

Haut

17.1 Epidermis (Oberhaut) – 307

17.1.1 Keratinozyten – Schichtung – 307

17.1.2 Melanozyten – Pigment – 309

17.1.3 Langerhans-Zellen – Immunabwehr – 312

17.1.4 Merkel-Zellen – Mechanosensoren – 312

17.2 Dermis – 312

17.3 Hypodermis – 313

17.4 Anhangsgebilde der Haut – 313

17.4.1 Haare – 313

17.4.2 Nägel – 315

17.4.3 Drüsen – 316

17.5 Gefäße und Nerven der Haut – 317

» » Einleitung

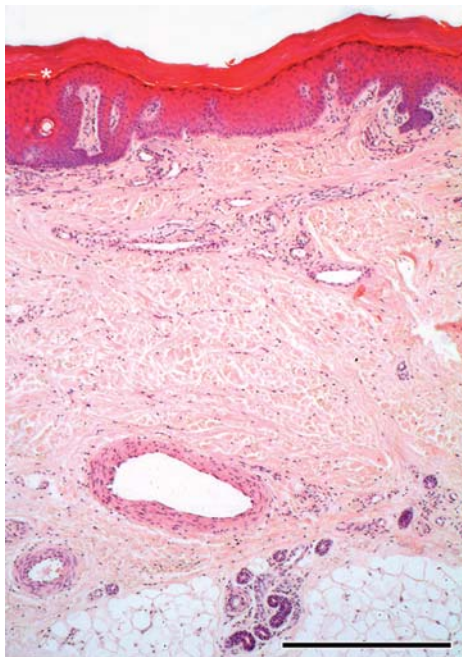
Die Haut (**Kutis**) dehnt sich beim erwachsenen Menschen auf einer Fläche von 1,2 – 2,3 m² aus. Sie besteht aus zwei Schichten, der **Epidermis (Oberhaut)**, einer epithelialen Schicht, die aus dem Ektoderm hervorgeht und der **Dermis (Lederhaut)**, einer bindegewebigen Schicht, die sich vom Mesoderm ableitet. (■ Abb. 17.1). Zu den Anhangsgebilden der Haut zählen Haare, Nägel, Talg- und Schweißdrüsen. Unter der Dermis liegt die **Hypodermis (Unterhaut)**, auch **Subkutis** genannt, ein lockeres Bindegewebe, das Ansammlungen von Fettzellen enthält (Panniculus adiposus). Die Hypodermis, die nicht der Haut zugerechnet wird, verbindet die Haut locker mit dem darunter liegenden Gewebe.

Man unterscheidet zwischen »dünnere« (**behaarter**) Haut und »dicker« (**unbehaarter**) Haut. Die dünne Haut kommt überwiegend am Körper vor, die dicke Haut an der Hohlhand und der Fußsohle (■ Abb. 17.1, 17.2, 17.3 und 17.8). Die Bezeichnungen »dick« und »dünn« beziehen sich auf die Dicke der Epidermis. Sie misst bei der dünnen Haut 75–150 µm und bei der dicken 400–600 µm. Die Verzahnungen zwischen Epidermis und Dermis können bei der dünnen Haut schwach ausgebildet sein oder aus Leisten und Rillen (dicke Haut) bestehen. Die Gesamtdicke der

Haut wird wesentlich von der Dermis bestimmt und variiert je nach Lage zwischen 1,5 mm und 4 mm.

Bei genauer Betrachtung wird sichtbar, dass die dünne Haut durch feine Furchen, in deren Schnittpunkten die Haarfollikel liegen, in kleine Felder eingeteilt wird. Sie wird daher auch als **Felderhaut** bezeichnet. In der dicken Haut bilden Leisten und Rillen ganz unterschiedliche Muster, daher die Bezeichnung **Leistenhaut**. Die Muster (Schleifen, Bogen, Windungen) sind bei jedem Menschen verschieden. Als Fingerabdrücke (Dermatoglyphen) spielen sie eine wichtige Rolle auf juristischem, medizinischem und anthropologischem Gebiet.

Funktionen Die Haut hat viele Aufgaben: Die äußere Schicht (im Wesentlichen die Hornschicht) verhindert die Austrocknung und das Eindringen körperfremder Substanzen. Die Haut schützt auch vor Verletzungen und aggressiven Chemikalien. Das Pigment Melanin schirmt ultraviolette Strahlung ab. Die Haut steht in ständigem Kontakt mit der Umgebung und besitzt Sensoren für den Tastsinn, aber auch für Temperatur und Schmerz (► s. Kap. 23). Die Haut bietet auch immunologischen Schutz, da sie Antigen präsentierende Langerhans-Zellen und Lymphozyten enthält. Unter dem Einfluss von Sonnenlicht wird von der Epidermis Vitamin D₃ synthetisiert. Schweißdrüsen, Blutgefäße und Fettgewebe dienen der Wärmeregulation.



