

3 RENTIERE UND IHRE GEWEIHE

1 DAS RENTIER – EIN WICHTIGER FAKTOR KALTZEITLICHER KULTUR

„The reindeer was, without doubt, one of the most important prey species for human populations in western and central Europe during large parts of the Palaeolithic period. Its dominance in the faunal remains of many Upper Palaeolithic sites in France, Switzerland, Germany and elsewhere was so impressive that this period became known as the ‚Age of Reindeer‘.“ (Weinstock 2000, 1)

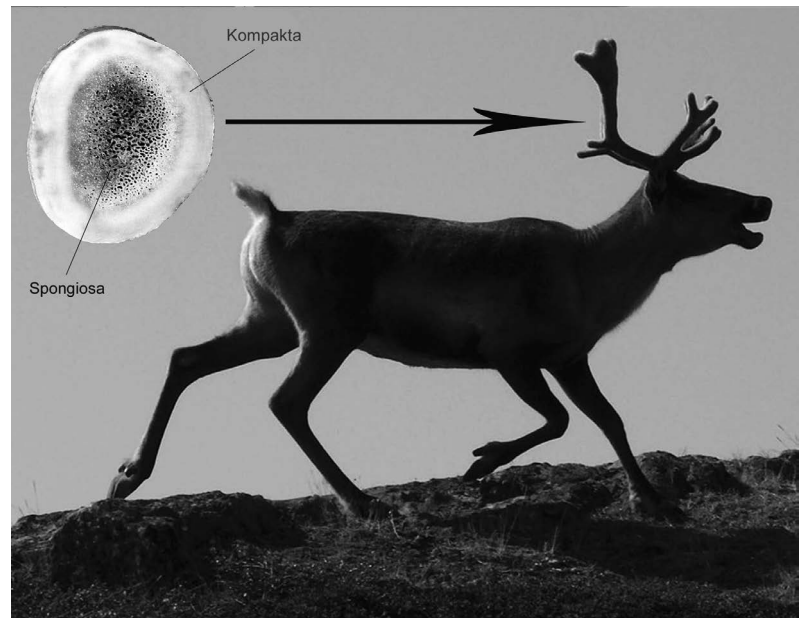
Das Rentier *Rangifer* ist ein mittelgroßer, telemetacarpaler Hirsch mit ziemlich langem, bemähntem Hals, relativ langem Rumpf und verhältnismäßig kurzen Extremitäten (Abb. 16). *Rangifer tarandus* gilt heute ganz überwiegend als einzige Art der Gattung (Herre 1986, 198).

1.1 Taxonomie und Verbreitung

Die Gattung *Rangifer* entwickelte sich wahrscheinlich parallel mit dem Tundrengürtel der nördlichen Hemisphäre ab ca. 2,7 Mio. Jahren (Kahlke 2013, 5). Die ältesten fossilen Belege, welche von der Seward Peninsula (Alaska) stammen, sind möglicherweise bis zu 1,8 Mio. Jahre alt (Guthrie/Matthews 1971). Schon während des späten Frühpleistozäns ist das Rentier in Eurasien heimisch, wie die bis zu 1,2 Mio. Jahre alte Olyorian-Sequenz (Sibirien) zeigt (Sher 1987). Die ersten Nachweise in Mitteleuropa sind die auf ca. 500.000 yrs BP datierten Fossilien aus Weimar-Süßenborn. Hier kommen auch die ältesten bekannten Rengeweihe vor (Kahlke 1994).

Gegenwärtig ist das Rentier in einem aufgesplitterten Areal in Tundra, Taiga und Gebirgen von 45–82° nördlicher Breite verbreitet, es handelt sich demnach um eine holarktische Spezies (Herre 1986, 202).

Die acht verschiedenen, wildlebenden Subspezies finden sich gegenwärtig in der alpinen Tundra Norwegens (*Rangifer tarandus tarandus*), dem finnischen und russischen Karelien (*Rangifer tarandus fennicus*), auf Spitzbergen (*Rangifer tarandus platyrhynchus*), in Westgrönland (*Rangifer tarandus grœnlandicus*), in Alaska (*Rangifer tarandus granti*), auf den nordameri-



kanischen arktischen Inseln (*Rangifer tarandus pearyi*), in der nordamerikanischen Taiga (*Rangifer tarandus caribou*) sowie auf Queen Charlotte Island (*Rangifer tarandus dawsoni*) (Weinstock 2000, 3; 4; Tab. 2.1).

Während des letzten Glazials erstreckte sich die geografische Verbreitung des Rentiers wesentlich weiter nach Süden: in Eurasien nach Mittelschweden, Dänemark, Großbritannien und Irland im Nordwesten, Südfrankreich und Nordspanien im Südwesten, im Süden bis zum Alpenraum, im Nordosten nach Sibirien und Südosten über Ungarn, Moldavien und die Ukraine. In Nordamerika war es bis hinunter in die heutigen US-Bundesstaaten Mississippi und South Carolina verbreitet (Herre 1986, Abb. 58; Weinstock 2000, 3).

