4	21,65	0,29	10,2
4	21,41	0,20	9,9
5	18,41	0,23	9,8
5	20,14	0,35	9,8
6	22,40	0,38	11,0
6	20,79	0,29	9,8
7	22,02	0,20	11,5
7	21,39	0,36	9,3
8	22,40	0,38	11,0
8	22,50	0,24	9,9

Nach den in der Tabelle dargestellten Befunden streuen die Werte für Calcium- und Phosphorgehalt nur wenig, während die anteilmäßig geringen Magnesiumwerte größeren, aber unregelmäßigen Schwankungen unterliegen (s. Tab.). Diese Werte entsprechen in Größenordnung und Streuung den auf unser Bezugmaß umgerechneten Ergebnissen von Gelbke (1973) und Bernhard et al. (1953).

Compacta-Spongiosa-Verhältnis

Zur Feststellung der Compacta- und Spongiosa-Anteile über den Querschnitt entlang der Stangenachse wurden die Schnittflächen der zur Ermittlung der spezifischen Gewichte verwendeten Abschnitte planimetriert. Es wurde der Quotient aus Gesamtfläche und Compactaanteil berechnet, weil dadurch sowohl die Größenänderungen der Gesamt-Querschnittsflächen als auch Änderungen der Compacta-Spongiosa-Verteilung berücksichtigt werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

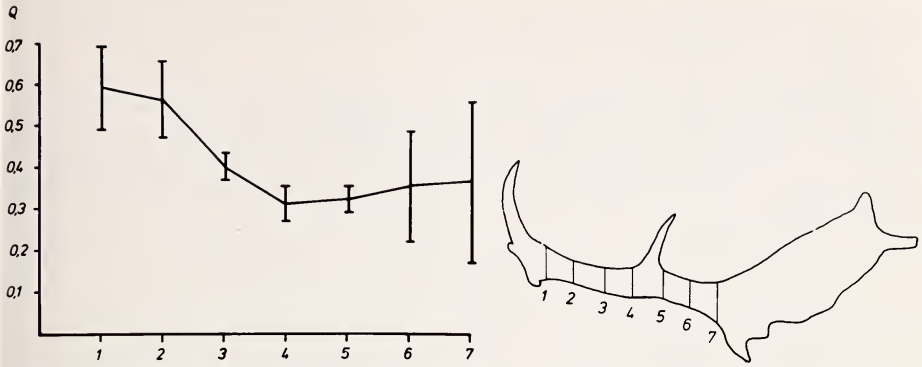

Abb. 3. Mittelwerte und Standardabweichungen im Verhältnis Compacta-Anteil zu Gesamt-Querschnittsflächen (Q) im Verlauf der Stangen

Die Querschnittsflächen verändern im Verlauf der Stange ihre Größe nur geringfügig. Daher wird der Kurvenverlauf (Abb. 3) wesentlich bestimmt durch den wechselnden Compacta-Anteil. Dieser ist hoch in den basalen Teilen, erreicht im Bereich der Mittelsprosse seine tiefsten Werte und steigt nach terminal geringfügig an.

Mechanisches Verhalten

Der Verlauf der Kurven für das spezifische Gewicht und die Compacta-Spongiosa-Relation über die Längsachse der untersuchten Stangen weisen darauf hin, daß im Bereich der Mittelsprosse besondere Verhältnisse in den mechanischen Eigenschaften des Damhirschgeweihes vorliegen. Zur Analyse des Stabilitätsverhaltens haben wir daher Belastungsuntersuchungen an ganzen Stangen mit besonderer Berücksichtigung der Mittelsproßzone durchgeführt.[1]

Im typischen Kampfverlauf von Damhirschen gehen die Partner frontal aufeinander zu und legen ihre Geweihe ineinander, die sich dann häufig verhaken. Durch gegenseitiges Schieben und Ziehen versuchen sie den Gegner zu ermüden. Dabei werden vorwiegend Bewegungen des Kopfes nach oben und unten sowie zu den Seiten (Drehungen) durchgeführt. Unter dieser Belastung werden die Geweihe hauptsächlich auf Biegung beansprucht. Das Auftreten von Biegespannungen in Richtung der Körperlängsachse des Tieres und senkrecht dazu wurde im Versuch simuliert.

