

**Abbildung 10**

## Die Oberflächenmodifikationen der Lederhaut im Wandsegment

## Abb. 10 a: Proximaler Bereich des Wandsegmentes

Im Grenzbereich vom Kron- zum Wandsegment entspringen die proximalen Kappenpapillen auf niedrigen, parallel angeordneten Lederhautleisten. Diese Basisleisten verlaufen eng nebeneinander in proximodistaler Richtung und gehen kontinuierlich in die Lederhautblättchen des Wandsegmentes über. Proximale Kappenpapillen haben eine fadenförmige Gestalt mit einer maximalen Länge von 300  $\mu\text{m}$ . Ihr Durchmesser beträgt 35 bis 45  $\mu\text{m}$  an der Basis und verjüngt sich im subapikalen Bereich auf 8 bis 15  $\mu\text{m}$ . Den Abschluss bilden proximale Kappenpapillen, die in Form von leistenartigen Erhebungen (**Pfeile**) aus den Firsten (**Stern**) der Lederhautblättchen hervortreten und eine Höhe von 20  $\mu\text{m}$  erreichen.

SEM-Präparat

## Abb. 10 b: In der proximalen Region des mittleren Bereiches des Wandsegmentes

Die Lederhautblättchen sind proximodistal orientiert und stehen parallel nebeneinander. Ihre Höhe beträgt proximal noch 1 mm und vergrößert sich kontinuierlich bis auf 2,5 mm im distalen Bereich des Wandsegmentes.

SEM-Präparat

## Abb. 10 c: Übergang vom mittleren in den distalen Bereich des Wandsegmentes

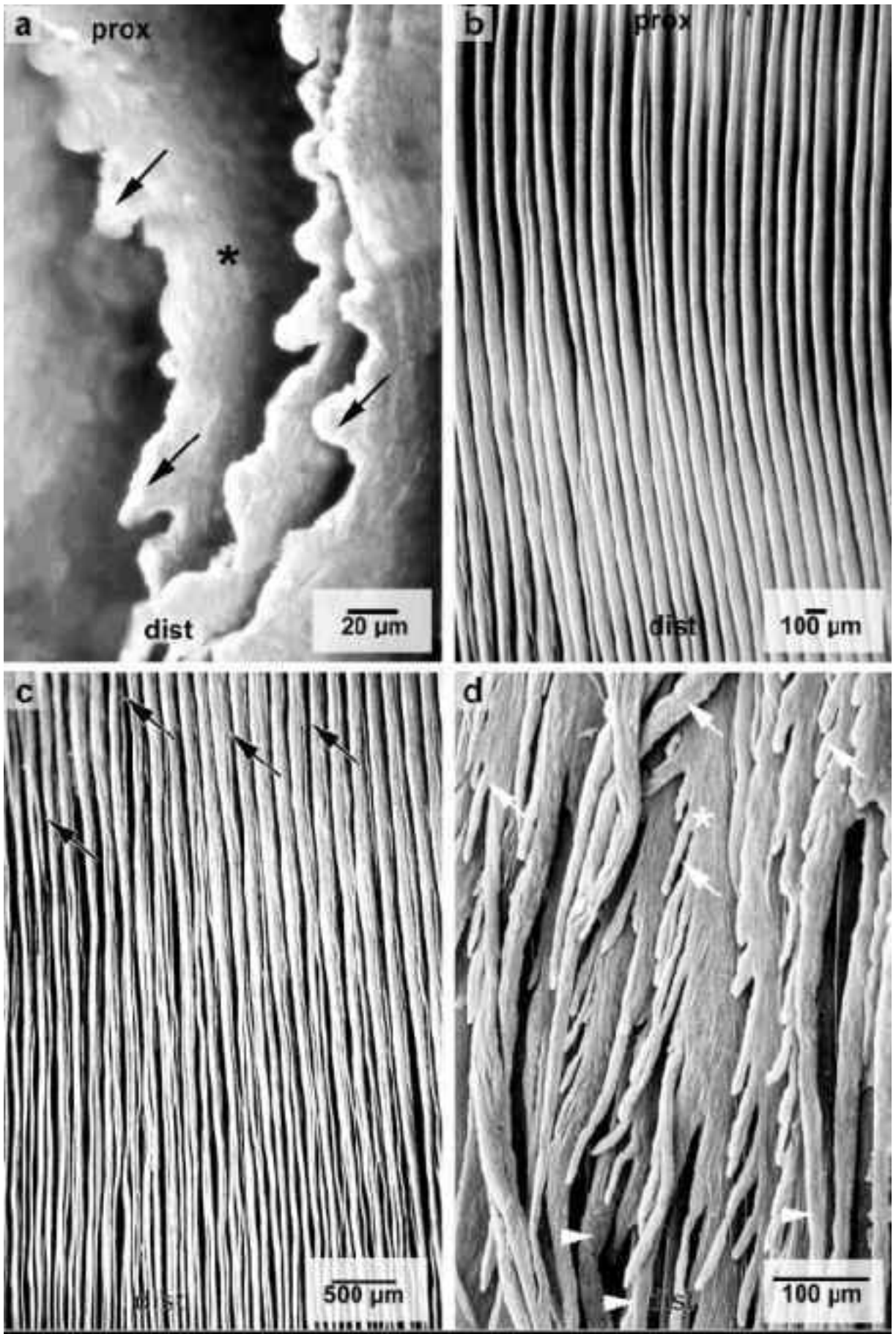
Im mittleren Bereich des Wandsegmentes gabeln sich Lederhautblättchen in 2 bis 3 Nachbarblättchen. Die abgabelnden Blättchen gehen aus der Flanke (**Pfeile**) eines Blättchens hervor und ziehen bei gleicher Form und annähernd gleicher Höhe distal. Im Zehenrückenbereich sowie der abaxialen Wandfläche steigt die Anzahl der Lederhautblättchen um den Faktor 1,5 in proximodistaler Richtung des Wandsegmentes.