1.2 Biologie

Das Rentier ist an seinen kalten Lebensraum hervorragend angepasst.²⁷ Besonders zu erwähnen sind die großflächigen Hufe, die zum Erwärmen der Atemluft vergrößerten Nasenräume und das isolierende Winterfell mit luftgefüllten Deckhaaren. Rentiere sind zudem ausgezeichnete Schwimmer (Herre 1986, 199).

16 Junger Rentierbule mit Geweih im Bast. August 2009, Kangerlussuaq-Region (Westgrönland).

27 Rentiere tolerieren jedoch auch Temperaturen über 20°C, die in arktischen Sommern ohne weiteres erreicht werden können (Ryg 1983).

Rangifer tarandus besitzt einen ausgeprägten Sexualdimorphismus. Während weibliche Tiere 40–100 kg schwer werden können, erreichen Bullen 70–150 kg, in Ausnahmefällen bis 300 kg (ebd. 198; Weinstock 2000, 4). Die Paarungszeit ist im Herbst (Ende September bis Anfang November), die Setzzeit der Kälber liegt im späten Frühjahr (Herre 1986, 211).

Rentiere sind Pflanzenfresser, die in der warmen Jahreszeit bevorzugt Moose, Gräser, Kräuter, Laubholzarten, Beeren und Pilze zu sich nehmen, in der kalten Jahreszeit hauptsächlich Flechten. Hinzu kommt die gelegentliche Aufnahme von Urin, Tang, Kleinsäugern sowie das Verbeißen von Geweih und Knochen – möglicherweise, um Mineralien und Proteine zu gewinnen (ebd. 210; Kahlke 1990, 180; Sutcliffe 1973, 428). Die durchschnittliche Lebenserwartung beträgt 4–4,5 Jahre, die maximale 17 Jahre bei weiblichen und 13 bei männlichen Tieren, wobei Waldrentiere in der Regel älter werden als Tundrentiere. In den Herden herrscht ein deutlicher Überhang adulter Kühe. Bei Kälbern überlebt die Hälfte die ersten sechs Monate nicht. Haupttodesursachen sind Jagd durch Karnivoren, Krankheiten und Verhungern (Herre 1986, 210; Weinstock 2000, 6). In Grönland können extreme, zyklische Schwankungen der Populationsdichte beobachtet werden, die wahrscheinlich mit der Überweidung bzw. Regeneration der Futterpflanzen zu tun haben (Génsbøl 2004, 122).

1.3 Wanderungen

Die jährlichen Wanderungen sind ein Hauptmerkmal des Verhaltens von *Rangifer*. Hierbei sind unterschiedliche Ausprägungen zu beobachten: In Nordamerika und Westgrönland verbringen die Rentierherden die warme Jahreszeit im Inland und den Winter in Meeresnähe. Sommer- und Wintereinstandsgebiete liegen zwischen 50–70 km (Westgrönland) und 1000 km (Barren Ground, Kanada) voneinander entfernt (Thing 1984; Leader-Williams 1988). Die Populationen der nordeurasischen Gebirge wandern meist im Herbst von den alpinen Tundren hinunter in die bewaldeten Zonen (Heptner u. a. 1966). Waldrentiere wandern generell viel weniger; teilweise suchen sie aber in der kalten Jahreszeit große Seen auf (ebd.; Banfield 1977; Pulliainen u. a. 1983). Die genauen Ursachen der Rentierwanderungen sind noch ungeklärt und sicherlich nicht monokausal (vgl. Herre 1986, 212). Unterschiedlich gewichtige Rollen spielen wohl Klima, Nahrungsangebot und Parasiten (Banfield 1977; Weinstock 2000, 5).²⁸