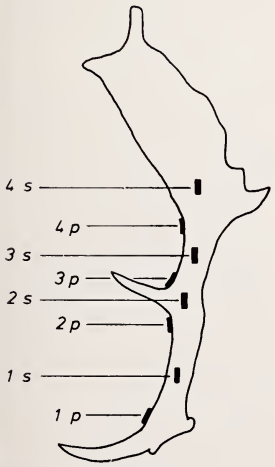

Abb. 4. Lage der Dehnungsmeßstreifen (s = senkrecht, p = parallel zur Schaufel)

Vier zu prüfende Geweihstangen wurden basal fest eingespannt und am distalen Ende senkrecht zu ihrer Längsachse einmal nach hinten durch Zugkräfte von ein, zwei, drei und vier Kilopond, zum anderen seitlich nach außen durch gleichgroße Zugkräfte auf Biegung beansprucht. Zur Ermittlung der Längenänderung der Randfasern = *Dehnung* (ε) wurden an jeweils vier ausgewählten Stellen für jede Belastungsrichtung Dehnungsmeßstreifen (Philips PR 9834 K/05 Fe) aufgeklebt

[1] Für die Erlaubnis zur Benutzung der verwendeten Geräte und für zahlreiche nützliche Hinweise danken wir den Herren Dipl.-Ing. Kohtz und Ing. grad. Schacht der Fachhochschule Kiel, Fachbereich Technik.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

(Abb. 4). Die Meßstellen wurden während der Prüfung gleichzeitig über vier Meßbrücken kontrolliert (Halbbrückenschaltung, 1 DMS aktiv).

Zunächst wird eine lineare Abhängigkeit zwischen aufgebrachter Kraft und Längenänderung (Δ 1) erkennbar (Abb. 5). Gleichzeitig wird deutlich, daß bei Belastung senkrecht zur Schaufel bei gleichen Kräften eine Dehnungsabnahme vom basalen über die mittleren zum terminalen Meßpunkt erfolgt. Bei Belastung parallel zur Schaufel erweisen sich jedoch in jedem Fall die Dehnungswerte am Meßpunkt 3 p als die höchsten.

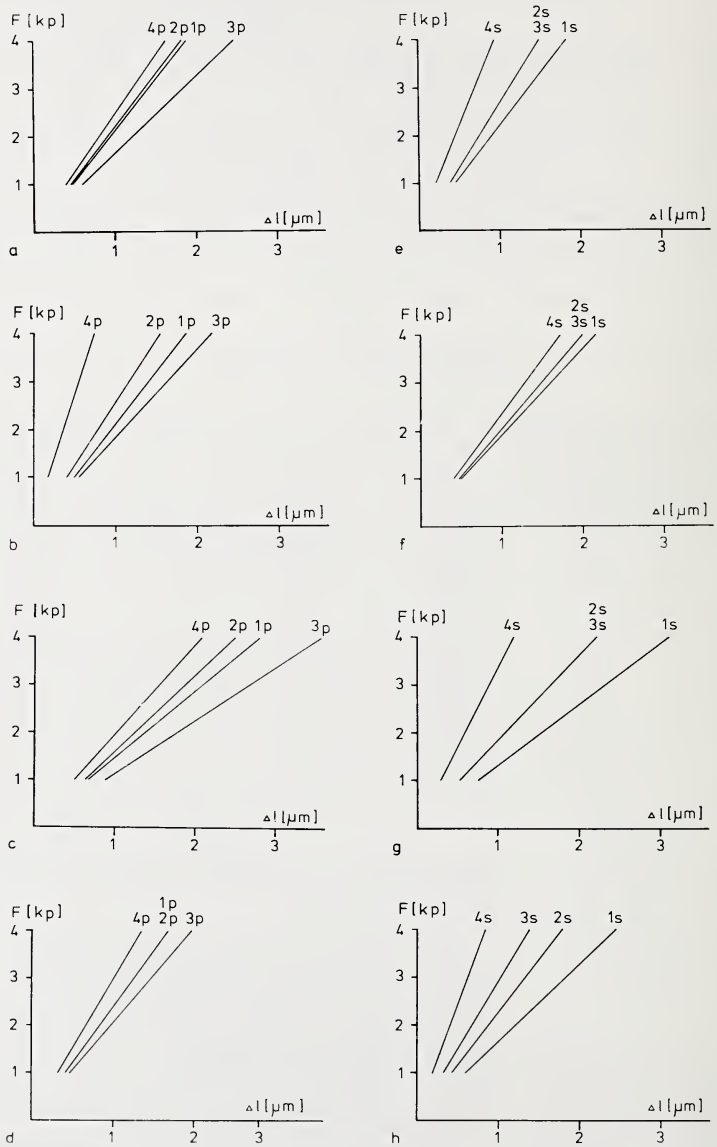

Abb. 5. Kraftverlängerungsdiagramme von vier Geweihstangen (a—d Messungen parallel zur Schaufel, e—h Messungen senkrecht zur Schaufel)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