- Stratum
- corneum
- lucidum
- Epidermis
- papillare
- Dermis
- reticulare
- Hypodermis
- Schweißdrüse
- Fett

■ Abb. 17.1. Aufbau der Haut. Rechts sind die verschiedenen Schichten der dicken Haut gezeichnet, links dazu ein Bild der entsprechenden Histologie der dicken Haut. Balken = 1 mm. (Zeichnung modifiziert aus Junqueira et al. 1996, Kurspräparat: Universität München)

17.1 Epidermis (Oberhaut)

Die Epidermis besteht aus einem verhornten, mehrschichtigen Plattenepithel, das hauptsächlich aus **Keratinozyten** aufgebaut ist. Sie enthält aber auch – allerdings in geringerer Anzahl – **Melanozyten**, **Langerhans-Zellen** und **Merkel-Zellen** (s. unten).

17.1.1 Keratinozyten – Schichtung

Die verhornenden Epithelzellen der Epidermis werden **Keratinozyten** genannt. Ihre Zahl bleibt im Epithel normalerweise gleich, weil sich Proliferation, Differenzierung und Apoptose die Waage halten.

Die Keratinozyten sind in der Epidermis so angeordnet, dass drei Zellschichten unterschieden werden können, das Stratum basale, Stratum spinosum und Stratum granulosum gefolgt von der Hornschicht (Stratum corneum).

■ **Stratum basale.** Im Stratum basale sitzt eine Schicht basophiler Keratinozyten der Basallamina auf (■ Abb. 17.2), mit der sie über Hemidesmosomen verbunden sind (■ Abb. 3.1 und 3.2). Das Stratum basale enthält die **Stammzellen** der Epidermis und die sich weiter differenzierenden Keratinozyten, die sich beide häufig teilen. Da Zellteilungen gelegentlich auch in den darüber liegenden unteren Schichten des Stratum spinosum (s. unten) stattfinden, werden Stratum basale und Stratum spinosum zusammen manchmal als Stratum germinativum bezeichnet. Etwa 4 % der Zellen der Epidermis befinden sich in der S-Phase des Zellzyklus, in dem die DNA Synthese stattfindet (► s. Kap. 2.4). Durch die rege Proliferation der Keratinozyten erneuert sich, je nach Alter, Körperregion und anderen Faktoren, die menschliche Epidermis durchschnittlich in ca. 28 Tagen. Die Zellen der Basalschicht nehmen von den benachbarten Melanozyten Melanin auf (► s. Kap. 17.1.2) und beginnen mit der Synthese der Keratinfilamente (= Tonofilamente). Sie sind in den Keratinozyten die auffälligsten Komponenten des Zellskeletts und gehören infolge ihres Durchmessers von ca. 10 nm zu den intermediären Filamenten (► s. Kap. 3.3.2). Die Keratinfilamente sind aus Keratinen aufgebaut, einer Familie von 30 verschiedenen Proteinen mit einer Molekülmasse zwischen 40 und 70 kDa. Keratine besitzen helikale Domänen, die coiled-coil Verbindungen eingehen können (► s. auch Aufbau von Myosin II in Kap. 9.1). Dadurch entstehen zunächst Dimere, die

sich versetzt zueinander zu Tetrameren anordnen. Aus diesen Untereinheiten bilden sich schließlich die Filamente mit einem Durchmesser von ca. 10 nm. Ihre im Lichtmikroskop sichtbaren Bündel werden als Tonofibrillen bezeichnet. Die Zusammensetzung der Keratinfilamente ändert sich mit der Differenzierung der Epidermiszellen. Basalzellen enthalten Polypeptide mit einem niedrigeren Molekulargewicht, differenziertere Zellen synthetisieren Polypeptide mit einem höheren Molekulargewicht. Bei der Verlagerung der Zellen nach oben erhöht sich die Anzahl der Filamente



■ Abb. 17.2. Epidermis der dünnen Haut der Menschen. Im Stratum basale ist eine Mitose zu beobachten (Pfeilkopf) und Melanin über den Zellkernen der Keratinozyten. Die hellen Zellen in derselben Schicht sind Melanozyten. Weiter oben folgen das Stratum spinosum, Stratum granulosum und die Hornschicht. Balken = 100 µm. (Präparat: Markus Braun-Falco, Technische Universität München)

solange, bis sie schließlich die Hälfte des Gesamtproteins im Stratum corneum (Hornschicht) darstellen.