SEM-Präparat

## Abb. 10 d: Distaler Bereich des Wandsegmentes

Im distalen Bereich des Wandsegmentes sitzen Kappenpapillen (**weiße Pfeile**) dem First der Lederhautblättchen (**weißer Stern**) auf. Sie sind 100  $\mu\text{m}$  und weiter distal bis zu 700  $\mu\text{m}$  lang und von fadenförmiger Gestalt. Ihre Längsachse weist wie die der proximalen Kappenpapillen distal. Die Anzahl der distalen Kappenpapillen nimmt in proximodistaler Richtung immer mehr zu. Ihr Durchmesser beträgt 40 bis 60  $\mu\text{m}$  an der Basis, der sich im subapikalen Bereich bis auf 20  $\mu\text{m}$  verjüngt. An der Wand-Sohlen-Grenze wird die Reihe der distalen Kappenpapillen durch Terminalpapillen (**weiße Pfeilköpfe**) fortgesetzt, die die geradlinige Fortsetzung der distalen Enden der Lederhautblättchen bilden. Die stärksten Terminalpapillen ragen distal über das Niveau der Klauengrundfläche und erreichen eine Länge von bis zu 800  $\mu\text{m}$ .

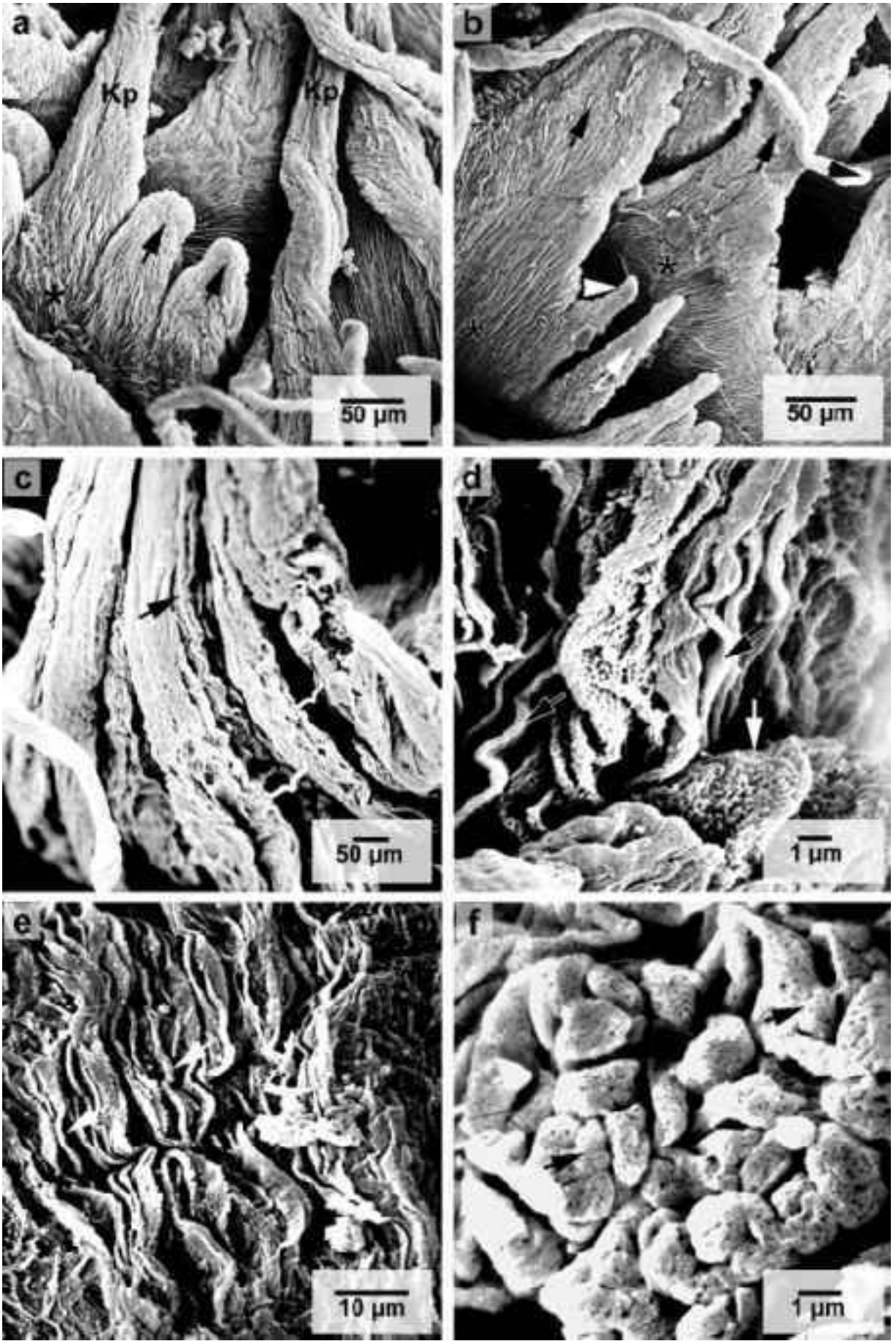
SEM-Präparat



**Abbildung 11**

Die dermoepidermale Grenzfläche und Architektur des Zellverbundes der unverhornten Epidermis im distalen Bereich des Wandsegmentes

- Abb. 11 a: Interpapilläre Lederhautoberfläche im distalen Bereich des Wandsegmentes  
Neben langen schlanken Kappenpapillen (**Kp**) ragen auch warzenartige Papillen (**Pfeile**) aus dem First der Lederhautblättchen (**Stern**) hervor.  
SEM-Präparat
- Abb. 11 b: Interpapilläre Lederhautoberfläche und Oberfläche der dermalen Terminalpapille  
Die Gestalt der Terminalpapille (**Pfeile**) ist langgezogen und bilateral leicht abgeplattet. Oberhalb ihrer breiten Basis (**Sterne**) verjüngt sich die Papille zunehmend bis auf 10 µm im subapikalen Bereich (**Pfeilkopf**). Die um die Hauptpapille formierten Nebentpapillen (**weißer Pfeil**) sind ebenfalls von fadenförmiger Gestalt, erreichen aber nicht die gleiche Länge wie diese. Es sind des Weiteren fadenförmige Sekundärpapillen zu sehen, die aus dem unteren Abschnitt der Terminalpapille hervorgehen (**weißer Pfeilkopf**).  
SEM-Präparat