1.4 Rolle für den Menschen

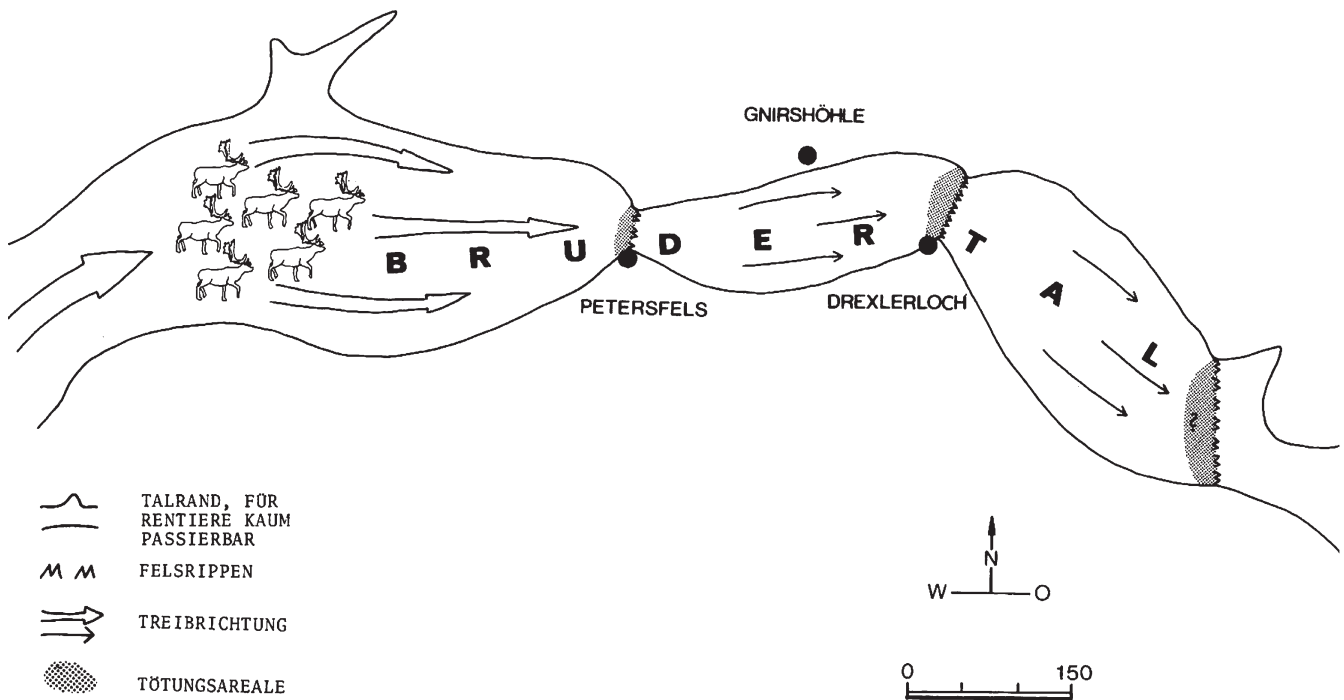
Das Rentier stellte für die menschlichen Kulturen des Jung- und Spätpaläolithikums in Europa eine zentrale Ressource dar, deren Bedeutung als so groß eingeschätzt wird, dass dieser Abschnitt der Urgeschichte in der ersten Gliederung der quartären Archäologie durch Edouard Lartet 1861 ursprünglich sogar als *l'âge du renne* bezeichnet wurde (vgl. Groenen 1994). Das Rentier lieferte nicht nur Fleisch, Fett und Knochenmark für die Ernährung sondern auch Fell, Leder, Sehnen, Knochen und Geweih (Beyries/Vaté 2007; Hurcombe 2007, Abb. 7.6). Es verwundert daher nicht, dass Rentierknochen weltweit und diachron zum regelmäßigen Fundgut archäologischer Horizonte in Inlandregionen zählen, die durch kaltes Klima geprägt sind.

Vorzugsweise der Spätsommer/Herbst bot sich für große, jährlich wiederkehrende Jagdkampagnen auf die in ihre Wintereinstandsgebiete ziehenden, gutgenährten Rentierherden an. Dies gilt sowohl für das europäische Jungpaläolithikum (z. B. Enloe 2007; Rust 1943; Weniger 1982) als auch für andere Zeitperioden, Kulturen und Regionen (z. B. Freeman 1984; Grønnow u. a. 1983; Vasil'ev 2007, 133).

Da Rentiere viel wandern, wird auch für Wildbeuter, die sie als wichtige tierische Ressource nutzen, eine hohe Mobilität postuliert (Robert-Lamblin 2007, 12 f.). Ernest S. Burchs populäres *herd following model* charakterisiert diese mobile Lebensweise allerdings dahingehend, dass nicht einer bestimmten Herde das ganze Jahr über gefolgt wurde, sondern dass zu bestimmten Zeiten im Jahr Orte aufgesucht wurden, an denen das Durchziehen derselben erfahrungsgemäß zu erwarten war (Burch 1991; Enloe 2007, 211). Diese Plätze sind durch besondere topografische Eigenschaften gekennzeichnet: Vorzugsweise liegen sie im Durchzugsareal zwischen Sommer- und Wintereinstandsgebiet und haben *bottle neck*-Charakter, schränken also den Weg der Tiere auf eine relativ schmale Passage ein. Typische *bottle necks* im archäologischen und ethnografischen Befund sind Täler (Binford 1984, Abb. 66; Bratlund 1990, 22; Vercoutère 2007, Abb. 1), Passsituationen (Grønnow u. a. 1983, Abb. 39; Vasil'ev 2007, 131) und Furten in Flüssen und Seen (Arima 1984, 448; Bokelmann 1979, Abb. 4; Ventsel 2007, 30).

Die topografischen Eigenschaften des Petersfels können hier gut eingeordnet werden (Abb. 17): Die Station liegt an einer Engstelle des steilwandigen Tals, welche die durchzie-

²⁸ Die Belästigung durch Stechmücken im arktischen Sommer ist vor allem in den niederen Regionen sehr groß.



henden Herden kanalisierte und gleichzeitig gute Deckungsmöglichkeiten für die Anstanzjagd bot (Albrecht/Hahn 1991, 50). Vor allem im Herbst wurden an der Station insgesamt vielleicht mehr als 1.200 Rentiere erlegt (Albrecht u. a. 1983b, 122), die vermutlich auf dem Weg vom voralpinen Hügelland, wo die Herden den Sommer verbrachten, das Brudertal als einen möglichen Ausgang zur Überquerung der Schwäbischen Alb in Richtung der Überwinterungsregionen am mittleren Neckar nutzten (ebd. 124; Weniger 1982, 122–124).

