

Abb. 2.2 Haut eines Säugetiers (mikroskopischer Schnitt). (Aus Young 1975)

Verdunstung von Wasser durch die Körperoberfläche und die Schweißproduktion spielen eine Rolle für den Wasser- und Wärmehaushalt des Körpers. Schweiß dient in geringem Maße auch der Ausscheidung von Abbauprodukten des Stoffwechsels. Haar- oder Federkleider und die Versorgung der Hautgefäße mit warmem Blut aus dem Körperinneren regulieren die Wärmeabgabe. Die Färbung der Körperoberfläche ist der wichtigste optische Signalgeber für das Sozialverhalten und die innerartliche Kommunikation, Tarn- oder Warnfarben richten sich an andere Arten. Die Sekrete aus den Duftdrüsen der Körperdecke dienen der geruchlichen Orientierung (Reviermarken), der Verständigung mit Artgenossen (Sexuallockstoffe) oder der Abschreckung von Feinden (Gift-, Stinkdrüsen). Die Milchdrüsen ernähren die Säuglinge der Säugetiere. Die Hautdrüsen mancher Fische dienen als Leuchtorgane. Verhornte Bezirke bzw. Bildungen der Haut haben als Sohlenballen, Leistenhaut, Krallen, Nägel, Hufe und Hornscheiden Werkzeugfunktion.

Ober- und Lederhaut

Hautschleim aus einzelligen Drüsen (**Becherzellen, Kolbenzellen**) in der Oberhaut hüllt den Körper der Fische ein und verringert den Reibungswiderstand beim Schwimmen. Bei Süßwasserfischen verringert er zudem den Einstrom des salzarmen Wassers in den salzreicheren Körper, Meeresfische schützt er vor dem Wasserverlust ins salzreichere Seewasser. Lungenfische überdauern in Kokons aus Hautschleim die Trockenzeit, Stichlingsmännchen bauen mit Schleim ihr Nest. Hautschleim kann auch Schreckstoffe enthalten, die Artgenossen vor Feinden warnen. Die Fischhaut ist nicht großflächig verhornt, Hornzapfen bilden aber den Laichausschlag (**Laichperlen**) fortpflanzungsaktiver Karpfenfische. Salz ausscheidende **Chloridzellen** dienen der Salzabsonderung, denn Meeresfischen steht zum Trinken nur das salzreiche Seewasser zur Verfügung. Diese Chloridzellen sind in der Haut und über die Kiemen verstreut. Die **Giftdrüsen** in der Haut von Stachelrochen, Rotfeuerfischen oder Drachenköpfen münden häufig an der Basis der Flossen-