- Abb. 11 c: Oberfläche der dermalen Terminalpapille  
Die Oberfläche weist an der Basis der Terminalpapille deutlich rinnenförmige, parallel zur Längsachse der Papille angeordnete Einkehlungen auf, die in ihrer Gesamtheit als Kannelierung (**weiße Klammern**) bezeichnet werden. Die Papillenoberfläche wird ebenfalls durch Mikroleisten (**Pfeil**) vergrößert, die in Längsrichtung der Papillenachse ausgerichtet sind und in regelmäßigen Abständen von 10 bis 15 µm zu beobachten sind. Sie verstreichen im oberen Drittel der Terminalpapillen.  
SEM-Präparat
- Abb. 11 d: Interpapilläre Lederhautoberfläche und Oberfläche der dermalen Terminalpapille  
Im basalen Bereich der Hauptpapillen finden sich oftmals warzenförmige Papillenäste (**weißer Pfeil**), die ringförmig um die Terminalpapille angeordnet sind. Die Kannelierung und Mikroleisten (**Pfeile**) dienen der Vergrößerung der Lederhautoberfläche und zusammen mit den Fasereinheiten der Dermis intensivieren sie den Verbund an der dermoepidermalen Grenzfläche.  
SEM-Präparat
- Abb. 11 e: Oberfläche der dermalen Terminalpapille  
Die Oberfläche der Terminalpapille ist durch parallel angeordnete Mikroleisten (**weiße Pfeile**) vergrößert, die in Längsachse der Papillenachse ausgerichtet sind.  
SEM-Präparat
- Abb. 11 f: Dermoepidermale Grenzfläche im Wandsegment  
Die Wurzelfüßchen der Basalzellen (**Pfeile**) sind unregelmäßig geformt und vergrößern die dermoepidermale Grenzfläche. Diese basalen Fortsätze der Basalzellen invaginieren die Dermis und stabilisieren die Verankerung des dermalen mit dem epidermalen Teil des Klauenbeinträgers.  
SEM-Präparat



## **Abbildung 12**

Die Architektur des Zellverbundes der unverhornten Epidermis des Wandsegmentes

Abb. 12 a: Basale Epidermisgrenzfläche am Übergang des Kron- zum Wandsegment

Die Öffnungen für die dermalen Kronpapillen (**Pfeile**) ragen schräg in die Epidermis hinein und sind in Reihen angeordnet, die durch schmale, parallel ausgerichtete Epidermisstege (**Pfeilkopf**) voneinander getrennt sind. Diese Epidermisstege gehen in die Blättchen der Wandepidermis über.