Klinik

Abnormalitäten der dermal-epidermalen Verbindung (► s. Kap. 3.1) können zu Krankheiten führen, die durch Blasenbildung gekennzeichnet sind. Dabei können Ankerfibrillen, Hemidesmosomen und Komponenten der Basallamina seit Geburt fehlen (hereditäre Epidermolysen) oder es treten Autoantikörper gegen diese Strukturen auf (Pemphigoidgruppe).

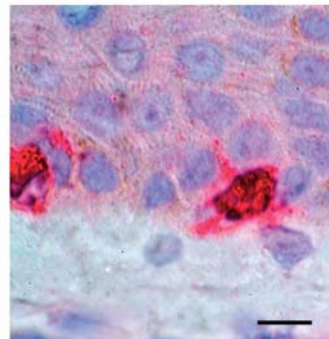
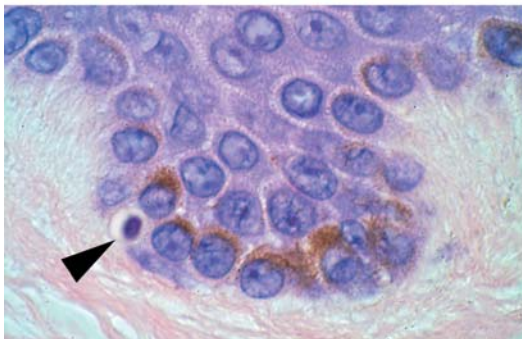
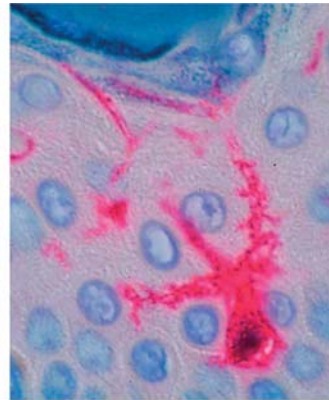
- **Stratum spinosum.** Das Stratum spinosum (Stachelzellschicht) besteht aus kubischen, nach außen hin zunehmend leicht abgeflachten Zellen mit einem zentralen Zellkern (■ Abb. 17.2). Das stachelige Aussehen der Zellen beruht auf der Schrumpfung des Epithels bei der Fixierung und Entwässerung für die Histologie, wobei die Zellen untereinander über die zahlreichen Desmosomen (► s. Kap. 3.3.2) verbunden bleiben (■ Abb. 17.2, 17.3 und 17.4). In die Desmosomen strahlen Keratinfilamente ein (■ Abb. 3.11, 17.4).

Keratinfilamente und Desmosomen sorgen für den Zusammenhalt der Zellen untereinander und schützen vor Abschilferung. Daher besitzt die Epidermis an Stellen, die Reibung und Druck ausgesetzt sind (z.B. Fußsohlen), eine dickere Stachelzellschicht mit vielen Keratinfilamenten und Desmosomen.

Klinik

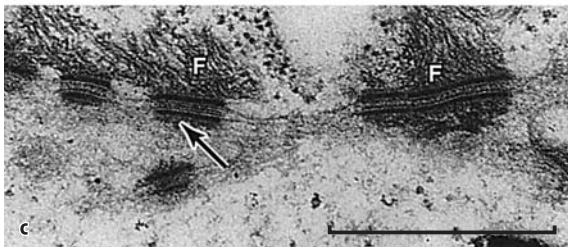
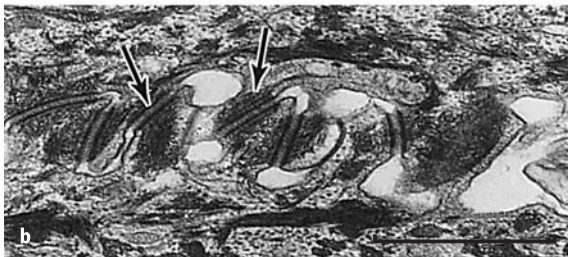
Eine Hautkrankheit, die mit Blasenbildung einhergeht (Pemphigus vulgaris), wird durch den Verlust von interzellulären Verbindungen zwischen den Keratinozyten hervorgerufen. Kennzeichnend sind hier Autoantikörper gegen Desmogleine und Plakoglobin bzw. Bestandteile der Desmosomen.