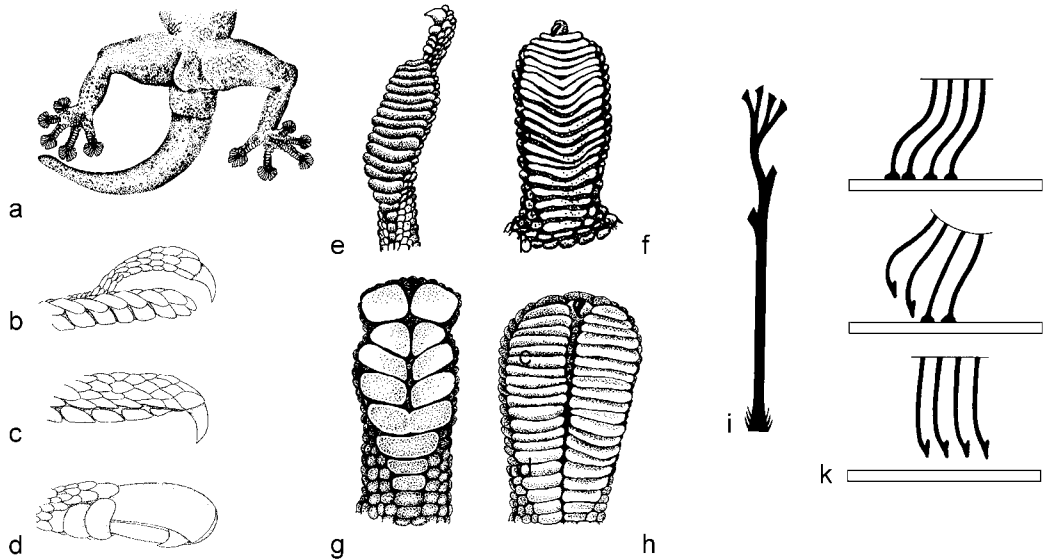


Abb. 2.3 Kletterfüße von Geckos. **a:** Füße des Fächerfingers (*Ptyodactylus*). **b-d:** Geckofüße in Seitenansicht (**b:** aufgesetzte Krallen, **c:** endständige Krallen, **d:** unterständige Krallen). **e-h:** Haftflächen von Geckozehen (**e:** *Aristelliger lar*, **f:** *Gekko vittatus*, **g:** *Oedura marmorata*, **h:** *Pseudoeubrachium lindneri*). **i:** Haftborste von *Gekko vittatus*, die untersten beiden Seitenzweige nicht eingezeichnet. **k:** Bewegungsablauf der Haftborsten, schematisch; oben: Haften, Mitte: Lösen, unten: abgelöst vom Untergrund. (a, e-h, k: aus Henkel & Schmidt 1991, b-d, i: aus Rösler 1995)

oder Kiemenstacheln aus. Etwa 500 Arten von Knorpel- und Knochenfischen, meist Tiefseebewohner, besitzen Leuchtvermögen (**Biolumineszenz**). Die Leuchtorgane sind drüsenähnliche Gebilde der Oberhaut des Rückens, des Kopfes oder der Körperflanken. Leuchtorgane produzieren entweder **Leuchtschleime** oder beherbergen **Leuchtbakterien**. Linsenähnliche Einrichtungen zum Bündeln des ausgesandten Lichts und **Reflektor-** oder **Pigmentbecher**, welche die Lichtstrahlen nur in einzelne Richtungen austreten lassen, sind verbreitet. Zuweilen können diese Pigmentbecher von speziellen Muskeln zum Abblenden der Lichtquelle gedreht werden.

Die Haut der feuchtluftbewohnenden Lurche stellt einen Kompromiss dar zwischen einem Organ des Verdunstungsschutzes und der **Hautatmung**. Eine nur sehr dünne Hornschicht bedeckt die durchweg feuchte Oberhaut von Amphibien. Die Lungenlosen Salamander haben eine besonders intensiv durchblutete, respirato-

rische Haut. Die Wabenkröte trägt ihre Larven in Vertiefungen der Rückenhaut umher, deren Blutgefäße Sauerstoff abgeben. Vor den regelmäßigen **Häutungen** legen Lurche unter der alten Hornschicht eine Ersatzschicht an. Schwanzlurche stoßen ihre alte Haut im Ganzen ab, Froschlurche dagegen einzelne Hautfetzen. Hartgebilde in der Amphibienhaut sind die verhornten Fersenhöcker, Gelenkschwielen und die Klammerorgane auf den Daumen männlicher Frösche, mit welchen die Weibchen zur Begattung gegriffen werden. Der Mund der Froschlurche trägt außerdem Hornzähne. Die Funktion der langen Hornfäden des Haarfrosches ist unbekannt, es handelt sich nicht um echte Haare.

Die Haut der Reptilien, Vögel und Säuger ist durchweg verhornt und daher trocken. Die Hornsubstanz ist ein Eiweiß (**Keratin**), das in der Form von Körnchen in den Zellen der Oberhaut abgelagert wird. Während des Verhornungsprozesses sterben die Zellen ab. Sie wer-

den zur Hautoberfläche abgeschoben, wo sie zu **Hornschuppen** verflachen und verkleben. Die äußere Hornschicht wird portionsweise fortlaufend (Hautschuppen der Säuger) oder während regelmäßiger Häutungen in Gänze (Natternhemd der Schlangen) abgestoßen. Rege Zellteilungen in der basalen Schicht der Oberhaut sorgen für Ersatz. Reptilien und Säuger haben eine in der Regel widerstandsfähige, Vögel unter dem Federkleid aber eine zarte Oberhaut. Hornschuppen bedecken den Körper der meisten Kriechtiere und den Fuß der Vögel. Die Hornschuppen der Skinke und die Hornplatten des Krokodilrückens sind von Hautknochen unterlegt. Dagegen decken sich die Horn- und die Knochenschilde des Schildkrötenpanzers nicht, da es mehr Knochen- als Hornplatten gibt. Der Schwanz der Klapperschlangen endet im Klapperorgan, das aus den verbliebenen Schwanzstücken von bis zu 25 vorherigen Natternhemden besteht. Die alten Hornhäute blieben mit ihrem eingerollten Rand jeweils in einer Ringfurche der nächst jüngeren Hornhülle hängen. Bei Säugern sind Hornschuppen auf die Gürtel- und die Schuppentiere beschränkt, weiterhin auf den wenig behaarten Schwanz einiger Beuteltiere, Nager und Insektenfresser.