SEM-Präparat

Abb. 12 b: Basale Epidermisgrenzfläche im proximalen Bereich des Wandsegmentes

Die Epidermisstege (**Sternreihe**) stehen in proximodistal orientierten Reihen. Im proximalen Bereich des Wandsegmentes haben die Epidermisstege eine gleichmäßige Breite von 10 bis 15  $\mu\text{m}$  und ihre Oberfläche ist meist glatt. Die Stege stehen in gleichmäßigen Abständen von 100 bis 150  $\mu\text{m}$ . Die spaltartigen Vertiefungen beherbergen wiederum epidermale Invaginationen, die Öffnungen für die dermalen proximalen Kappenpapillen (**Pfeile**) darstellen. Diese Öffnungen sind meist von ovaler Form und 40 bis 50  $\mu\text{m}$  breit. Daneben finden sich auch rundliche Öffnungen (**Pfeilköpfe**) von geringerem Durchmesser.

SEM-Präparat

Abb. 12 c: Basale Epidermisgrenzfläche im mittleren Bereich des Wandsegmentes

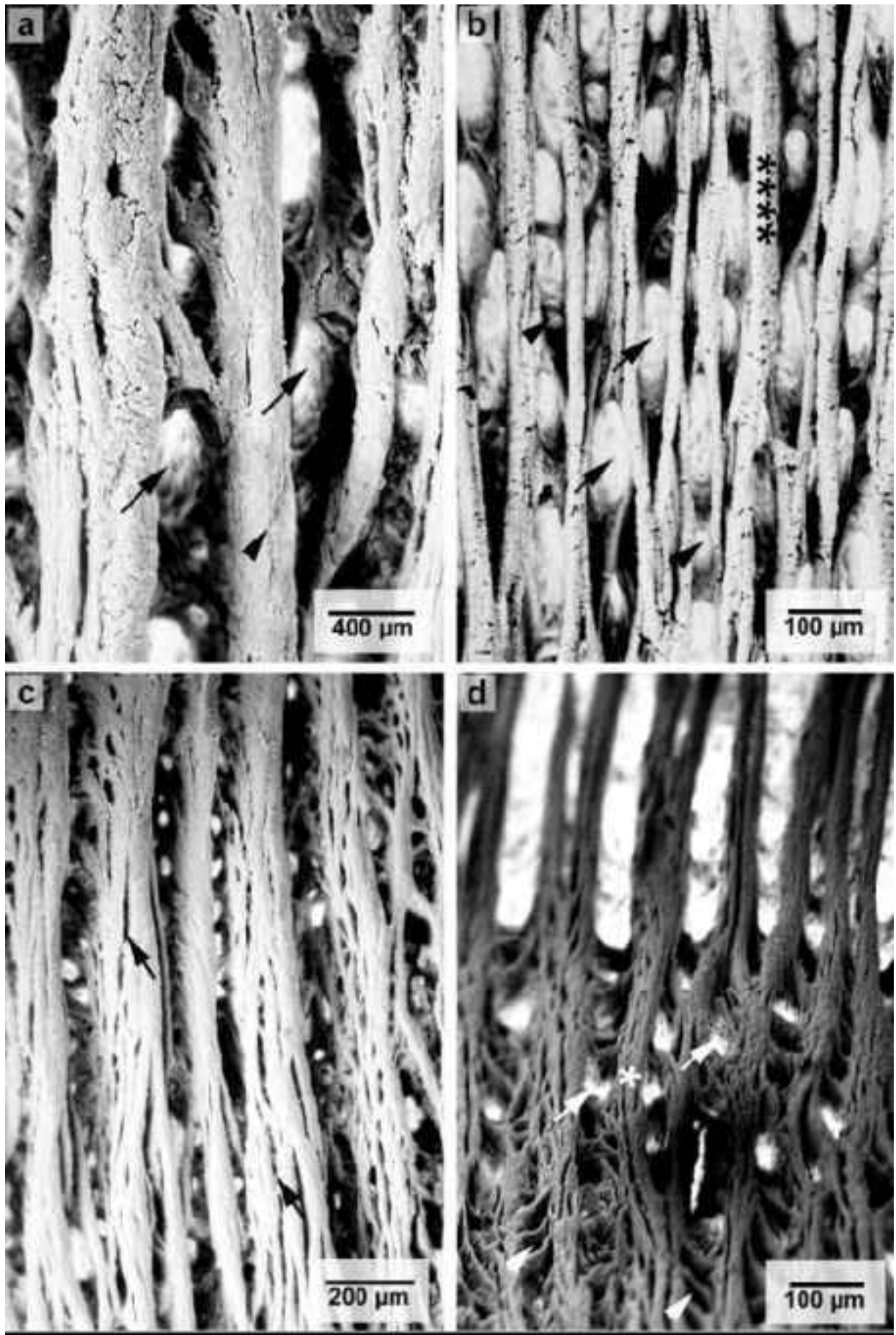
Im Wandsegment ist das Erscheinungsbild der basalen Epidermisgrenzfläche durch einen regelmäßigen Wechsel von Stegen und spaltartigen Vertiefungen charakterisiert. Diese Vertiefungen stellen das Pendant für die hineinragenden dermalen Lederhautblättchen (**Pfeile**) dar.