- **Stratum granulosum.** Das Stratum granulosum (Körnerschicht) ist Schauplatz umfangreicher Differenzierungsvorgänge und der Apoptose. Hornmaterial sowie lipidhaltige Kittsubstanzen werden gebildet und die Zellen werden platt, Zellkerne und Zellorganellen verschwinden. Insgesamt besteht das Stratum granulosum aus 1–3 Schichten abgeflachter, polygo-



■ Abb. 17.3. Ausschnitte aus der dünnen menschlichen Haut. Unten links ein Melanozyt (Pfeilkopf) umgeben von Keratinozyten, deren Kerne von Melanin bedeckt sind. Im Stratum spinosum eine deutliche Ausbildung der »Stacheln«. Unten rechts sind zwei Melanozyten mit einem Antikörper gegen Tyrosinase rot angefärbt. Oben rechts eine Langerhans Zelle mit einem Antikörper gegen das Oberflächenmolekül CD1a, so dass die dendritische Form der Zellen deutlich wird. Oben links eine Vergrößerung des Stratum granulosum mit darunter liegender Stachelzell- und darüber liegender Hornschicht. Balken = 10 µm. (Präparat: Markus Braun-Falco, Technische Universität München)

ner Zellen, die mit **Keratohyalingranula** gefüllt sind. Diese membranlosen Granula bestehen hauptsächlich aus Keratinfilamenten und dem histidinreichen Protein Filaggrin, das an der hier stattfindenden Ver-



■ Abb. 17.4 a–c. Elektronenmikroskopische Aufnahme des Stratum spinosum der menschlichen Haut. **a** Keratinozyten im Stratum spinosum mit Melaningranula und Bündeln von Tonofibrillen (s. Vergrößerungen in b und c). Die Pfeile zeigen auf Fortsätze, die Desmosomen enthalten. **b, c** Desmosomen und Tonofilamente (F) in Zellverbindungen zwischen Keratinozyten. Balken a = 10 µm, Balken b/c = 1 µm. (Nach Junqueira et al. 1998)

netzung der Keratinfilamente über Disulfidbindungen beteiligt ist. Elektronenmikroskopisch fällt eine weitere charakteristische Struktur in den Zellen des Stratum granulosum auf: membranumschlossene **Lamellengranula** (Durchmesser 0,1–0,3 µm), die Lipide enthalten. Diese Granula verschmelzen mit der Zellmembran und schütten ihren Inhalt in die Interzellularräume des Stratum granulosum aus. Die Lipide erfüllen die Funktion einer Barriere und versiegeln die Haut gegen eindringende Fremdkörper und Wasser.

- **Stratum lucidum.** Diese Schicht kommt nur in der dicken Haut der Hohlhand und der Fußsohlen vor (■ Abb. 17.1). Die Schicht ist sehr dünn und leicht doppelbrechend. Sie enthält vorwiegend das dichtgepackte Material der Keratohyalinkörperchen, das in eine elektronendichte Matrix eingebettet ist.
- **Stratum corneum.** Im Stratum corneum (Hornschicht) bleiben von den Keratinozyten nur noch flache Hüllen (Bestandteile der Plasmamembran) und das verbackene Material der Keratohyalingranula übrig. Zwischen diesen Stapeln der Zellreste befinden sich als Kittsubstanz die Lipide der Lamellengranula, ebenfalls ein Produkt der Keratinozyten (■ Abb. 17.2 und 17.3).

Diese Beschreibung der Epidermis bezieht sich auf die **dicke (unbehaarte) Haut**, wie z.B. an den Fußsohlen.

In **dünnere (behaarte) Haut** besteht das Stratum granulosum meist nur aus einer Zellschicht, das Stratum lucidum fehlt und die Hornschicht kann sehr dünn sein (■ Abb. 17.2, 17.3 und 17.8).

