

H. Abbildungen

Rasterelektronenmikroskopische Abbildungen

1. Oberfläche der „reticulate scales“
 - 1a biotinsupplementiertes Hühnerküken
 - 1b Biotinmangeltier

2. Papillarkörper der „reticulate scales“
 - 2a biotinsupplementiertes Hühnerküken
 - 2b Biotinmangeltiere

3. Kongruente Epidermisstruktur zum Papillarkörper
 - 3a biotinsupplementiertes Hühnerküken
 - 3b Biotinmangeltier

Lichtmikroskopische Abbildungen

4. Schnitte durch den Metatarsalballen, H. E.-Färbung
 - 4a biotinsupplementiertes Hühnerküken
 - 4b Biotinmangeltier

5. Semidünnschnitt des Metatarsalballens eines Biotinmangeltieres

6. Schnitte durch den Metatarsalballen, PAS-Nachweis
 - 6a, b biotinsupplementiertes Hühnerküken
 - 6c, d Biotinmangeltier

-
7. Fettnachweis (Sudanschwarz B; 7a, c) und Fettdifferenzierung
(Nilblausulfat; 7b, d)
- 7a, b biotinsupplementiertes Hühnerküken
7c, d Biotinmangeltier
8. Longitudinalschnitt durch die dorsale Schuppenhaut des Tarsometatarsus
von einem biotinsupplementierten Tier; Sudanschwarz B

Transmissionselektronenmikroskopische Abbildungen

Die befiederte Haut

- 9a Übersicht
9b Basalzellen
- 10a Basalzellen
10b Spinosazellen
- 11a, b, c „multigranular bodies“ der Spinosazellen
- 12a, b obere Spinosazellen und Transitivumzellen
- 13a, b, c Hornzellen
- 14a, b, c „multigranular bodies“ in den jungen Hornzellen

Metatarsalballen von biotinsupplementierten Hühnerküken

- 15a, b Lederhaut und Basalzellen
- 16a, b, c Spinosazellen aus dem unteren Drittel des Stratum spinosum und „multigranular bodies“ der Spinosazellen
- 17, 18 Spinosazellen aus dem oberen Drittel des Stratum spinosum sowie „multigranular bodies“ und Fettansammlungen
- 19a, b Hornzellen

Metatarsalballen von Biotinmangelhühnern

- 20a, b Basal- und Spinosazellen
- 21a, b Spinosazellen
- 22a, b, c Spinosazellen des oberen Drittels des Stratum spinosum
- 23a, b Stratum spinosum, Gefäßanschnitt in der Dermis

Transmissionselektronenmikroskopischer ATPase-Nachweis in Gefäßen der Lederhaut

- 24a biotinsupplementiertes Tier
- 24b Biotinmangeltier

Abbildungen 1

Metatarsalballen

Abb. 1a:

Die „reticulate scales“ von biotinsupplementierten Hühnern sind flach und stehen eng nebeneinander. Geringgradige Einziehungen der Schuppenoberflächen sind Artefakte, die während der Fixation und Trocknung der Hautproben entstanden sind. Die Hornzellen lösen sich in kleinen Schüppchen (**Pfeilkopf**) von der Hautoberfläche ab.