SEM-Präparat

Abb. 12 d: Basale Epidermisgrenzfläche im distalen Bereich des Wandsegmentes

Zwischen den Öffnungen für die dermalen Terminalpapillen (**weiße Pfeile**) finden sich auch zahlreiche längsovale Öffnungen als Äquivalent für die dermalen Papillenäste (**weiße Pfeilköpfe**), die aus den unteren Abschnitten der Hauptpapille hervorgehen. Die Öffnungen für die dermalen Terminalpapillen werden durch dünne Septen (**weißer Stern**) voneinander getrennt, die eine Breite von bis zu 30  $\mu\text{m}$  haben.

SEM-Präparat



**Abbildung 13**

Die Ultrastruktur der dermoepidermalen Grenzfläche

Die Basalmembran und die epithelialen basalen Zellausläufer formen als mechanische und nutritive Einheit die dermoepidermale Grenzfläche, die die dermalen und epidermalen Anteile des Klauenbeinträgers miteinander verbindet

Abb. 13 a: Die dermoepidermale Grenzfläche wird von der dreischichtigen Basalmembran (**1 bis 3**) sowie der Plasmalemm der Basalzelle (**weißer Pfeil**) und deren Kontakteinheiten, den Hemidesmosomen (**Hd**), gebildet. Die Basalmembran folgt der Kontur der Basalzellen und wird in eine Lamina rara (**3**), Lamina densa (**2**) und Lamina fibroreticularis (**1**) gegliedert. Die Lamina rara ist im Bereich der Hemidesmosomen elektronendichter und schmaler (**weißer Pfeilkopf**) als in den übrigen Arealen der Basalmembran. Der Lamina rara folgt eine gleichmäßig elektronendichte Zone, die Lamina densa, an die sich die Lamina fibroreticularis anschließt.

TEM-Präparat

Abb. 13 b: Die Hemidesmosomen bestehen aus einem intrazellulären Bereich, dem attachment plaque (**weißer Stern**), und einer extrazellulären Komponente, dem sub basal dense plaque (**weißer Pfeilkopf**), der in der Lamina rara liegt. Der attachment plaque wölbt sich als elektronendichter Halbkreis in das Zytoplasma der Basalzelle vor. Innerhalb der Basalzelle ziehen Tonofilamentbündel (**weißer Pfeil**) zu den Haftplatten der Hemidesmosomen, während sich Ankerfibrillen (**Pfeile**) von den Hemidesmosomen bis in die Lamina densa ausdehnen. Die Hemidesmosomen und die filamentären Strukturen optimieren den Zusammenhalt der dermoepidermalen Grenzfläche.

TEM-Präparat

Abb. 13 c: Die basalen zytoplasmatischen Zellausläufer der Basalzellen (**Pfeilköpfe**) formen durch ihre fingerförmigen, verschieden langen, dicht angeordneten Ausstülpungen ein unruhiges Bild der dermoepidermalen Grenzfläche. Die basalen Zellausläufer der Basalzellen sind trajektorieell in Zugrichtung des Klauenbeinträgers (**Pfeile**) ausgerichtet.

(Dermis: **D**; Epidermis: **Ep**)