Klinik

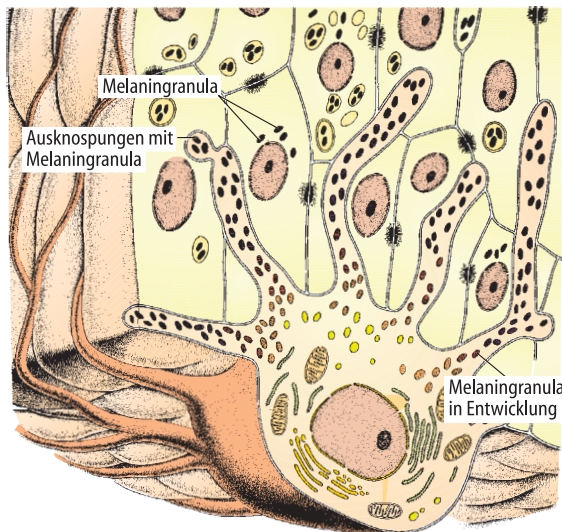
Bei der weit verbreiteten Hautkrankheit **Psoriasis vulgaris (Schuppenflechte)** ist die Zellproliferation im Stratum basale und Stratum spinosum erhöht. Die dabei ablaufende überstürzte Verhornung äußert sich dadurch, dass das Stratum granulosum fehlt und Zellkerne im Stratum corneum auftreten (Hyperparakeratose). Dies führt zu einer schnelleren Erneuerung der Epidermis (7 Tage statt 15–30 Tage).

17.1.2 Melanozyten – Pigment

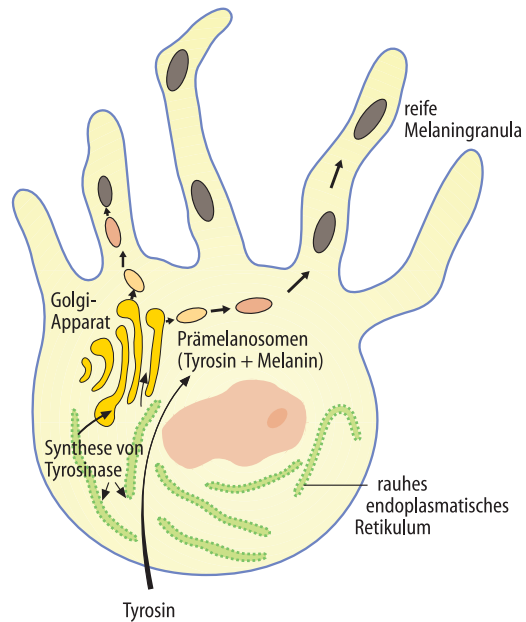
Die Hautfarbe wird von mehreren Faktoren bestimmt, u.a. von der Menge an Melanin, Karotin und der Dichte der Blutgefäße. **Melanin** ist ein dunkelbraunes Pigment, das von den Melanozyten produziert wird (■ Abb. 17.3,

17.5, 17.6 und 17.7). Melanozyten befinden sich in der Epidermis zwischen den Zellen der Basalschicht, in den Haarfollikeln und vereinzelt auch in der Dermis. Die Melanozyten stammen von der Neuralleiste ab (► s. Kap. 8.1). Sie haben abgerundete Zellkörper, von denen 10 bis 20 Fortsätze ausgehen, die zwischen den Zellen der Basal- und Stachelzellschicht verlaufen und in Vertiefungen dieser Zellen enden. Damit steht jeder Melanozyt mit etwa 30 Keratinozyten in Kontakt (>epidermale Melanineinheit<). Elektronenmikroskopisch kann man in den Zellen die charakteristischen **Melanosomen** (Melanin enthaltende Vesikel) erkennen. Zwischen den Melanozyten und den angrenzenden Keratinozyten finden sich keine Desmosomen. Sie sind lediglich mit der Basallamina durch Hemidesmosomen verbunden.

Melanin wird in den Melanozyten synthetisiert, dabei spielt das Enzym **Tyrosinase** eine wichtige Rolle. Es wandelt zunächst Tyrosin in 3,4-Dihydroxyphenylalanin (Dopa) und dann in Dopachinon um. Aus Dopachinon entsteht über eine Reihe von Zwischenstufen Melanin. Die Tyrosinase wird an Ribosomen des endoplasmatischen Retikulums synthetisiert und, nachdem sie den Golgi-Apparat passiert hat, in Prämelanosomen gespeichert (► Abb. 17.5 und 17.6). Hier beginnt die Biosynthese des Melanins, das in den Vesikeln abgelagert wird. Die reifen **Melanosomen** sind vollständig mit Melanin gefüllt und