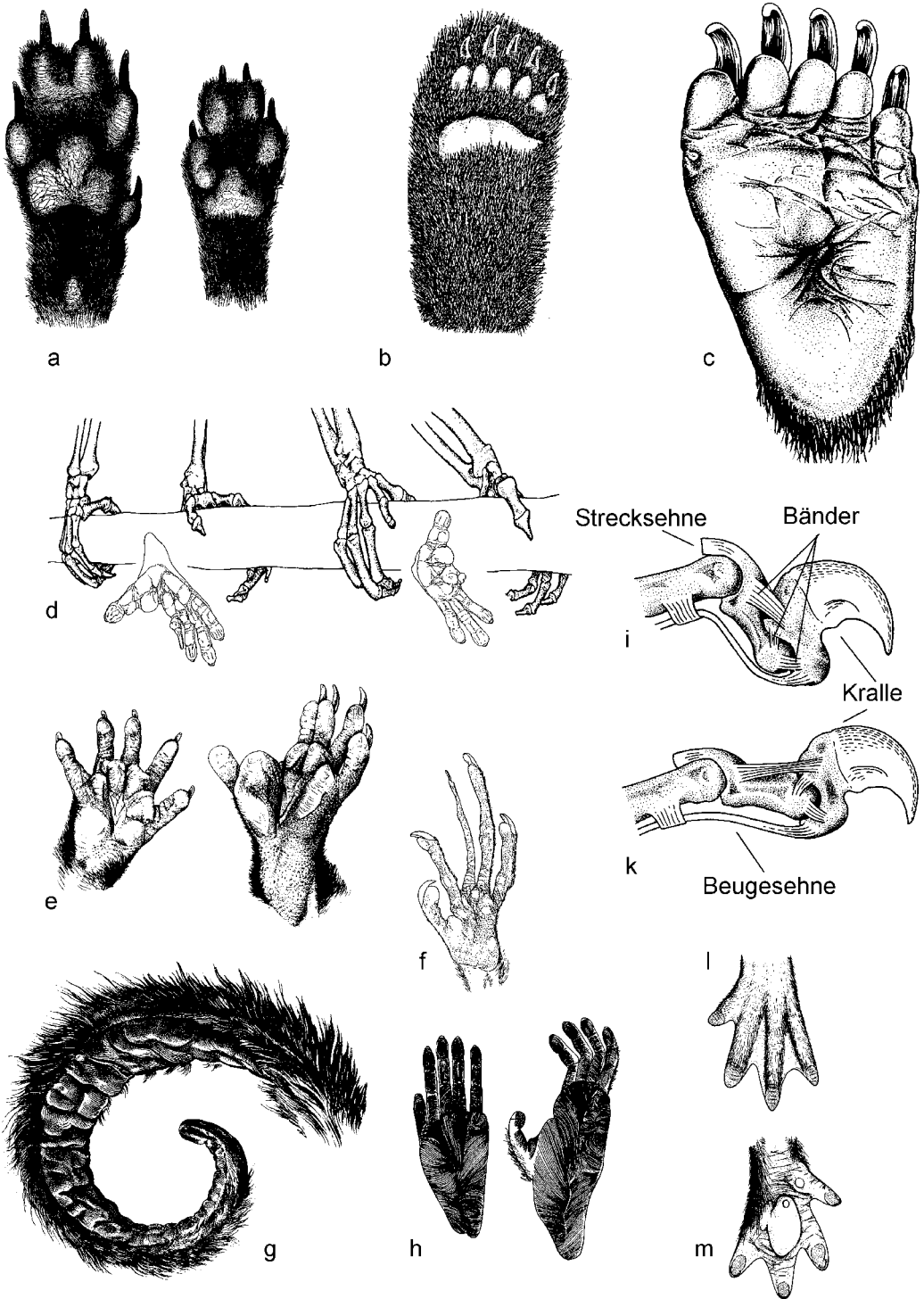
Die Haut der Hände und Füße kann zum Greifen und Haftklettern spezialisiert sein. Die Substrathaftung ergibt sich durch die summierten Adhäsionskräfte von ungezählten Haftborsten der **Haftpolster**, die meist auf den Fußsohlen oder seltener auf der Unterseite des Bauchs oder Schwanzes (*Phelsuma*, *Lygodactylus*) liegen. Die Haftfäden aus verhornter Epidermis messen an der Basis 2-3 µm Durchmesser, um sich zur Spitze mehrfach zu verzweigen. Die 0,5 µm dünnen Endfäden schließen mit einer mittig vertieften Haftscheibe ab. Gemeinsam tragen die Endplatten ohne Energieaufwand ein Mehrfaches des Körpergewichts. Geckos bewegen sich geschickt auf geneigten, senkrechten oder gar überhängenden Flächen (Flucht, Beutefang, Paarung). Das Haften, selbst an Glasscheiben, kann die bevorzugte Schlafstellung sein. Der Haftmechanismus funktioniert nach dem physikalischen Prinzip der **Adhäsion** sich eng berüh-