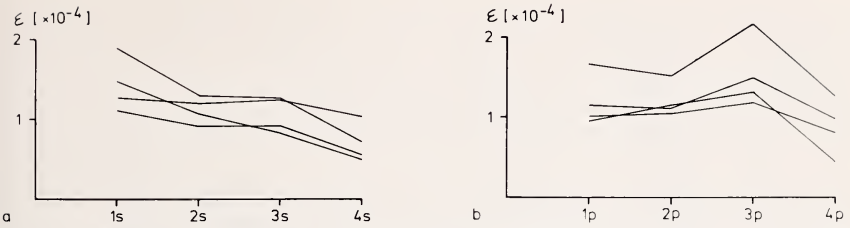

Abb. 6. a = Dehnungen senkrecht; b = Dehnungen parallel zur Schaufel an vier Geweihstangen

An einem Körper aus homogenem, isotropem Material und gleichem Querschnitt über die Länge tritt unter dieser Belastungsart eine kontinuierliche Dehnungsabnahme vom Einspann- zum Kraftangriffspunkt auf. Die Geweihstangen verhalten sich bei Belastung prinzipiell gleich. Es zeigt sich jedoch, daß die Extremwerte — die maximalen am Einspannpunkt, die minimalen an der terminalen Meßstelle — einander angenähert sind. Das bedeutet, daß über die gesamte Stange bei Biegebeanspruchung etwa gleichgroße Dehnungen auftreten. Bei Belastungen parallel zur Schaufel liegen insofern abweichende Verhältnisse vor als die Dehnungen an den Meßpunkten 3 p besonders hohe Werte erreichen (Abb. 6a und 6b).

Zu Bestimmung der auftretenden *Spannungen* (σ) ermittelten wir die Elastizitätsmoduln (E) einiger Compacta-Stücke, welche an den durch Dehnungsmeßstreifen untersuchten Stellen entnommen wurden. Dazu wurden die Proben zu Quadern mit einer Kantenlänge von 25—50 mm, Breite von etwa 5 mm und Höhe von 2—4 mm an der Fräsbank geschnitten. Diese wurden auf Biegung belastet, dabei gleichzeitig Durchbiegung und Kraft registriert. Nach

$$E = \frac{F \cdot 1^3}{48 \cdot I \cdot df}$$

(F = Kraft, 1 = Unterstützungsweite, df = Durchbiegung, I = Widerstandsmoment = $b \cdot h^3/12$, dabei b = Breite und h = Höhe des Quaders)
errechneten wir den Elastizitätsmodul.

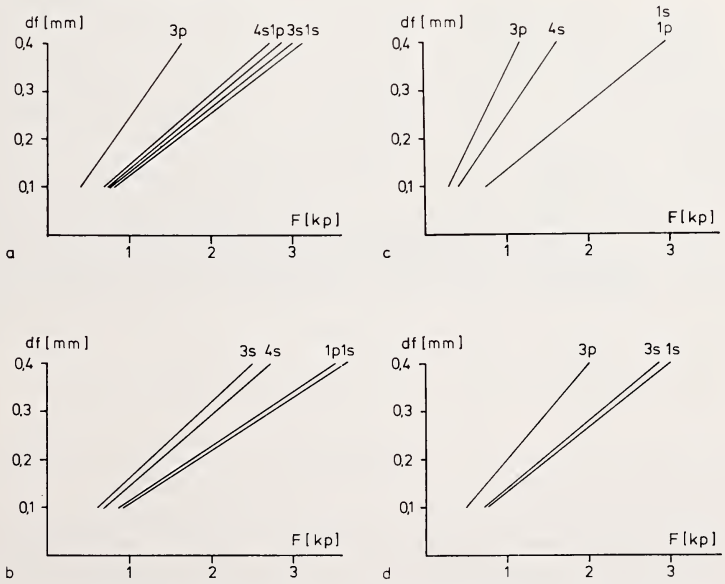

Abb. 7. Kraftdurchbiegungsdiagramm einiger Compacta-Proben von vier Geweihstangen