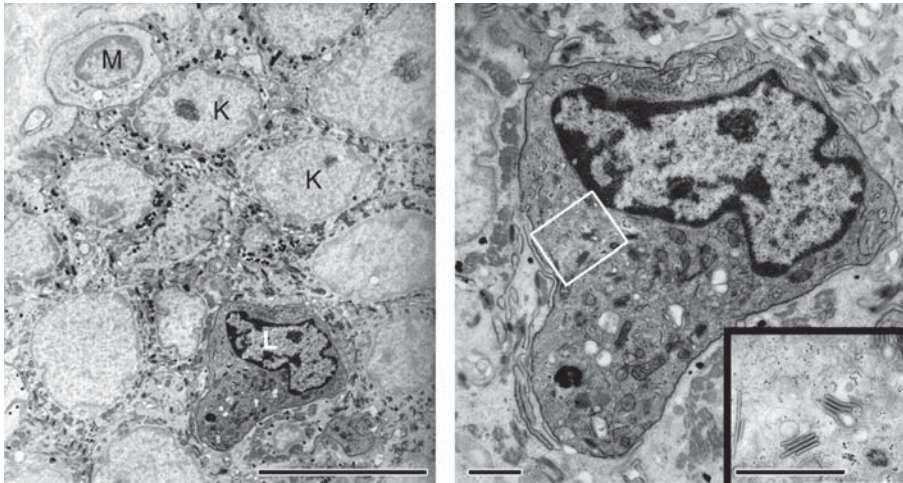
► Abb. 17.5. Zeichnung eines Melanozyten mit Fortsätzen zwischen den Keratinozyten der Epidermis. Die Melaningranula werden im Zellkörper des Melanozyten gebildet und wandern in die Fortsätze, von denen sie an Keratinozyten abgegeben werden. (Aus Junqueira et al. 1996)



► Abb. 17.6. Schema der Melaninbildung in Melanozyten. Das Enzym Tyrosinase wird im rauen endoplasmatischen Retikulum synthetisiert und im Golgi-Apparat abgepackt. Es erscheint zunächst in den Prämelanosomen. Die Reifung der Melaningranula geht mit der gesteigerten Bildung von Melanin einher. Reife Melaningranula wandern in die Fortsätze und werden von dort an umgebende Keratinozyten abgegeben. (Nach Junqueira et al. 1996)

oval. Sie sind ca. 1 µm lang und haben einen Durchmesser von 0,4 µm. Melanosomen wandern zu den Spitzen der Melanozytenfortsätze, werden dort freigesetzt und von den umgebenden Keratinozyten aufgenommen (► Abb. 17.3 und 17.6).

In den Keratinozyten sammelt sich das Melanin in Vesikeln oberhalb des Zellkerns und schützt ihn so vor den schädlichen Wirkungen des Sonnenlichts. Innerhalb der Keratinozyten fusionieren die Melaningranula mit Lysosomen, die Melanin abbauen. Deshalb ist in den oberen Zellschichten nur noch wenig Melanin vorhanden. Bei der Steuerung der Pigmentierung der Haut spielen folgende Vorgänge eine wichtige Rolle: die Biosynthese des Melanins in den Melanozyten, die Aufnahme und der teilweise Abbau des Pigments in den Keratinozyten. Bei **Bräunung der Haut** nach Sonneneinstrahlung (ultraviolettes Licht mit einer Wellenlänge von 290–400 nm) werden diese Vorgänge gesteigert, sodass die Zahl der Melanosomen zuerst in den Melanozyten und anschließend der Gehalt an Melanin in den Keratinozyten zunimmt. Außerdem kann die Pigmentierung der Haut hormonell, durch das Melanozyten stimulierende Hormon (MSH), gesteigert werden (s. unten).



■ Abb. 17.7. Elektronenmikroskopische Aufnahme von Keratinozyten, einem Melanozyt und einer Langerhans-Zelle in der menschlichen Haut. Die Keratinozyten (links, zwei mit K markiert) enthalten weit mehr Melanin als der Melanozyt (M). Rechts, in der vergrößerten Langerhanszelle (L), finden sich die charakteristischen Birbeck Strukturen, bei denen es sich um besonders gestaltete Endosomen handelt (Ausschnitt). Balken (links) = 10 µm, Balken (rechts) = 1 µm.