2 RENGEWEIH ALS ROHMATERIAL

“Let’s go to Nassuttooq
To gather antlers there,
For in Nuuk there are no more.
Point, shaft and winged harpoon
Are lacking their bone trimmings.
Hear, my friend, let us go north,
Here’s nothing to obtain.
If we’re in luck
We’ll then wend our way home”
(Westgrönländisches Lied, Mitte 19. Jh)²⁹

“It is very difficult to make anything that is both stiff and tough” (John D. Currey)³⁰

2.1 Bildung

Das Rentier ist die einzige Cervidenart, bei der sowohl männliche als auch weibliche Tiere ein Geweih ausbilden. Dieses ist ein knöcherner,

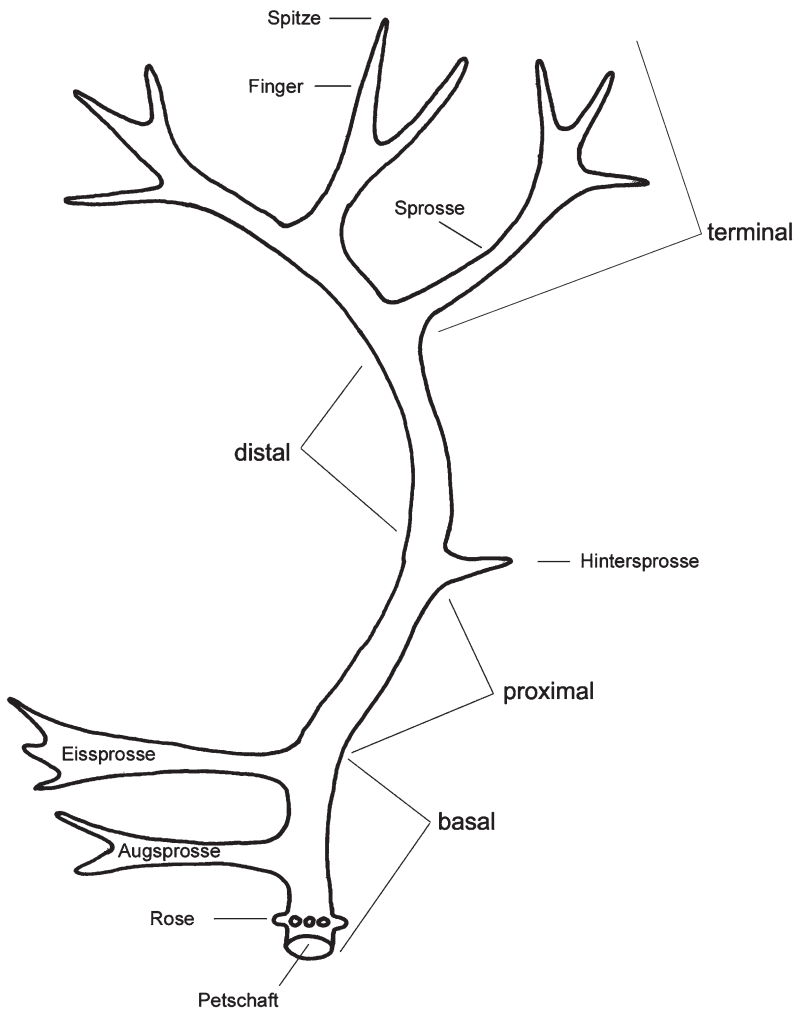
beim Rentier typischerweise stark asymmetrischer Auswuchs des *os frontale* (Herre 1986, 201). Die Geweihbildung beginnt bereits beim Kalb unmittelbar nach der Geburt und ist nach 15 Monaten bei beiden Geschlechtern abgeschlossen. Nun folgt sie einem jährlichen Zyklus: Im Frühjahr beginnt bei beiden Geschlechtern die Neubildung des Geweihs. Die Kühe behalten es bis nach der Geburt der Kälber im Mai des folgenden Jahres. Nur unwesentlich früher – bis Februar/März – werfen es Bullen im 2. Lebensjahr ab. Ausgewachsene Bullen (ab dem 3. Lebensjahr) tragen das Geweih bis nach der Brunft im Herbst, unterliegen also einem deutlich kürzeren Wachstumszyklus (Herre 1986, 204–206).

Das Wachstum des Geweihs ist endochondral, d. h., es vollzieht sich von außen nach innen. Dadurch bleibt die Außenseite der Kompakta immer verhältnismäßig hart und dicht, während die faserige Struktur der Innenseite zunehmend ossifiziert wird. Gleichwohl vermeiden die Tiere, wenn das Geweih im Bast ist, möglichst jeden härteren Kontakt (Whitehead 1972, 19). Auch die Spongiosa verdoppelt im Laufe des Wachstums ihre Dichte (Goss 1983, 133–135). Geweih hat eine extrem hohe Wachstumsrate: „Bamboo shoots may grow faster, but nothing else in the animal kingdom, including cancer, surpasses the velocity of antler elongation“ (Goss 1983, 133). Rothirschgeweihe können beispielsweise bis zu 1,2 cm pro Tag an Länge zunehmen (Gaspar-López u. a. 2008).