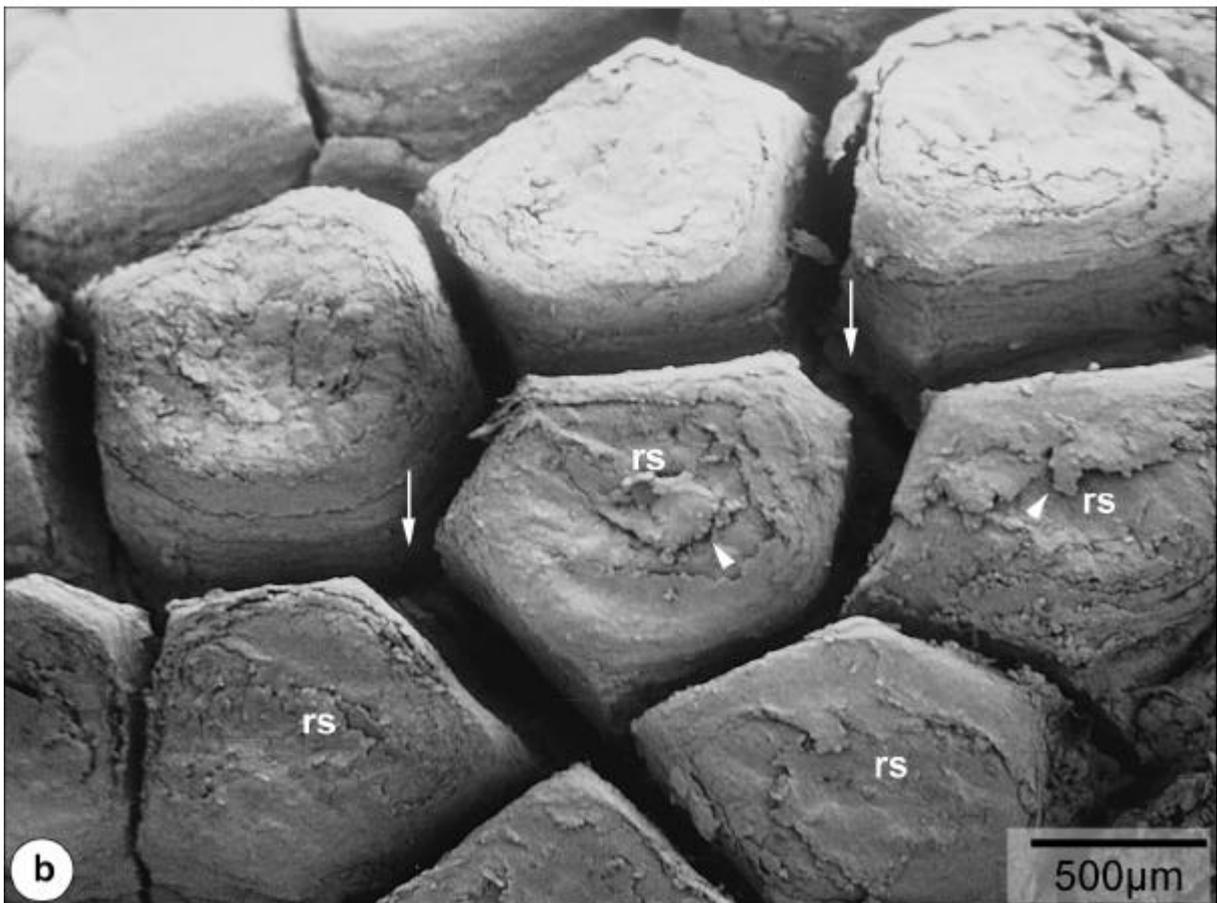
rs: „reticulate scales“

SEM-Präparat

Abb. 1b:

Die einzelnen „reticulate scales“ am Metatarsalballen der Biotinmangelhühner sind durch tiefe Furchen (**Pfeil**) voneinander getrennt. Die alten Hornzellen lösen sich in relativ großen Hornteilen von der Hautoberfläche ab (**Pfeilkopf**).

SEM-Präparat



Abbildungen 2

Aufsicht auf den Papillarkörper der „reticulate scales“ am Metatarsalballen

Abb. 2a:

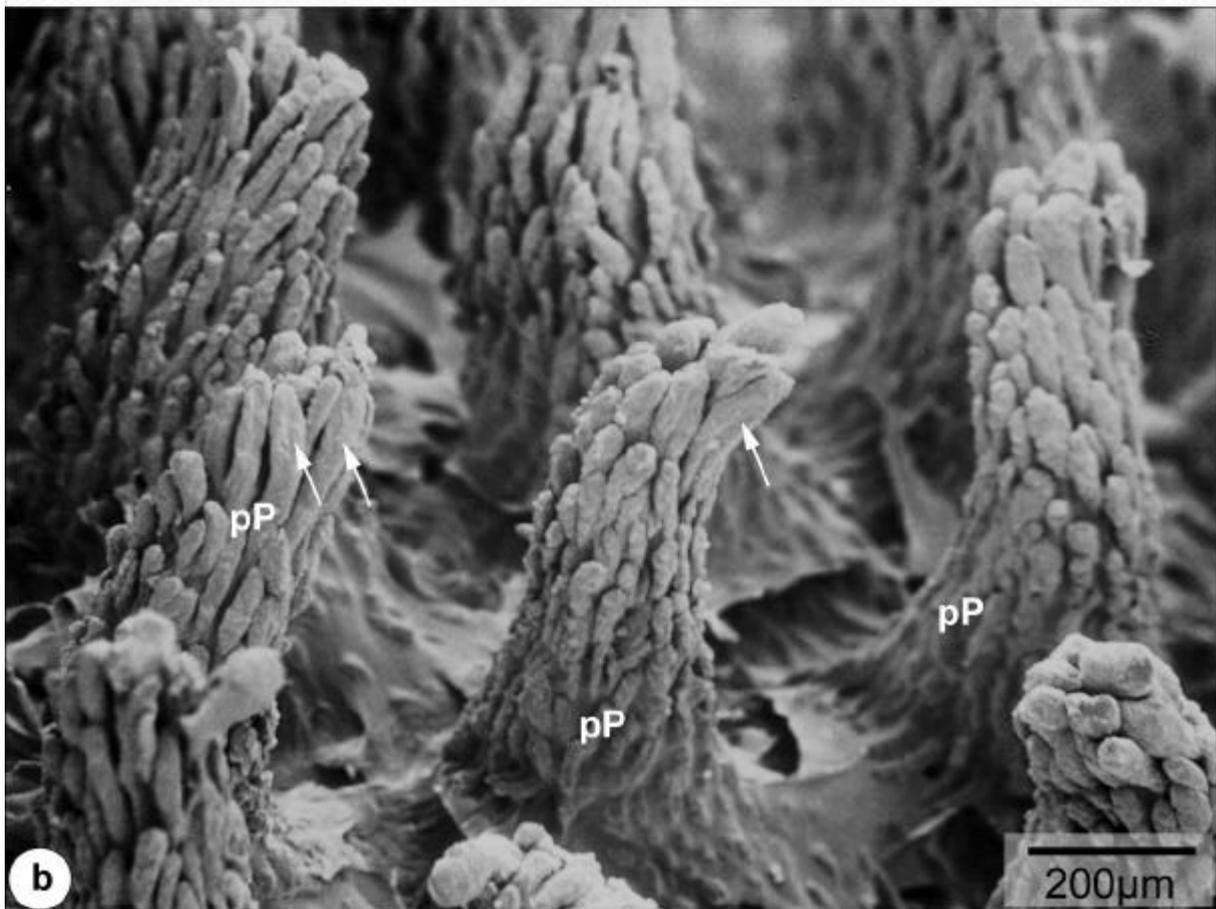
Der Papillarkörper des Metatarsalballens von biotinsupplementierten Hühnern besteht aus kuppelförmigen, primären Lederhautpapillen (**pP**), die eine breite Basis besitzen und sich zur Hautoberfläche hin geringfügig verjüngen. Die Oberfläche der primären Lederhautpapillen weist kleine Untereinheiten auf, die sekundäre Papillen (**Pfeil**) genannt werden sollen.

SEM-Präparat

Abb. 2b:

Die primären Lederhautpapillen (**pP**) des Papillarkörpers des Metatarsalballens bei Biotinmangelhühnern sind im Ganzen schmaler und verlängert. Damit reichen sie weiter in die darüberliegende Epidermis hinein. Die sekundären Lederhautpapillen (**Pfeilkopf**) sind ebenfalls verlängert.

SEM-Präparat



Abbildungen 3

Äquivalente Epidermisstruktur zum Papillarkörper des Metatarsalballens

Abb. 3a:

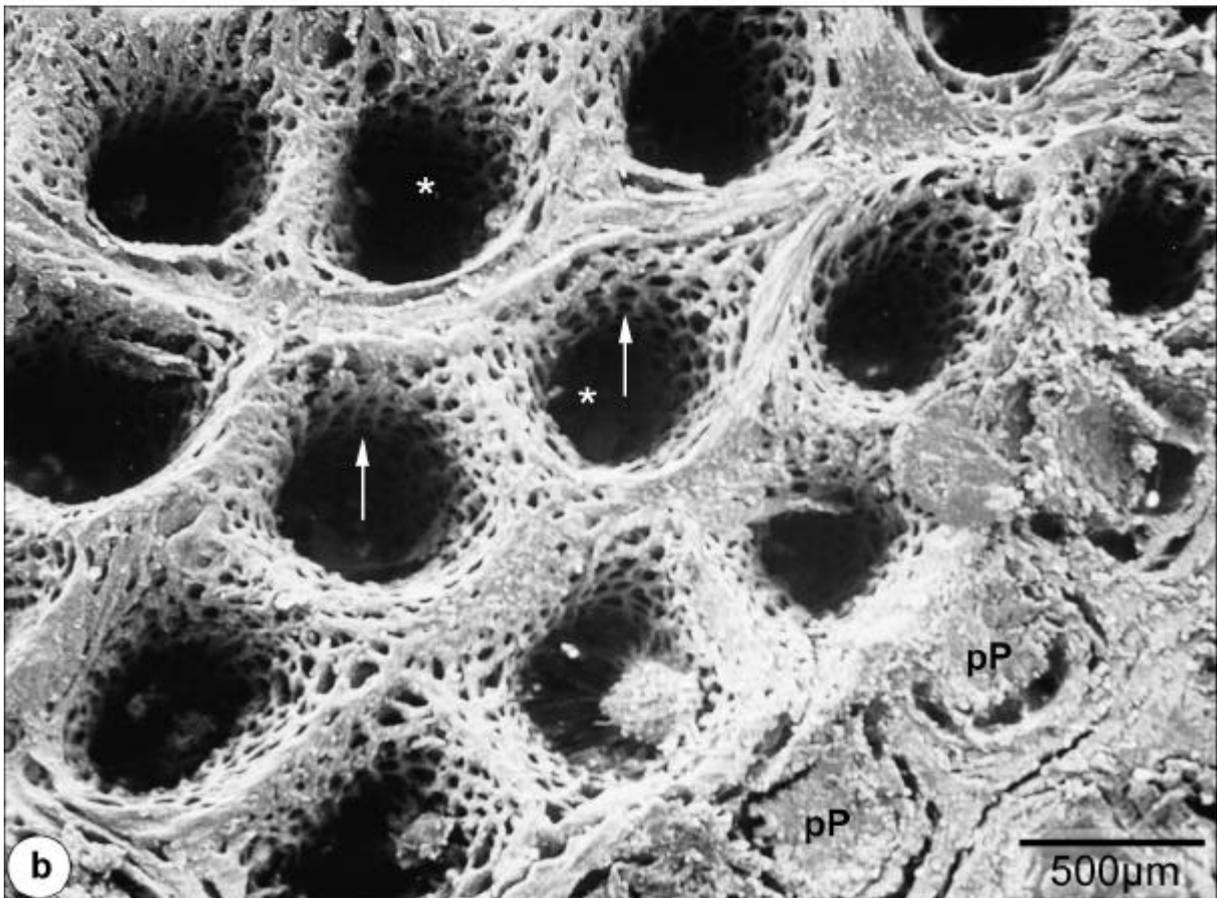
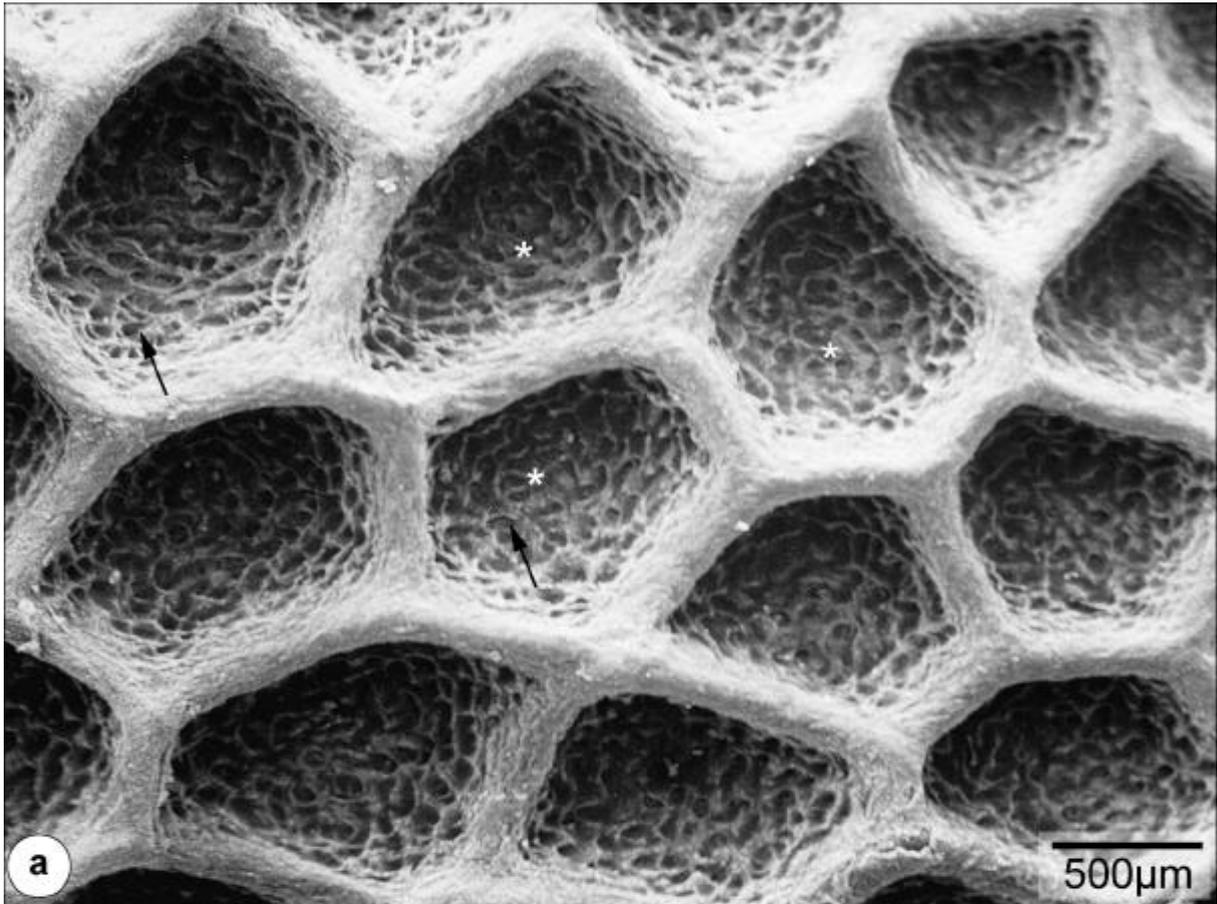
Die Aufsicht auf die innere Epidermisoberfläche zeigt die Vertiefungen in die unverhornte Epidermis zur Aufnahme der primären (**Stern**) und sekundären Lederhautpapillen (**Pfeil**). Bei den biotinsupplementierten Tieren sind die Grenzen zwischen den Vertiefungen für die primären Papillen solide aufgebaut. Die Epidermis ist von der Dermis vollständig getrennt.