Melanozyten fallen im HE Schnitt auf Grund ihrer Lage am unteren Rand des Stratum basale als helle Zellen (früher Klarzellen genannt) mit rundem, basophilen Kern auf, dessen Durchmesser kleiner als derjenige von umliegenden Keratinozyten ist (■ Abb. 17.2 und 17.3). Melanozyten und die von ihnen abgeleiteten Tumoren (siehe unten) können auch immunhistochemisch, z.B. mit einem Antikörper, der gegen die Tyrosinase gerichtet ist, nachgewiesen werden (■ Abb. 17.3). Melanozyten sind nicht zufällig zwischen den Keratinozyten verteilt, sondern nach einem fest gefügten Verteilungsmuster. Beim Menschen ist die Zahl der Melanozyten im Stratum basale konstant innerhalb einer Körperregion. Dazu ein Beispiel: ca. 1000 Melanozyten/mm² findet man in den Hüftregionen und ca. 2000 Melanozyten/mm² in der Haut des Skrotums. Die Zahl der Melanozyten pro Gebiet ist unabhängig von Geschlecht und Rasse. Die Unterschiede in der Hautfarbe sind hauptsächlich auf die Zahl der Melaningranula in den Keratinozyten zurückzuführen.

Klinik

Eine mangelhafte Freisetzung von Kortisol durch die Nebennierenrinde führt zu einer Überproduktion von ACTH und damit von Melanozyten stimulierendem Hormon (► s. Kap. 19.2.2 und 20.4.1). Dadurch wird die Hautpigmentierung gesteigert. Diese Hyperpigmentierung der Haut kommt bei der **Addison-Erkrankung** vor, die durch eine Dysfunktion der Nebennieren verursacht wird.

Beim **Albinismus**, einer erblichen Erkrankung, sind die

Melanozyten nicht in der Lage, Melanin zu synthetisieren. Hervorgerufen wird dieser Defekt durch einen Mangel an Tyrosinase oder die Unfähigkeit der Zellen, Tyrosin aufzunehmen. Dadurch kann die Haut nicht durch Melanin vor Sonnenstrahlung geschützt werden und es kommt häufiger zu Krebserkrankungen, die sich von den Keratinozyten des Stratum basale oder des Stratum spinosum ableiten. Die Degeneration und das Verschwinden von Melanozyten in bestimmten Hautgebieten führt zu einer Depigmentierung der Haut (**Vitiligo**).

Hauttumoren Ein Drittel aller malignen Tumoren entsteht in der Haut. Hauttumoren kommen gehäuft bei hellhäutigen Menschen vor, die in Gebieten mit starker Sonneneinstrahlung leben. Die meisten dieser Tumoren (90 %) leiten sich von der Epidermis ab, und zwar von den Basalzellen, den Zellen des Stratum spinosum und den Melanozyten. Sie werden daher als Basalzellkarzinom (Basaliom), spinözelluläres Karzinom (Spinaliom) und malignes Melanom bezeichnet. Das **Basaliom** ist der häufigste Tumor der Haut. Es wächst lokal destruierend, metastasiert jedoch nicht, ganz im Gegensatz zu den selteneren **Spinaliomen**. Basaliome und Spinaliome können relativ leicht diagnostiziert und exzidiert werden und verlaufen in den seltensten Fällen tödlich. Das **Melanom** ist ein invasiv wachsender Tumor, der früh metastasiert und daher besonders bösartig ist. Melanomzellen durchdringen die Basallamina, gelangen in die Dermis und von dort in die Blut- und Lymphgefäße, über die sie sich schließlich im ganzen Körper verbreiten. Der prozentuale Anteil der Melanome unter den malignen Tumoren beträgt 1–3 %.

17.1.3 Langerhans-Zellen – Immunabwehr

Langerhans-Zellen sind sternförmig, besitzen lange Fortsätze (sie werden daher als dendritische Zellen bezeichnet) und liegen vorwiegend im Stratum spinosum der Epidermis. Im normalen HE-Schnitt sind sie genauso wie die Merkel Zellen nicht zu erkennen. Ihr Anteil an den Epidermiszellen beträgt 2–8 % (im Mittel etwa 450/mm²). Langerhans-Zellen stammen aus dem Knochenmark und exprimieren den Oberflächenmarker CD1a, der sonst nur auf Thymozyten vorkommt. Sie prozessieren, wie die anderen professionellen Antigen präsentierenden Zellen, Antigene und präsentieren sie T-Lymphozyten (► s. Kap. 13.2.3). Die Langerhans-Zellen spielen daher eine bedeutende Rolle bei immunologischen Hautreaktionen.