17 Bottle neck-Situation des Brudertals für durchziehende Rentierherden.

29 Grønnow u. a. 1983, 21.

30 ScienceDaily, November 2009.



18 Terminologie des Rentiergeweihs.

Während des Wachstums geschieht die Nährstoffversorgung des Geweihs über einen inneren Blutkreislauf über die frontalen Schädelknochen und einen äußeren durch Blutgefäße zwischen Kompakta und Bast. Die innere Blutzufuhr verringert sich in dem Maße, wie die Ossifikation voranschreitet, die äußere wird eingestellt, sobald das Geweih ausgewachsen ist. Kurz vor dem Abwurf, welcher den Wachstumszyklus beendet, wird der Bast gefegt (McGregor 1985, 11; 12).

2.2 Morphologie

Das Geweih des Rentiers ist verhältnismäßig größer als bei anderen Cerviden (Abb. 18). Die kurzen Rosenstöcke stehen auf dem Schädel recht dicht beieinander, die Rose ist schwach ausgeprägt mit meist nur einer Reihe Perlen. Die Hauptstange ist relativ dünn und lang mit einer S-Krümmung. Dicht über der Rose setzt die Augsprosse an, es folgen Eissprosse und kleine

Hintersprosse, wobei zu bemerken ist, dass Aug- und Hintersprosse nicht immer ausgebildet sind. Am Ende befinden sich die terminalen Sprossen und Finger, die manchmal auch als Schaufel ausgebildet sind (Herre 1986, 200 f.). Mit zunehmendem Alter des Tieres wird sein Geweih – abhängig von Habitat, Ernährung und Gesundheit (Barth 2007, 24)³¹ – größer und komplexer (McGregor 1985, 13 f.). Bei alten Tieren tritt eine Rückbildung ein, d. h. Länge und Endenzahl nehmen wieder ab. Die Dicke der Stange sowie Petschaft- und Rosendurchmesser vergrößern sich jedoch weiter (Bubenik 1966, 97).

Ein charakteristisches Merkmal des Rentiergeweihs ist seine Asymmetrie (Goss 1983, 218), d. h. beide Stangen weichen morphologisch mehr oder weniger stark voneinander ab. Obgleich die Ursachen und Gründe hierfür ungeklärt sind, bleibt zumindest folgendes festzuhalten: „Asymmetries arise when it is disadvantageous, if not impossible, for an organism to preserve a basic balance between its left and right sides“ (ebd. 220).

Am auffälligsten ist die Asymmetrie an den Augsprossen. Mit wenigen Ausnahmen ist eine Augsprosse – meist die linke – stärker und schaufelförmig entwickelt, während die andere eine einfache Spitze bildet (ebd. 218). Diese Ausbildung ist außerordentlich variabel, sowohl innerhalb einer Gruppe, als auch beim einzelnen Individuum. Regelmäßig wird beispielsweise beobachtet, dass die Asymmetrie der Augsprossen innerhalb zweier Wachstumszyklen die Seiten wechselt (ebd. Abb. 125). Zur Funktion der Augsprossen besteht gegenwärtig keine schlüssige Erklärung (ebd. 224).

2.3 Geschlechtsdimorphismus

Grundsätzlich ist das Ermitteln des Geschlechts und damit der Zeitraum des Abwurfs bzw. der Einbringung in eine Fundstelle anhand des Geweihs mit großen Unsicherheiten behaftet (Napierala 2008, 59). Laut Jean Bouchud (1966) wird der Geschlechtsdimorphismus beim Ren ab einem Alter von drei Jahren am Geweih fassbar. Das bedeutet, dass männliche und weibliche Jungtiere, die sich beim Abwurf des ersten Geweihs im zweiten Lebensjahr befinden, nicht sicher unterschieden werden können. Das Geweih ist dann typischerweise lediglich ein un- oder einfach verzweigter Spieß (Goss 1983, 125; Staesche 1999, 442).

Aber auch die Geschlechtsbestimmung subadulter und adulter Tiere gestaltet sich aufgrund des Fehlens eindeutiger Anzeiger – beispielsweise kann die durch Bouchud (1966)

31 Der einflussreichste Faktor für die Geweihgröße scheint die Ernährungslage der Tiere zu sein (Hurcombe 2007, 125; Kjoss-Hanssen 1973, 75).

32 Staesche (1999) beispielsweise trifft eine Unterscheidung zwischen Geweihen zweijähriger, subadulter männlicher/adulter weiblicher und adulter männlicher Tiere aufgrund des Petschaftdurchmessers.

vertretene Geschlechtsbestimmung aufgrund der Form des Petschafts nicht aufrecht erhalten werden – als „sehr subjektiv, da die Kriterien je nach Autor variieren“³² (Barth 2007, 24).³³ Besonders die Unterscheidung von Geweihen juveniler männlicher und adulter weiblicher Tiere bereitet Probleme (Pétillon 2006, 176; Staesche 1999, 442) bzw. wird sogar als unmöglich erachtet (Berke 1987, 94; Schuler 1994, 55).

Generell gilt die Beobachtung, dass innerhalb einer Rentierpopulation die männlichen Geweihe größer und stärker verzweigt sind als die der weiblichen und juvenilen Tiere (Hahn 1993, 312; Herre 1986, 204; Johnson/Nagorsen 1990; Kjoss-Hanssen 1973, 75). Auch scheinen bei weiblichen Tieren die Augsprossen schwächer ausgeprägt zu sein als bei männlichen (Kjoss-Hanssen 1973, 75).