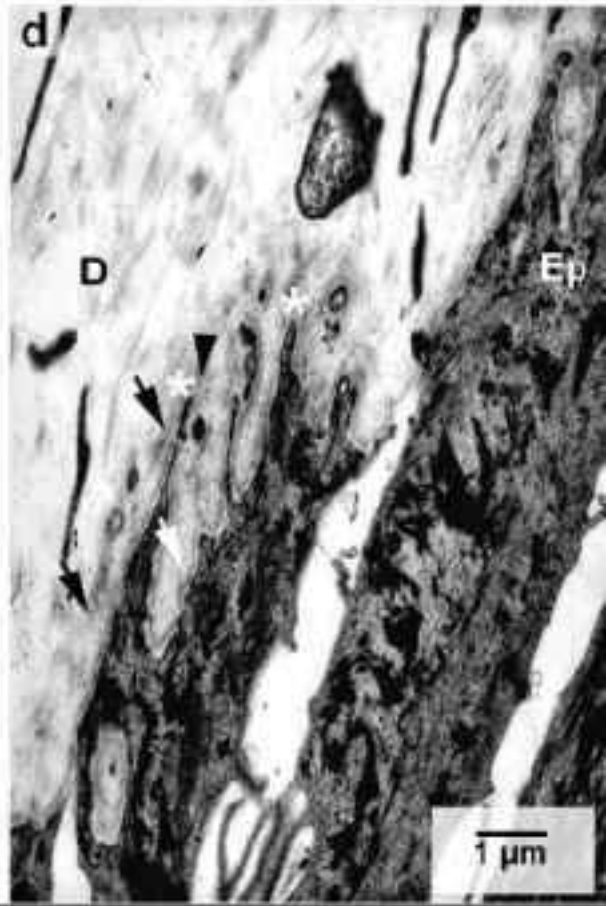
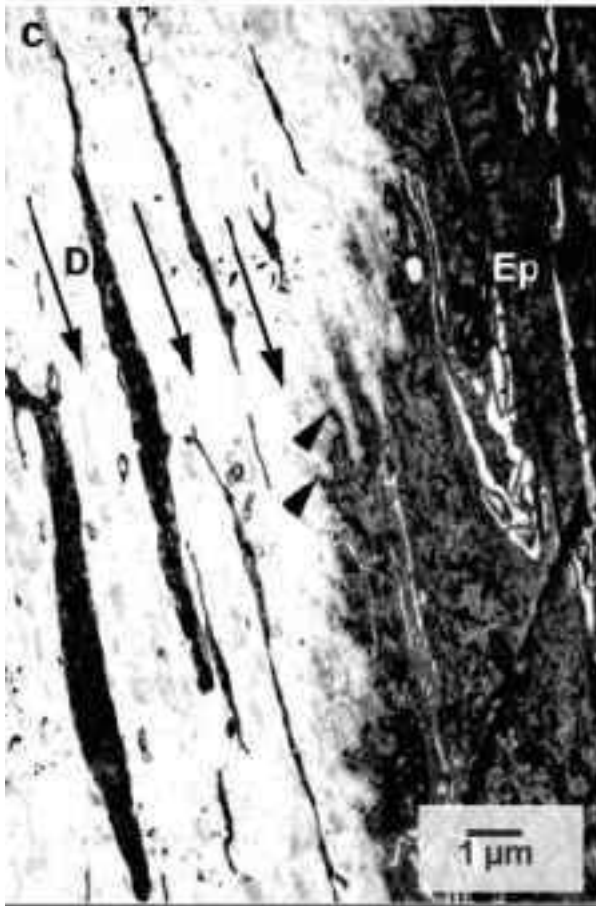
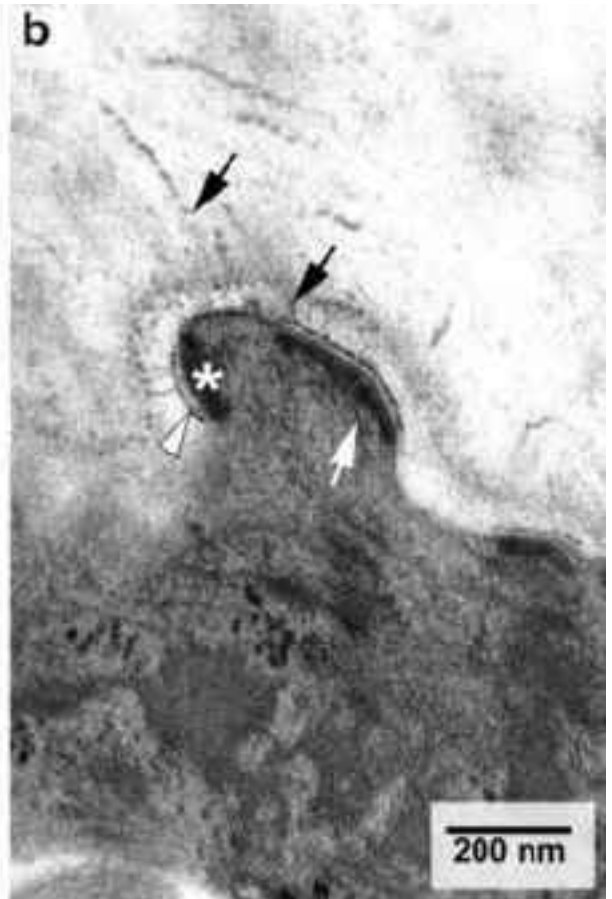
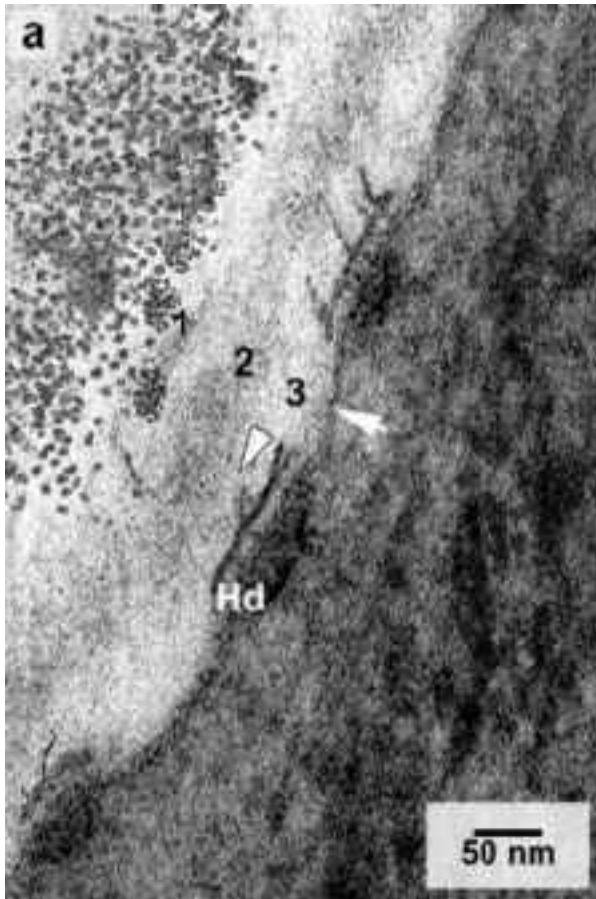
TEM-Präparat

Abb. 13 d: Proteoglykane und filamentäre Strukturen, wie die Kollagenfibrillen (**Pfeile**), Mikrofibrillenbündel (**Pfeilkopf**) und Ankerfibrillen (**weißer Pfeil**) sind Bestandteile der Lamina fibroreticularis (**weiße Sterne**). Ihre höchste Ausdehnung erlangt die Lamina fibroreticularis an den Spitzen der basalen Zellausläufer der Basalzellen im distalen Bereich des Wandsegmentes.