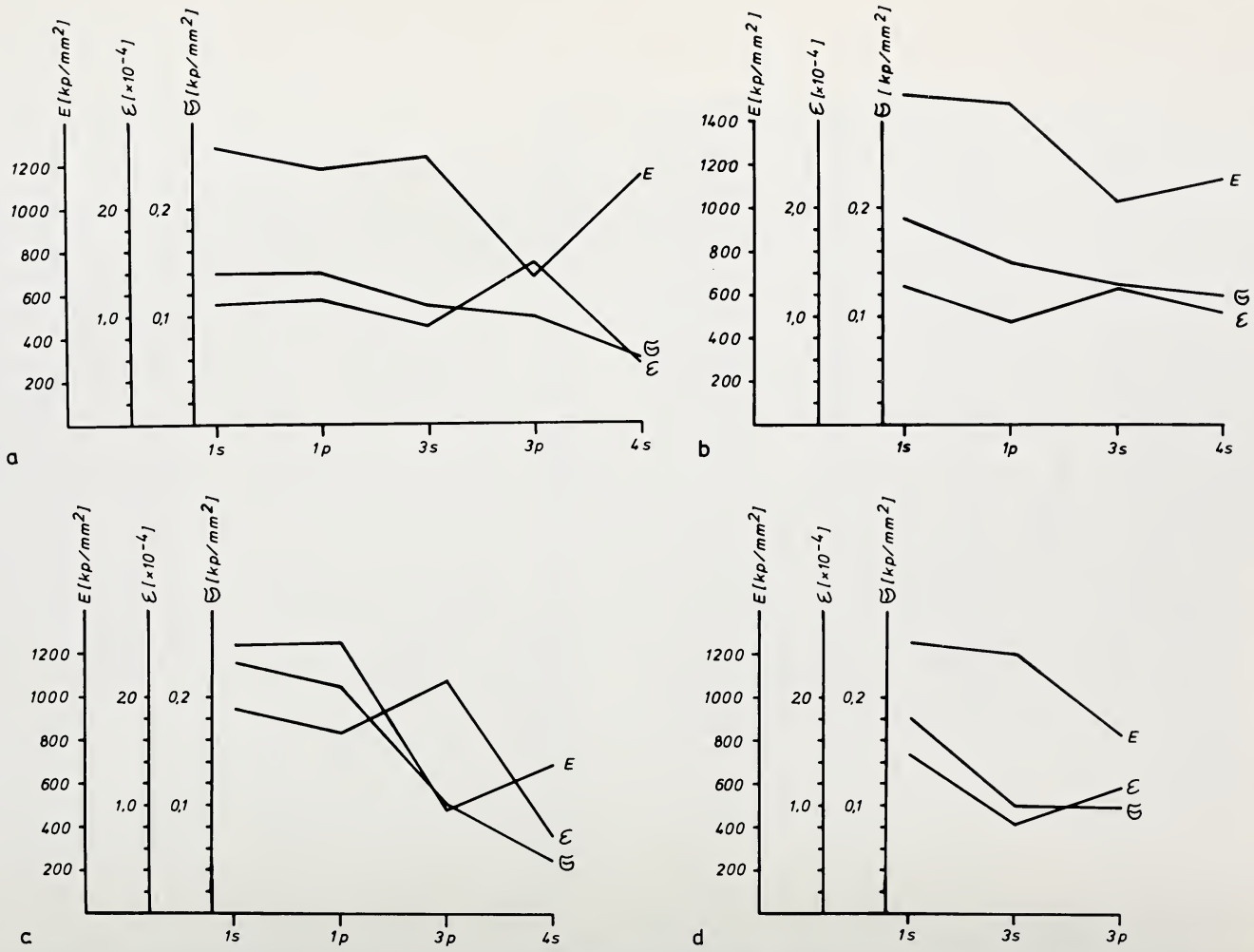

Abb. 8. Dehnungen und Spannungen an einigen Meßstellen im Verlauf von vier Geweihstangen. E-Moduln der an diesen Stellen entnommenen Compacta

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Es ergeben sich Werte zwischen 480 kp/mm² und 1520 kp/mm², die in ihrer Größenordnung denen von Röhrenknochen vergleichbar sind. In Abb. 7 ist die Kraft in Abhängigkeit von der Durchbiegung aufgetragen. Bei gleichem Widerstandsmoment und konstanter Unterstützungsweite ist der Anstieg der Geraden ein Maß für den jeweiligen Elastizitätsmodul. Für die Meßpunkte 3 p ergeben sich danach stets Minimalwerte.