Averbouh (2000, 99) führt aufgrund von detaillierten Beobachtungen an Vergleichssammlungen folgende modifizierende Tendenzen an, welchen in der jüngeren Forschung (Barth 2007; Christensen 2004, 19; Pétillon 2006) bei der Auswertung archäologischen Fundmaterials ein hohes Maß an Zustimmung entgegengebracht wird: Die Geweihe adulter weiblicher Tiere sind wenig verzweigt und von „röhrenartiger“ Form; die Stange ist von rundem Querschnitt und besitzt eine typische Kompaktadicke von 0,3–0,4 cm. Die Geweihe junger Bullen (zwei bis drei Jahre) sind stärker verzweigt und besitzen mehr Finger an den Enden. Zudem ist die Stange von bikonvexem Querschnitt und weist eine Kompaktadicke von 0,4–0,5 cm auf. Adulte Bullen (fünf Jahre und mehr) haben große, stark verzweigte und gefingerte Geweihe mit einer ovalen Stange und Kompaktadicken von 0,6–0,7 cm und mehr (vgl. Fontana/Chauvière 2009, Abb. 7). Festzuhalten bleibt, dass die Geschlechtszuweisung von Rentiergeweihen aufgrund von Merkmalskombinationen getätigt wird und einer mehr oder minder großen Wahrscheinlichkeit unterliegt, wobei eindeutig bestimmbare Exemplare solchen mit unsicherer Bestimmung gegenüberstehen. Am besten lassen sich zweifellos die Geweihe adulter männlicher Tiere ansprechen.

2.4 Struktur

Geweih ist *per definitionem* Knochengewebe (Currey 2002, 124), unterscheidet sich jedoch in Struktur und Wachstum vom Langknochen. Es besteht zu rund 40% aus organischen und zu 60% aus mineralischen Bestandteilen, ist also deutlich weniger mineralisiert als dieser (ebd. Tab. 126). Da Geweih sehr schnell wächst, ist

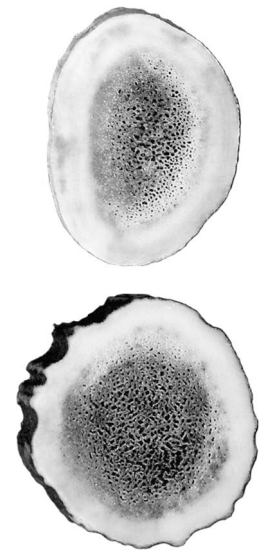
es aus grob gebündelten Geflechtknochen aufgebaut (McGregor 1985, 12). Knochensubstanz ist ein Schichtverbund, der aus drei Komponenten zusammengesetzt ist: Apatitnadeln als anorganischer Bestandteil sind durch organisches Kollagen gebunden, die Zwischenräume wiederum durch Wasser gefüllt (Weiner 2010, 103–105; Abb. 5.3). Dem Langknochen vergleichbar, umhüllt auch beim Geweih eine dichte, harte Kompakta die schwammartige Spongiosa. Beim Geweih durchzieht letztere das gesamte Innere (Abb. 19; McGregor 1985, 12).

Lässt sich Rengeweih von dem anderer Cervidenarten unterscheiden? Dünnschliffe von diesem Material sollen im Gegensatz zum Rothirsch „kleine Öffnungen mit durch winzige Punkte durchsetzten fein strukturierten Partien“ (Hahn 1993, 312) aufweisen. Auch erscheint die Spongiosa beim Rothirsch im Querschnitt stärker „gefaltet“ als beim Ren (Abb. 19). Ebenfalls sehr subjektiv wirkt die Aussage, Rengeweih habe eine dichtere Spongiosa und dickere Kompakta als Rothirschgeweih (Deschler-Erb 1998, 26). Diese weist beim Rothirsch zudem typischerweise eine perlige Skulpturierung auf (Abb. 19). Die makroskopische Unterscheidung zwischen beiden Tierarten ist jedoch nur möglich, wenn ein unbearbeiteter Stangenabschnitt mit gut erhaltener äußerer Oberfläche vorliegt. Überarbeitete Geweihobjekte, zumal aus archäologischem Kontext, lassen keine eindeutige makromorphologische Ansprache der Cervidenart zu (ebd.). Die mikromorphologische Ansprache durch Auflichtmikroskopie ist möglich, Bedingung ist jedoch ebenfalls wieder eine sehr gute Oberflächenerhaltung (Deschler-Erb 1998, 47–50).

Die Kompakta der Stange ist über der Rose am dicksten und nimmt zum Schaufelbereich hin ab, wo sie nur noch eine dünne Schicht bildet. Lediglich die äußersten Spitzen bestehen vollständig aus Kompakta (Berke 1987, 94). Innerhalb der Sprossen ist die Kompaktastärke keineswegs konstant, sondern ist in den kantigen Bereichen dicker ausgeprägt als in den flächigen (ebd. 94), sodass es bei Fragmenten und überarbeiteten Stücken oftmals unmöglich ist, sie einem bestimmten Geweihabschnitt zuzuordnen (Hahn 1993, 312).