render Oberflächen; sogar tote Geckos fallen nicht unbedingt ab. Frisch gehäutete Geckofüße haften am besten, gealterte oder verschmutzte Haftborsten verkleben. Feuchtigkeit beschleunigt die Alterung der Haftborsten, Wassertropfen werden über einen Reflex abgeschüttelt. Im Ei bewahrt eine Schutzhaut die Haftborsten vor dem Verkleben, die baldige Ersthäutung nach dem Schlüpfen stellt die Funktionsfähigkeit der Kletterfüße her. Auf Flächen aus Polyester oder Acetatfolie haften Geckos besser als auf Polyethylen. Einige Skinke, Eidechsen und Anolis besitzen vergleichbare, aber meist einfacher gebaute Haftfüße mit kürzeren, dickeren oder unverzweigten Haftfäden.

Die Hand- und Fußsohlen der Säuger besitzen druckelastische Ballen. Die Anzahl der bis zu elf **Sohlenballen** ist je nach Anpassung der Extremitäten durch Rückbildung oder Verschmelzung reduziert. Bei den Hundartigen verschmelzen die Zwischenfingerballen zu einem einheitlichen Polster. Die **Kastanien** der Einhufer entsprechen verhornten Fußwurzelballen. Die Sohlenballen und die Unterseite des Greifschwanzes der Primaten trägt eine gefelderte **Leistenhaut** zum Greifen und Tasten. Diese ist reich an Tastkörperchen und Schweißdrüsen. Das Oberflächenbild dieser Leisten (**Dermatoglyphen**) bildet für jedes Individuum typische Wirbel, Schleifen und Bögen.

Schnäbel

Hornscheiden bedecken die Schnäbel der Schildkröten und Vögel. Sie sind Deckknochen aufgelagert. Die Siebapparate der Schnäbel mancher Wasservögel sind reine Hornbildungen. Derartige Siebe zum Abfiltrieren von Kleintieren aus dem Gewässer sind die Filterlamellen in den Schnäbeln der Flamingos und der Löffelente und die niedrigeren **Randlamellen** am Schnabel weiterer Entenvögel. Der Haken an der Schnabelspitze der Greifvögel und der Schnabelzahn der Würger bestehen nur aus dem Schnabelhorn. Die Schnabelhöcker der Hornvögel sind dagegen, abgesehen von wenigen Ausnahmen, von einem dünnen Hornüberzug überkleidete Knochen von



schwammig-porösem Aufbau. Die **Schnabelscheide** besteht aus Lagen von hartem **Schutz-** oder **Deckhorn** und weicherem **Traghorn**. Diese werden am Schnabelrand unterschiedlich rasch abgenutzt, so dass sich die Schnabelkante ständig selbst schärft (vergleiche Nagezähne der Säugetiere). Abnutzung und Neubildung der Hornschnäbel erfolgen stetig und fortlaufend, nur einige Raufußhühner mausern die Schnabelscheide bei ihrer Umstellung auf die weichere Sommernahrung. Raufußhühner mausern auch ihre Zehenkrallen. Unter der Bezeichnung **Wachshaut** versteht man die manchmal bunt gefärbte, federfreie Haut an der Basis der Oberschnabelscheide, die oft die Nasenlöcher enthält.