Anschließend errechneten wir aus den Elastizitätsmoduln und den Dehnungen nach $\sigma = E \cdot \varepsilon$ die zugehörigen Spannungen (σ). Diese Werte nehmen von basal nach distal geringfügig ab, unabhängig von der Belastungsrichtung. In diese recht kontinuierlich verlaufende Kurve lassen sich die Spannungswerte am Meßpunkt 3 p einordnen, da die Elastizitätsmoduln hier besonders klein sind, die Dehnungen aber gleichzeitig Maximalwerte erreichen (Abb. 8).

Morphologische Untersuchung

Zur weiteren Deutung der Befunde verglichen wir an Dünnschliffen die Feinstruktur des Geweihknochens. Dazu wurden Querschnitte aus dem mittleren Bereich der Compacta-Quader der Stangen verwendet, die zuvor zur Bestimmung der Elastizitätsmoduln gedient hatten.

Mit Ausnahme von 3 p zeigen die Schliffe eine regelmäßig dichte Verteilung gleichartiger Osteone, die eine gleichmäßige Ausrichtung im Längsverlauf der Proben und damit der Geweihstange aufweisen. Im Unterschied dazu liegen in der Schnittebene 3 p, also im Bereich der Mittelsprosse, abweichende Verhältnisse vor. Das Knochengewebe ist inhomogen, Lamellensysteme mit wechselndem Verlauf und häufig kommunizierender Gefäßversorgung sowie große Resorptionsräume bestimmen das Bild. Nur vereinzelt sind Osteone von unterschiedlichem Durchmesser mit verschieden großen Haversschen Kanallumina zu beobachten (Abb. 9 und 10).

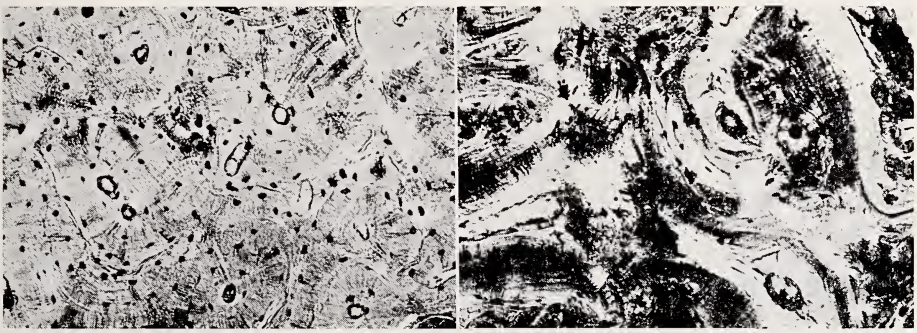

Abb. 9 (links). Dünnschliff senkrecht zur Längsachse eines ungegliederten Geweihabschnitts (Vergr. ca. 60×). — *Abb. 10 (rechts).* Dünnschliff senkrecht zur Längsachse aus dem Bereich der Mittelsproßabzweigung (Meßpunkt 3 p, Vergr. ca. 60×)

Diskussion

Die einzelnen Untersuchungsbefunde zeigen, daß im Bereich der Mittelsprosse besondere Verhältnisse vorliegen. Der hohe Anteil von Spongiosa an der Abzweigungsstelle des Sprosses scheint eine konstruktionsbedingte Notwendigkeit bei abrupten Richtungsänderungen von Röhrenknochenachsen zu sein, wie sie z. B. auch

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

im Bau des Oberschenkelhalses verwirklicht ist (Kummer 1959). Die damit einhergehende Verminderung des Compacta-Anteils verändert jedoch das Stabilitätsverhalten der Gesamtstange.