2.5 Materialeigenschaften³⁴

Geweihe werden durch ihre Träger intensiv genutzt. Besonders stark beansprucht werden sie bei Rankämpfen männlicher Tiere während der Paarungszeit (Clutton-Brock u. a. 1979), was eine große Widerstandsfähigkeit gegen-

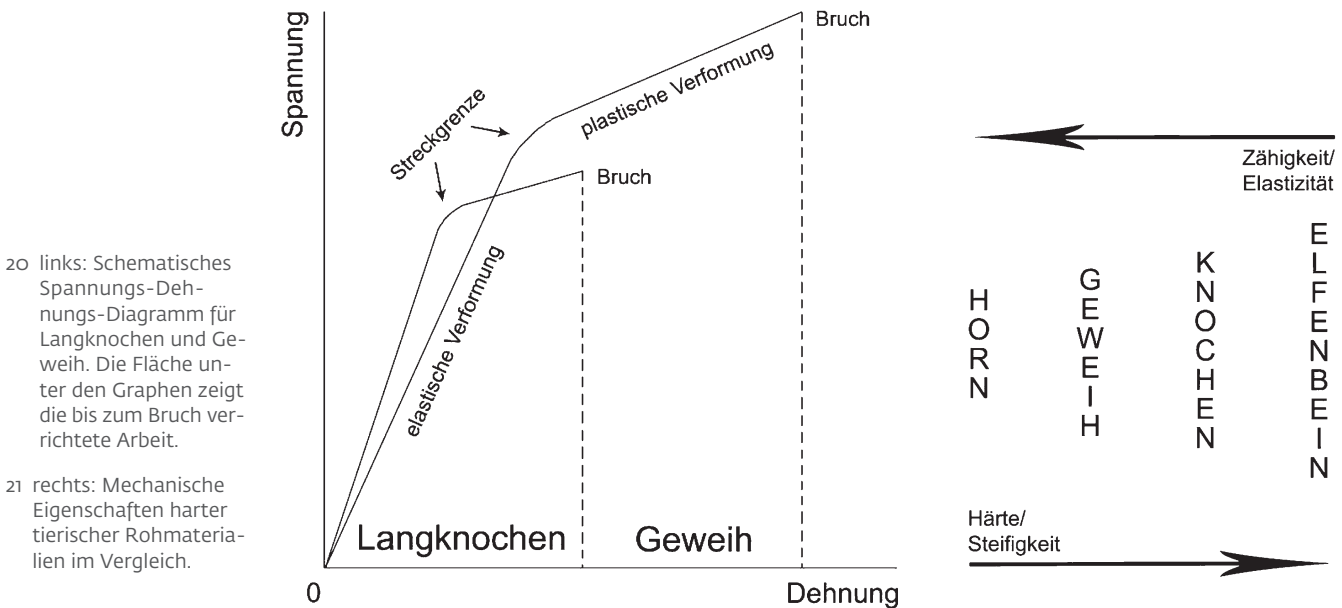


19 Querschnitte von Cervidengeweihen. Oben Rentier, unten Rothirsch. Ohne Maßstab.

³³ In diesem Sinne auch Averbouh (2000, 95).

³⁴ Ich danke Prof. Dr. Frank A. Müller, Dr. Tilman Zscheckel und Dr. Wolfgang Wisniewski (Otto-Schott-Institut für Materialforschung der Fried-

rich-Schiller-Universität Jena) für die umfangreichen Erläuterungen und Diskussionen zur Beurteilung des Werkstoffs Rengeweih aus materialwissenschaftlicher Sicht.



über mechanischen Belastungen voraussetzt (Currey 2009, 125).

Die speziellen Eigenschaften des Naturmaterials Geweih sind bisher experimentell nicht in einem Umfang ermittelt, der groß genug für allgemeingültige Aussagen ist (Currey u. a. 2009, 3986). Die zur Verfügung stehenden Angaben über seine mechanischen Qualitäten stammen hauptsächlich von Versuchen an Rothirsch- und Elchgeweih mit rein biologisch/zoologischer Motivation (Blob/LaBarbera 2001; Blob/Snelgrove 2006; Chapman 1981; Chen u. a. 2009; Currey u. a. 2009; Kitchenner 1991). Material vom Rentier ist noch viel weniger untersucht (vgl. Shah u. a. 2008). Vor kulturwissenschaftlichem Hintergrund existiert hierzu lediglich eine Studie durch Gerd Albrecht (1977), die jedoch eher den Charakter eines Tests bzw. Vorversuchs hat. Dies ist bei folgenden Ausführungen zu berücksichtigen.

Die mechanischen Qualitäten von Geweih werden hauptsächlich durch die Kompakta bestimmt (Currey 2002, 104). Geweihkompakta ist schwach viskoelastisch. Viskoelastizität bedeutet, dass eine elastische, also komplett reversible Verformung durch Krafteinwirkung zeitversetzt eintritt (ebd. 40 f.). Eine weitere Eigenschaft, die der Werkstoff mit Knochen, Elfenbein und Horn teilt, ist Anisotropie: Seine Materialeigenschaften variieren je nach Richtung der Krafteinwirkung auf den Körper. Geweih toleriert daher eine deutlich größere Belastung in Faserrichtung als gegen diese (ebd. 38; MacGregor/Currey 1983, Tab. 1). Zwei Arten der Krafteinwirkung sind zur Beurteilung der mechanischen Eigenschaften wichtig:

a) longitudinale/axiale Krafteinwirkung: Die Kraft entfaltet sich entlang der Längsachse. Hier spielt besonders die longitudinale Kompression eine Rolle. Tests durch Albrecht (1977, 121) suggerieren, dass Rengeweih einem statisch entlang der Faserrichtung einwirkenden Druck von bis zu $\sim 190 \text{ N/mm}^2$ widerstehen kann, bevor es bricht. Bei der Nutzung von Geweihgeräten – beispielsweise Geschosspitzen – wirkt die Kraft freilich meist dynamisch in Form von *impact* auf das Objekt ein, was zur Folge hat, dass die longitudinale Druckfestigkeit geringer als der oben aufgeführte Wert ist.