Auf Grund ihrer Fläche und exponierten Lage hat die Haut ständigen Kontakt zu vielen Antigenen. Nach Aufnahme eines Antigens durch die Langerhans-Zellen der Epidermis wandern diese Zellen in die regionalen Lymphknoten aus (► s. Kap. 13.5). Dort präsentieren sie Antigen-Fragmente naiven T-Lymphozyten, die sich dann zu T-Helferzellen entwickeln. Entsprechend dem sezernierten Zytokinprofil werden T-Helferzellen vom Typ 1 (T_H1, z.B. Interferon- γ) und vom Typ 2 (T_H2, z.B. Interleukin-4) unterschieden (► s. Kap. 13.3).

Klinik

T_H2 Zellen spielen bei den allergischen (atopischen) Erkrankungen eine wichtige Rolle (s. unten). T_H1-Zellen sind beim Kontaktekzem und bei Infektionen der Haut von Bedeutung.

Allergien sind Krankheiten des Immunsystems. Dazu gehören Allergien gegen Nahrungsstoffe, Asthma bronchiale (► s. Kap. 16.5), allergische Rhinitis und Konjunktivitis sowie Ekzeme. Allergene werden in der Regel von ortsständigen Antigen präsentierenden Zellen T-Lymphozyten präsentiert, die als TH2-Zellen die Produktion von IgE durch B-Zellen stimulieren. Gleichzeitig kommt es zur Proliferation von eosinophilen Granulozyten (► s. Kap. 13.2 und Abb. 13.2). Mastzellen und eosinophile Granulozyten sind an der folgenden Entzündung (► s. Kap. 4.5) in Darm, Haut, Nase oder Bronchien maßgeblich beteiligt.

17.1.4 Merkel-Zellen – Mechanosensoren

Merkel-Zellen kommen vor allem im Stratum basale der Epidermis vor. Sie besitzen kleine, elektronendichte Gra-

nula in ihrem Zytoplasma. An der Basis der Merkel-Zellen liegen Nervenendigungen. Diese Zellen dienen in der Epidermis als Mechanorezeptoren und werden dem diffusen neuroendokrinen System zugeordnet. Die Merkel-Zellen werden zusammen mit den anderen Mechanosensoren im ► Kap. 23.1 beschrieben.

17.2 Dermis

Die Dermis besteht aus Bindegewebe, das die Epidermis unterstützt und mit dem darunter liegenden Gewebe (Hypodermis) verbindet. Die mechanische Festigkeit der Haut beruht hauptsächlich auf der Dermis (= Lederhaut). Die Dermis besitzt viele Papillen, die sich mit den Zapfen oder Leisten der Epidermis verzahnen (► Abb. 17.2). Hautstellen, die stärker beansprucht werden, besitzen sehr viele Papillen. Die Basallamina zwischen den Papillen der Dermis und dem Stratum basale der Epidermis (► s. Kap. 3.1) folgt den Verzahnungen zwischen den beiden Schichten.

In der Dermis kann man zwei ineinander übergehende Schichten unterscheiden: das Stratum papillare und das tiefer liegende Stratum reticulare. Das dünne **Stratum papillare** unter der Epidermis besteht aus lockerem Bindegewebe, Fibroblasten und freien Zellen des Bindegewebes wie Mastzellen und Makrophagen. Durch das Stratum papillare ziehen spezielle Kollagenfibrillen, die als Ankerfibrillen (► Abb. 3.1 und 3.2) bezeichnet werden. Sie verbinden die Dermis mit der Basallamina, der Grundlage der Epidermis.

Das **Stratum reticulare** ist dicker und aus unregelmäßigem straffem Bindegewebe zusammengesetzt, welches vor allem Kollagen des Typs I enthält (► s. Kap. 4.1). Es besitzt mehr Fasern und weniger Zellen als die Papillarschicht. Vornehmlich sind die Fasern parallel zur Hautoberfläche ausgerichtet. Von den Glykanen kommt hauptsächlich Dermatan sulfat vor. Die Elastizität der Haut wird durch die elastischen Fasern verursacht. Die Dermis enthält ein Netzwerk aus elastischen Fasern (► s. Kap. 4.2), die in der retikulären Schicht dicker sind (► Abb. 17.8). Aus dieser Region steigen Fasern auf, die immer dünner werden und schließlich an der Basallamina enden. Dabei verlieren sie allmählich ihre amorphen Elastinanteile, so dass nur noch die mikrofibrillären Anteile bis zur Basallamina reichen. Auf Grund der hohen Elastizität der Haut ist gewährleistet, dass sie sich bei Ödemen, Gewichtsschwankungen oder in der Schwangerschaft dem Körperrumfang anpasst.

Mit fortschreitendem Alter werden die Kollagenfasern dicker und die Kollagensynthese nimmt ab. Der Elastin-