Es fällt auf, daß die spezifischen Gewichte im Mittelsprossenbereich minimal sind. Dafür läßt sich nicht der Mineralisationsgrad der Compacta verantwortlich machen, da die Werte für die mengenmäßig wichtigsten anorganischen Komponenten Calcium und Phosphor im Längsverlauf der Stange nahezu konstant sind. Die niedrigen spezifischen Gewichte in diesem Bereich lassen sich durch die relativ stark ausgeprägte Spongiosa erklären, deren Mineralgehalt nach Gelbke (1973) bedeutend geringer ist als derjenige der Compacta.

Für das veränderte mechanische Verhalten im Mittelsproßbereich muß aber sicher besonders die andersartige Struktur bzw. Textur in dieser Zone verantwortlich gemacht werden. Das verdeutlichen in besonderer Weise die morphologischen Befunde. Während das Lamellensystemgefüge in den übrigen Stangenbereichen eine gleichmäßige Verteilung und ebenso einen hohen Grad der Einregelungsschärfe (parallel zur Stangenachse) der Formelemente aufweist, ist im Mittelsproßbereich das Gefüge außerordentlich heterogen. Im ungegliederten Geweih ist der Längsverlauf der Osteone entsprechend den Verhältnissen in einem Röhrenknochen parallel der Knochenlängsachse ausgebildet. Im Unterschied dazu findet im Bereich von Geweihsprossen eine Richtungsänderung der Osteone gemäß dem Verlauf des Sprosses statt. Die Richtungsänderung, mit der eine größere Inhomogenität des Gefüges einhergeht, wirkt sich besonders im oberen Bereich der Sproßbasis (Meßpunkt 3 p) aus, weil Sproß- und Stangenachse hier einen spitzen Winkel bilden.

Bei Biegebeanspruchung einer Geweihstange, die etwa einem Hohlzylinder entspricht, werden in dieser sowohl Zug- als auch Druckspannungen erzeugt, die sich nach den Randfasern hin verstärken. Die Kraftrichtung verläuft dabei dem Zug bzw. Druck entsprechend parallel zur Längsachse des Körpers. Die Osteone eines ungegliederten Stangenabschnittes werden bei hoher Einregelungsschärfe in dieser Richtung longitudinal gestaucht bzw. gestreckt. Im Sproßbereich, in dem die Lamellensysteme in den Sproß einstrahlen und daher unter verschiedenen Winkeln von der Stangenachse abweichen, werden sie bei Biegebeanspruchung mehr oder weniger senkrecht zu ihrer Längsachse belastet. Sowohl die hohen Dehnungswerte als auch die geringen E-Moduln, die im Belastungsversuch im Mittelsproßbereich registriert wurden, finden zweifellos ihre Erklärung in den Besonderheiten des Gefüges in diesem Abschnitt. Gleichzeitig ist auch der hohe Spongiosa-Anteil von Bedeutung, da sich extreme Dehnungen und E-Moduln nur im Mittelsproßbereich nachweisen lassen, nicht aber am Augsproß, wo die Stange weitgehend aus Compacta besteht. Nur deren periphere Osteone machen eine der Sproßabzweigung folgende Verlaufsänderung durch, während die zentralen Bauelemente durch Beibehaltung ihres Verlaufes ein normales Elastizitäts- und Dehnungsverhalten sichern.

Da die wirksame Spannung ein Produkt aus Dehnung und E-Modul ist, ergibt sich ein für diese Größe linear entlang der Stangenachse von basal nach distal fallender Kurvenverlauf. Hierbei sind die Extremwerte ebenso wie bei den Dehnungen aufgrund der Baueigenarten des Geweihes weitgehend einander angenähert. Bemerkenswert ist, daß sich bei den Spannungen auch die Werte für die Meßpunkte 3 p einreihen lassen, die für die E-Moduln an dieser Stelle minimal, für die Dehnungen maximal sind, deren Produkte sich jedoch in den oben beschriebenen Kurvenverlauf einfügen. Das bedeutet, daß trotz der durch die Sproßabzweigung bedingten Besonderheiten im Feinbau des Knochengewebes — wenigstens bei Biegebeanspruchung — keine für das Stabilitätsverhalten der Gesamtstange ungünstigen Spannungsspitzen auftreten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Wie Arbeiten von RAUBER (1876) und DEMPSTER und LIDDICOAT (1952) gezeigt haben, liegt die Bruchfestigkeit bei Beanspruchung senkrecht zur Längsachse der Osteone sehr viel niedriger als bei Belastung in longitudinaler Richtung. Es kann auch für Damhirschgeweihe gelten, daß an der Sproßabzweigungsstelle, wo die Osteone überwiegend senkrecht zu ihrer Längsachse beansprucht werden, bei hohen Belastungen die Bruchspannung sehr viel eher erreicht sein wird als in den übrigen Geweihabschnitten.