Krallen, Nägel, Hufe

Krallen sind seitlich abgeplattete, spitz zulaufende Horngebilde, die bei Lurchen, Reptilien, Vögeln und Säugern verbreitet vorkommen. Die Sohle einer Kralle ist weniger hart verhornt als ihre oberen und seitlichen Partien. Bei den Vögeln sind Krallen an allen Zehen, aber nur selten an einzelnen Fingern ausgebildet. **Nägel** sind abgeflachte, schwach gewölbte Hornplatten, wie sie von Affen an allen Fingern und Zehen getragen werden. Nur die Krallenäffchen besitzen lediglich auf der Großzehe einen Nagel. Aber auch bei einigen kapuzinerartigen Neuweltaffen erinnern die Nägel an Übergangsformen zur Kralle. Lemuren besitzen meist Nägel, tragen aber auf der zweiten Zehe eine Putzkralle. Beutelratten haben auf der ersten Zehe einen Nagel, sonst jedoch Krallen. Auch die Rückbildung der Krallen wasserlebender Säuger (Ohrenrobber, Seekühe)

führt über nagelähnliche Bildungen. **Hufe** sind robuste Horngebilde, welche zusammen mit der ebenfalls harten Hufsohle das Endglied der Extremität wie eine Kappe schützen. Echte Hufe kennzeichnen die Unpaar- und die Paarhufer, Übergangsformen zur Kralle kommen bei Schliefern und unter den Nagetieren beim Wasserschwein vor (vergleiche Ökologie-Kapitel).

Stirn Waffen

Das Nasenhorn der Rhinocerosse ist eine Hornbildung allein der Oberhaut, also anders aufgebaut als die echten Hörner der Rinderartigen. Es besteht aus Hornprismen, die eng verklebt sind. Die **Hörner** der Hornträger und des Gabelbockes bestehen aus einer hohlen Hornscheide, die den auf dem Stirnbein aufsitzenden Gehörknöchelchen einhüllt. Außer beim Gabelbock, der sie jährlich abwirft, nachdem sich darunter Ersatz gebildet hat, wird die Gehörnscheide nicht gewechselt. Jungtiere aus der Familie der Hornträger sind manchmal in der Lage, abgerissene Gehörnscheiden zu ersetzen. Die Hornformen sind arttypisch spieß-, schrauben- oder leierförmig ausgebildet. Hörner dienen primär dem Sozialverhalten (Dominanzkampf zwischen Rivalen, Imponieren). Weibliche Boviden tragen vielfach, jedoch nicht ausnahmslos, keine oder schwächere Hörner. Bei einigen Arten, beispielsweise dem Klippspringer, gibt es geographische Populationen mit gehörnten und mit hornlosen Weibchen. Die Kopfwaffen der Giraffen bestehen aus fellbestandenen Knochenzapfen. Die beiden stirnständigen Zapfen können bei Giraffen aus manchen afrikanischen

Abb. 2.4 Substratkontakt bei Säugetieren. **a:** Waldhund (*Speothos venaticus*), rechter Hinter- und Vorderfuß, Sohlenansicht. **b:** Großer Panda (*Ailuropoda melanoleuca*), rechter Hinterfuß, Sohlenansicht. **c:** Malaienbär (*Helarctos malayanus*), Trittballen der rechten Fußsohle. **d:** Potto (*Pterodicticus potto*), Klammergriff der vier Extremitätenskelette; rechter Fuß und rechte Hand sind separat eingezeichnet. Beachte die Reduktion des 2. Fingers und die Putzkralle an der 2. Zehe. **e:** Opossum (*Didelphis virginiana*), linke Hand und linker Fuß, Sohlenfläche. **f:** Linke Hand des Fingertiers (*Daubentonia madagascariensis*), Palmarfläche. Beachte den 3. Stocherfinger. **g:** Greifschwanz eines Klammeraffen (*Ateles*), Tastpolster mit Beugefurchen und Hautleisten. **h:** Hand und Fuß des Wollaffen (*Lagothrix lagotricha*). **i, k:** Mechanismus der einziehbaren Kralle des Tigers (*Panthera tigris*). **l, m:** Rechte Hand des Wasserschweins (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in Ober- und Unteransicht. (a: aus Flower 1880, b: aus Pocock 1921, c-f, l, m: aus Kaestner & Starck 1995, d (Skelett): aus Rogers 1986, h: aus Hill 1964, i, k: aus Starck 1979)