(Dermis: **D**; Epidermis: **Ep**)

TEM-Präparat



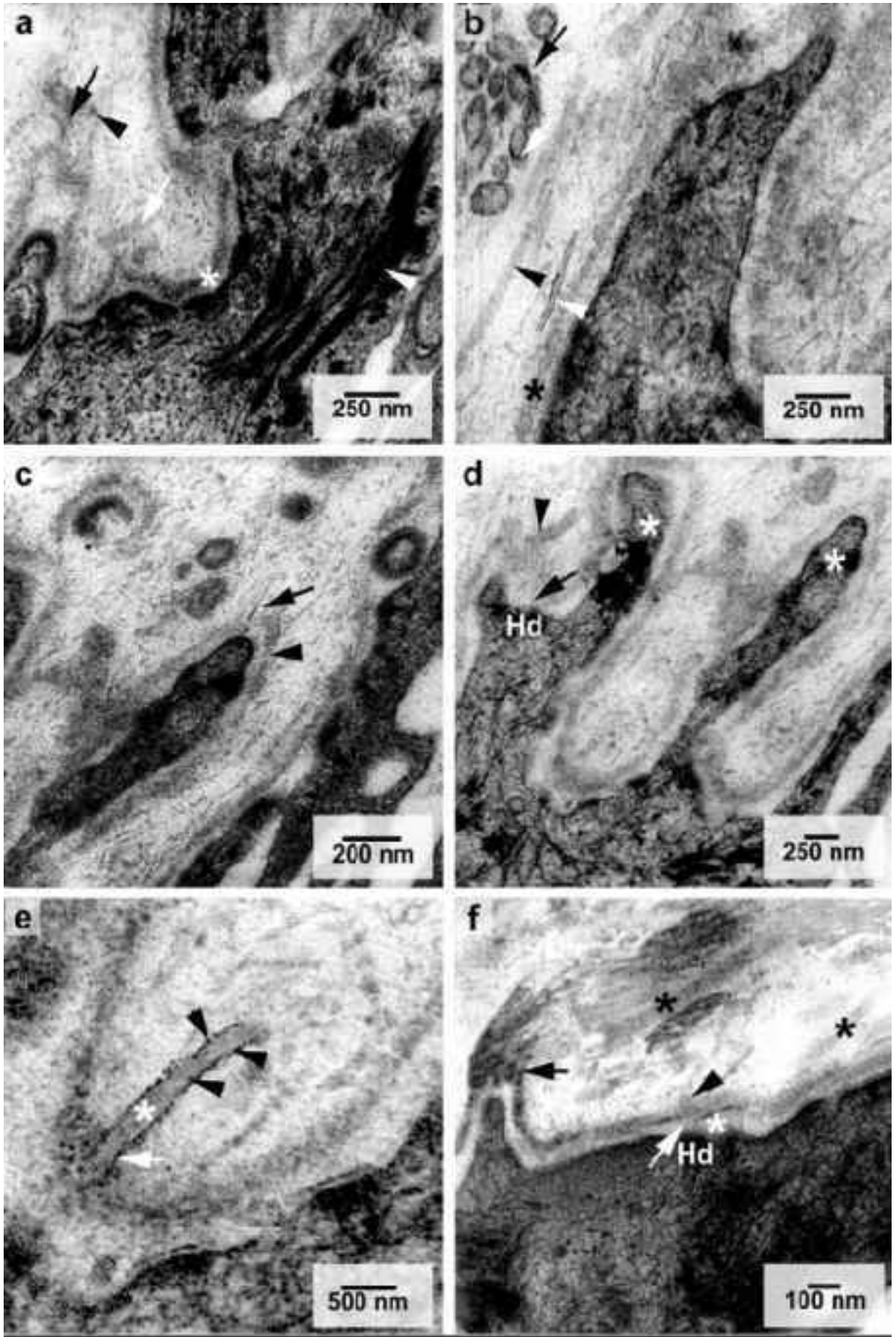




**Abbildung 14**

Die Ultrastruktur der filamentären Strukturen an der dermoepidermalen Grenzfläche