Obwohl also bei Biegebeanspruchung des Geweihes entlang der Stangenachse keine Spannungsspitzen auftreten, kann das Geweih dennoch nicht als ein Körper gleicher Festigkeit aufgefaßt werden, da die Materialfestigkeit aufgrund ihrer konstruktionsbedingten Feinstruktur im Mittelsproßbereich geringer ist als in den übrigen Stangenabschnitten (KUMMER 1959). Geweihbrüche finden deshalb ihre Ursache eher in diesen Konstruktionsmerkmalen als in pathologischen Veränderungen des Knochengewebes. Im übrigen ist diese Eigenart des gegliederten Geweihs kein „Nachteil" für das Individuum, denn bei außergewöhnlich hohen Belastungen können die Sproßabzweigungsstellen die Funktion einer „praeformierten Bruchstelle" übernehmen und können so das Ausbrechen der basalen Stangenteile mit Teilen des Stirnbeines verhindern.

Die Beobachtung, daß an „normalen" Geweihstangen Brüche auftreten, könnte zu der Vermutung führen, daß das Damhirschgeweih nicht primär für extreme Belastungen und damit für harte kämpferische Auseinandersetzungen zwischen den männlichen Tieren angelegt ist, sondern daß ihm auch ein besonderer Schauwert als Imponierorgan zukommt, welcher von vornherein die Häufigkeit und Härte möglicher Auseinandersetzungen einschränkt. Mit dem Abbrechen des Geweihes könnte demnach für das betroffene Individuum ein Absturz in der sozialen Hierarchie verbunden sein. Dagegen sprechen allerdings die Beobachtungen von MÜLLER (1970) und HEIDEMANN (1973), wonach Veränderungen bzw. der Abwurf der Geweihe keinen Einfluß auf die Sozialstruktur zu haben scheinen. Nach Freilandbeobachtungen ist es wahrscheinlich, daß die Häufigkeit von Geweihbrüchen wesentlich von der Populationsstruktur abhängig ist. Das zeigt sich deutlich in sehr individuenreichen Beständen mt einem jagdwirtschaftlich bedingten Überhang von männlichen Tieren, wie sie im Raum Ostholstein anzutreffen sind. Die Folge solcher ungünstigen Geschlechterverhältnisse und hohen Populationsdichten können sich in erhöhter Aggressionsbereitschaft und Kampfaktivität äußern. Da bei jungen Hirschen mit kleinen Stangenquerschnitten der Anteil „gestörter" Textur im Mittelsproßbereich relativ größer ist als bei älteren Individuen mit stärkeren Geweihen, ist in dieser Altersklasse eine erhöhte Bruchbereitschaft zu erwarten.

Zusammenfassung

Es wurden Geweihstangen von Damhirschen *(Cervus dama* L.) auf ihr Stabilitätsverhalten untersucht. Dazu wurden an verschiedenen Horizonten entlang der Stangenachse folgende Analysen durchgeführt: Bestimmung des spezifischen Gewichtes, quantitative Bestimmung von Ca, Mg und P, Bestimmung der Compacta- und Spongiosa-Anteile, mikroskopisch-morphologische Untersuchungen zur Feinstruktur. Weiterhin wurden einige Größen des mechanischen Verhaltens an totalen Stangen und Teilstücken ermittelt (Biegebeanspruchung, Dehnung, E-Modul).