b) Biegebelastung: Rengeweih bleibt bis zu einer statischen Biegespannung von $\sim 300 \text{ N/mm}^2$ elastisch (Albrecht 1977, 121). Jenseits dieser sogenannten Streckgrenze, die wohl eher einen Übergangsbereich als einen festen Punkt darstellt, tritt, da das Material duktil³⁵ ist, eine irreversible plastische Verformung ein, die mit einer Schädigung der inneren Struktur einhergeht. Bei noch höherer Belastung kommt es bei Erreichen der maximalen Spannung schließlich zum Bruch durch Versagen des Materials (Abb. 20; Currey 2002, 34 f.; Abb. 2.7). Auch hier gilt, dass bei dynamischer Belastung Streckgrenze und maximale Spannung niedriger anzusetzen sind als obiger Wert.

Da Geweih ein natürliches Gewebe ist, dessen mechanische Qualitäten Resultat einer Vielzahl sehr variabler Einflüsse sind, sind deutliche Schwankungen zu erwarten (vgl. Currey 2002, Tab. 4.3). Selbst innerhalb einer einzelnen Stange wird man wohl keine Partien mit exakt identischen Eigenschaften finden.

35 Duktilität – Fähigkeit, sich plastisch zu verformen.

Je stärker ein Material tierischen Ursprungs mineralisiert ist, umso härter und steifer ist es tendenziell und umso weniger in der Lage, Energie zu absorbieren (Currey 1979, 317; Currey u. a. 2009, 3992). Für Elfenbein, Knochen, Geweih und Horn lässt sich – in ebendieser Reihenfolge – eine Veränderung der Materialeigenschaften konstatieren (vgl. Hurcombe 2007, 124): Elfenbein ist das durchschnittlich härteste und am höchsten mineralisierte Material, Horn das weichste und am geringsten mineralisierte. Hingegen ist Horn am elastischsten sowie duktilsten und Elfenbein am steifsten und sprödesten (Abb. 21).

Der ideale Werkstoff für starke mechanische Beanspruchungen vereint Härte, Steifigkeit und Zähigkeit. Aus ihm gefertigte Geräte sind gleichsam widerstandsfähig gegen Abrasion, Verformung und dynamische Krafteinwirkung. Diese Eigenschaften schließen sich bei organischen Materialien eigentlich aus: „[...] ist seems not to be possible to have bone that is both stiff and tough. Increasing stiffness involves the tighter packing of the mineral, which in turn makes the passage of cracks easier. [...] In biology, compromise is pervasive.“ (Currey 2002, 145).

Geweih scheint für den prähistorischen Menschen jedoch ein guter Vermittler zwischen diesen beiden Polen gewesen zu sein (Abb. 20): Es kann eine höhere Biegespannung aushalten als Knochen, weil es elastischer ist

und aufgrund höherer Duktilität zudem ein größeres Maß an plastischer Verformung als dieser zulässt, bevor es zum Bruch kommt (MacGregor/Currey 1983, 74; Tab. 1). Die Arbeit, die Rothirschgeweih verrichten kann, bevor es bricht, ist daher ca. 2,5-mal höher als die von Langknochen gleicher Art (Currey u. a. 2009, 3991). Ebenso ist es dem Knochen weit überlegen, wenn es darum geht, *impacts* zu widerstehen: Rothirschgeweih kann fast siebenmal mehr Energie aufnehmen als Knochen, bevor es versagt (ebd. Tab. 4). Andererseits weist Geweih eine geringere Steifigkeit und Härte als Knochen auf. Das Material ist aber offensichtlich immer noch hart und steif genug für Projektilköpfe und Vorschäfte und gestattet auch die Anlage haltbarer Spitzen und Schneiden, wie seine regelmäßige Verwendung für einteilige Harpunen- und Pfeilköpfe (Arneborg 2004, 270; Fienup-Riordan 2007, 137; Tuborg Sandell/Sandell 1991, Abb. 13,5.6;), Beilklingen (Pleyer 1995) oder Messer (LeMoine 1997, 38) eindrücklich vor Augen führt. Zudem hatte Rengeweih unter den historischen Inuit Westgrönlands den Ruf, auch bei sehr tiefen Temperaturen elastisch zu bleiben und nicht zu brechen (Hansen 2008, 73).

Das Material, so wird aus den gegenwärtig vorliegenden Informationen deutlich, war ein äußerst vielseitiger Werkstoff – wahrscheinlich sogar der vielseitigste, der Wildbeutern in kalter Umgebung zur Verfügung stand.