- Abb. 14 a: Mikrofibrillenbündel (**Pfeil**) konzentrieren sich vornehmlich an der Spitze eines basalen Zellausläufers der Basalzelle. Auf der Oberfläche der Mikrofibrillen sind Proteoglykane in Form von elektronendichten Granula (**Pfeilkopf**) zu erkennen. Eine Kollagenfaser (**weißer Pfeil**), die durch ihre Querstreifung zu erkennen ist, grenzt an die Kontur der Basalmembran (**weißer Stern**). Die intrazelluläre Stabilität der Basalzellen wird überwiegend durch trajektorieell in Zugrichtung des Klauenbeinträgers angeordnete Keratinfilamente (**weißer Pfeilkopf**) aufrechterhalten.  
TEM-Präparat
- Abb. 14 b: Quer- (**Pfeil**) und längsverlaufende (**Pfeilkopf**) Kollagenfasern liegen in unmittelbarer Nähe der Basalmembran (**Stern**). Die Kollagenfasern werden von elektronendichten Proteoglykanen (**weißer Pfeil**) umgeben. Parallel zur Kontur der Basalmembran verläuft eine elastische Faser (**weißer Pfeilkopf**), die von Mikrofibrillen ummantelt wird. Die Konzentration der elastischen Fasern ist an der Basis der Lederhautblättchen im distalen Bereich des Wandsegmentes besonders hoch.  
TEM-Präparat
- Abb. 14 c: Ankerfilamente (**Pfeil**) inserieren an der Spitze eines zytoplasmatischen basalen Zellausläufers der Basalzelle in der Lamina densa (**Pfeilkopf**) der Basalmembran.  
TEM-Präparat
- Abb. 14 d: Ankerfilamente (**Pfeilkopf**) umschließen ringförmig die Kollagenfaser, die an die Basalmembran grenzt. Ankerfilamente (**Pfeil**) ziehen von den Hemidesmosomen (**Hd**) bis in die Lamina densa hinein. Die basalen Zellausläufer der Basalzellen (**weiße Sterne**) wie auch die filamentären Strukturen der Dermis sind trajektorieell in Zugrichtung angeordnet. Die Basalzellen besitzen unterschiedlich hohe und breite basale zytoplasmatische Zellausläufer, wobei die höchsten jeweils an der Basis der Lederhautblättchen im distalen Bereich des Wandsegmentes zu erkennen sind.  
TEM-Präparat
- Abb. 14 e: Die elastische Faser besteht aus einem zentralen amorphen Elastinkern (**weißer Stern**) und einem Überzug aus Mikrofibrillen (**Pfeilköpfe**). Die Insertion der elastischen Faser erfolgt über Mikrofibrillen, die bis in die Lamina densa (**weißer Pfeil**) ziehen.  
TEM-Präparat
- Abb. 14 f: Auf der Spitze eines basalen Zellausläufers der Basalzelle inserieren Mikrofibrillenbündel (**Pfeil**) in der Lamina densa der Basalmembran. Ankerfilamente (**weißer Pfeil**) ziehen von den Hemidesmosomen (**Hd**) durch die Lamina rara (**weißer Stern**) und Lamina densa bis in die Lamina fibroreticularis (**Pfeilkopf**) hinein. Kollagenfasern (**Sterne**) nähern sich im spitzen Winkel der Basalmembran.  
TEM-Präparat



**Abbildung 15**

## Strukturelle Besonderheiten der Basalmembran

Abb. 15 a: Die Basalmembran ist auf einem längeren Abschnitt dupliziert (**Pfeile**). Die Verdopplung betrifft alle Komponenten der Basalmembran. Die äußere Lamina densa (**Pfeilkopf**) ist elektronendichter und an ihr inserieren sehr viel mehr Ankerfibrillen (**weißer Pfeil**) als an der inneren, epidermisnahen Lamina densa (**weißer Pfeilkopf**).

TEM-Präparat

Abb. 15 b: Die Verdoppelung betrifft sowohl die Lamina densa als auch die Lamina fibroreticularis (**Stern**), wobei die verdoppelte Lamina densa (**Pfeil**) den epidermisnahen Teil der Lamina fibroreticularis umschließt. Die verdoppelte Lamina densa ist dicker, elektronendichter und nimmt einen wellenartigen Verlauf. In der verdoppelten Lamina fibroreticularis inserieren mehr Mikrofibrillenbündel (**Pfeilkopf**) als in der epidermisnahen Lamina fibroreticularis.

TEM-Präparat

Abb. 15 c: Eine Schleifen- oder Loopingbildung (**Pfeile**) stellt eine Verdoppelung der Lamina densa dar und ist besonders an der Spitze eines basalen Zellausläufers (**weißer Stern**) einer Basalzelle anzutreffen. Die Schenkel der Schleife sind in zwei benachbarten Hemidesmosomen (**weiße Pfeilköpfe**) verankert. Das Innere der Schleife (**Stern**) entspricht der Ultrastruktur des feingranulären Materials der Lamina rara.

TEM-Präparat

Abb. 15 d: Lamina densa-Extensionen (**Pfeile**) können besonders an der Spitze der basalen Zellausläufer der Basalzellen beobachtet werden, die durch die Anlagerung elektronendichten Materials an die Lamina densa entstehen. Ihr Vorkommen ist mit einem vermehrten Auftreten von Mikrofibrillenbündeln (**Pfeilkopf**) in diesem Bereich gekoppelt. Diesen Lamina densa-Extensionen benachbart, finden sich vermehrt Hemidesmosomen (**weiße Pfeile**) und Ankerfibrillenbündel (**weiße Pfeilköpfe**).

TEM-Präparat