Die Ergebnisse zeigten, daß besondere Verhältnisse im Mittelsproßbereich vorliegen. Sowohl das spezifische Gewicht als auch der Compacta-Anteil waren in dieser Zone minimal, während die mineralischen Bestandteile keine nennenswerten Schwankungen entlang der Stange zeigten. Bei Biegebeanspruchung traten in der Mittelsproßregion einerseits hohe Dehnungen auf, andererseits konnten erniedrigte E-Moduln nachgewiesen werden, während die Spannungen die zu erwartenden Werte erreichten. Es treten also keine für das Stabilitätsverhalten der Gesamtstange ungünstigen Spannungsspitzen auf. Strukturunterschiede im

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/

Feinbau der Compacta in der Mittelsproßregion weisen jedoch darauf hin, daß bei sehr hoher Beanspruchung die Bruchspannung in diesem Bereich früher als in den übrigen Stangenabschnitten erreicht wird. So ist mit der Sproßbildung im mittleren Stangenabschnitt gleichzeitig eine „praeformierte Bruchstelle" gegeben, die bei maximaler Belastung eine Schädigung der am höchsten beanspruchten Stangenabschnitte und des Hirnschädels verhindern kann.

Summary

Investigations on the properties of stability in Fallow—deer antlers (Cervus dama L.)

Fallow—deer antlers were tested to determine their properties of stability. To accomplish this, the following analyses were conducted at various cross sections of the antlers: determination of Ca, Mg and P, determination of the compacta and spongiosa quota and microscopic-morphological examination of the fine structure. Further, several mechanical qualities of whole and partial antlers were determined (flexibility, distension and elastic modulus). The results showed that particular characteristics are displayed in the region from which the middle antlers branch. Both the specific gravity and the compacta quota were minimal in this area, whereas the mineral components showed no significant variation throughout the antler. In the area from which the middle antlers branch, stress produced much strain on the one hand, on the other hand a reduced elastic modulus was shown as the strain reached the values which were to be expected. Thus there are no unfavourable high peaks of tension for the whole antler's property of stability. Anatomical differences in the fine structure of the compacta in the area from which the middle antlers branch indicate that under very high stress the fracture point will be reached in this region before it will be reached in the remaining sections of the antler. So the antlers grow in such a manner that there is a "prefabricated breaking point" which prevents breaking of the parts of the antlers which bear the most force and the skull itself.

Literatur

Bernhard, K.; Brubacher, G.; Hediger, H.; Bruhin, H. (1953): Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung und Aufbau des Hirschgeweihes. Experientia 9, 138—140.

Dempster, W. T.; Liddicoat, R. T. (1952): Compact bone as a non-isotropic material. Americ. Journ. Anat. 91, 331—362.

Gelbke, W. (1973): Materialuntersuchungen an Hirschgeweihen. Säugetierkundl. Mittl. **21**, 348—359.

Heidemann, G. (1973): Zur Biologie des Damwildes. Mammalia depicta, H. 9. Hamburg und Berlin.

Kummer, B. (1959): Biomechanik des Säugetierskelets 6. Hdb. Zool. **8**, Lf. 24, Berlin.

Müller, H. (1970): Über den Einfluß einer künstlichen Veränderung am Geweih eines Damhirsches auf das Verhalten der Artgenossen. Diplomarb. Zool. Inst. d. Univ. Zürich.

Polley, J. R. (1949): Canad. J. Res. (E) **27**, 265 Zit. n. Hoppe-Seyler; Thierfelder (1955): Handbuch der Physiologisch- und Pathologisch-Chemischen Analyse. 10. Aufl., **3**, T. 1. Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Rauber, A. (1876): Elastizität und Festigkeit des Knochens. Leipzig.

Sass, F.; Bouché, Chr. (1958): Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau. 11. Aufl., Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Tolnay, V.; Rapp-Sik, S. (1961): Magyar Kem. Lapja **16**, 575. Zit. n. Inczedy, J. (1964): Analytische Anwendung von Ionenaustauschern. Budapest.

Vinz, H. (1970): Die Änderung der Materialeigenschaften und der stofflichen Zusammensetzung des compacten Knochengewebes im Laufe der Altersentwicklung. Nova Acta Leopoldina N. F. **35**, 1—114, Nr. 192.

Anschrift der Verfasser: Dr. Günter Heidemann, Zoolog. Sammlung des Bayerischen Staates, 8 München 19, Maria-Ward-Straße 1b; cand. rer. nat. Wilfried Knief, Institut für Haustierkunde der Universität, Olshausenstraße 40—60, D-2300 Kiel

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mammalian Biology (früher Zeitschrift für Säugetierkunde)

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: 41

Autor(en)/Author(s): Heidemann Günter, Knief Wilfried

Artikel/Article: Untersuchungen zum Stabilitätsverhalten von Damhirschgeweihen (Cervus dama Linnaeus, 1758) 126-136