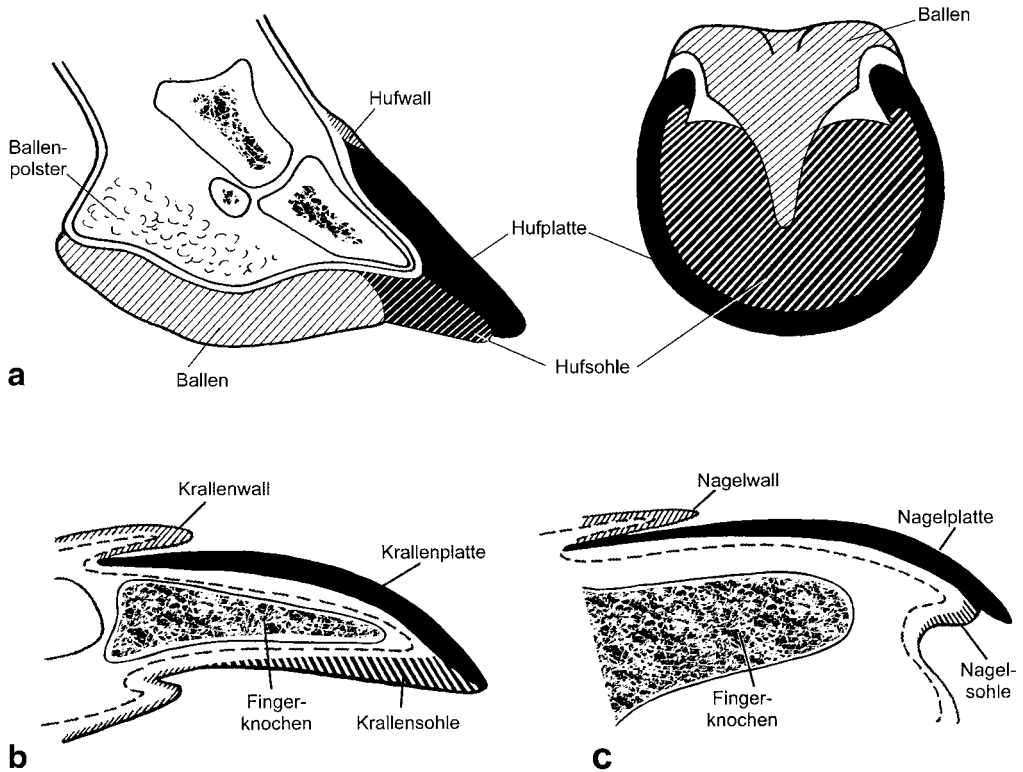


Abb. 2.5 Hornbildungen von Säugetieren. a: Huf. b: Krallen. c: Nagel.

Herkunftsgebieten noch von einem unpaaren vorderen und zwei hinterhauptständigen Vorsprüngen ergänzt werden. Männliche Okapis tragen kurze, hautbedeckte Kopfwaffen, an deren Spitze der nackte Knochen erscheint.

Die **Geweihstange** der Hirsche steht auf dem **Rosenstock**, einem dem Stirnbein aufsitzenden Knochen. Wie auch der Gehörnknochen der Boviden entsteht der Rosenstock als selbständiger Knochenkern im Bindegewebe der Kopfhaut, der erst nachträglich Anschluss an die Schädelknochen erlangt. Der Rosenstock ist während der Bildungsphase des Geweihs von einer gefäß- und nervenreichen Haut, dem **Bast**, überzogen. Ist die Geweihanlage fertig, vertrocknet der Bast und wird vom Knochen gefegt. Beim Hirschgeweih gelangt also nackter Knochen an die Körperoberfläche. Die Geweihstangen wer-

den nach der Brunst abgeworfen, nachdem das Knochengewebe an einer Sollbruchstelle durch Abbau geschwächt wurde. Die Neubildung der Stange geht vom Unterhautbindegewebe und der Knochenhaut des Rosenstocks aus. Der Geweihzyklus wird von Geschlechtshormonen reguliert. Zumindest bei außertropisch verbreiteten Hirscharten ist er dem Jahreszeitenzyklus unterworfen. Geweihe sind auf männliche Hirsche beschränkt, nur die geweihtragenden Rentierweibchen bilden eine Ausnahme. Die stammesgeschichtlich ursprünglichen Hirschgattungen Moschustier und Wasserreh tragen keine Geweihe, sie imponieren und kämpfen vielmehr mit verlängerten Eckzähnen. Muntjaks besitzen lange, flache Rosenstöcke mit kurzer Krone. Spieße sind die ersten Entwicklungsstadien der jugendlichen Geweihbildung. Bei Spießhirschen