SEM-Präparat

Abb. 3b:

Die äquivalente Epidermisstruktur zum Papillarkörper bei Biotinmangelhühnern zeigt röhrenähnliche Vertiefungen (**Stern**), die die schmalen und verlängerten dermalen Papillen aufnehmen. Die Trennung beider Hautkomponenten erfolgt teilweise nur unvollständig, so daß einige primäre, dermale Papillen (**pP**) in den epidermalen Röhren verbleiben (rechts unten im Bild). In der Wand der röhrenförmigen Epidermisvertiefungen treten viele kleine, seitliche Nebenvertiefungen zur Aufnahme der verlängerten, sekundären dermalen Papillen auf (**Pfeil**). Die Grenzbereiche zwischen den röhrenförmigen Vertiefungen weisen größtenteils auch kleine Nebenvertiefungen auf.

SEM-Präparat



Abbildungen 4

Metatarsalballen, Bereich der „reticulate scales“

Abb. 4a:

Das dermale Stratum reticulare des Metatarsalballens bildet einen deutlichen Papillarkörper (**Stern** ? dermale, primäre Papille) aus. Die „reticulate scales“ liegen in Präparaten von biotinsupplementierten Hühnern eng beieinander. Der interpapilläre Bereich der Epidermis weist nur flache Einziehungen zwischen den Schuppen auf (**Pfeil**).

Ep = Epidermis, **Ko** = Korium (Dermis, Lederhaut), **Sk** = Subkutis

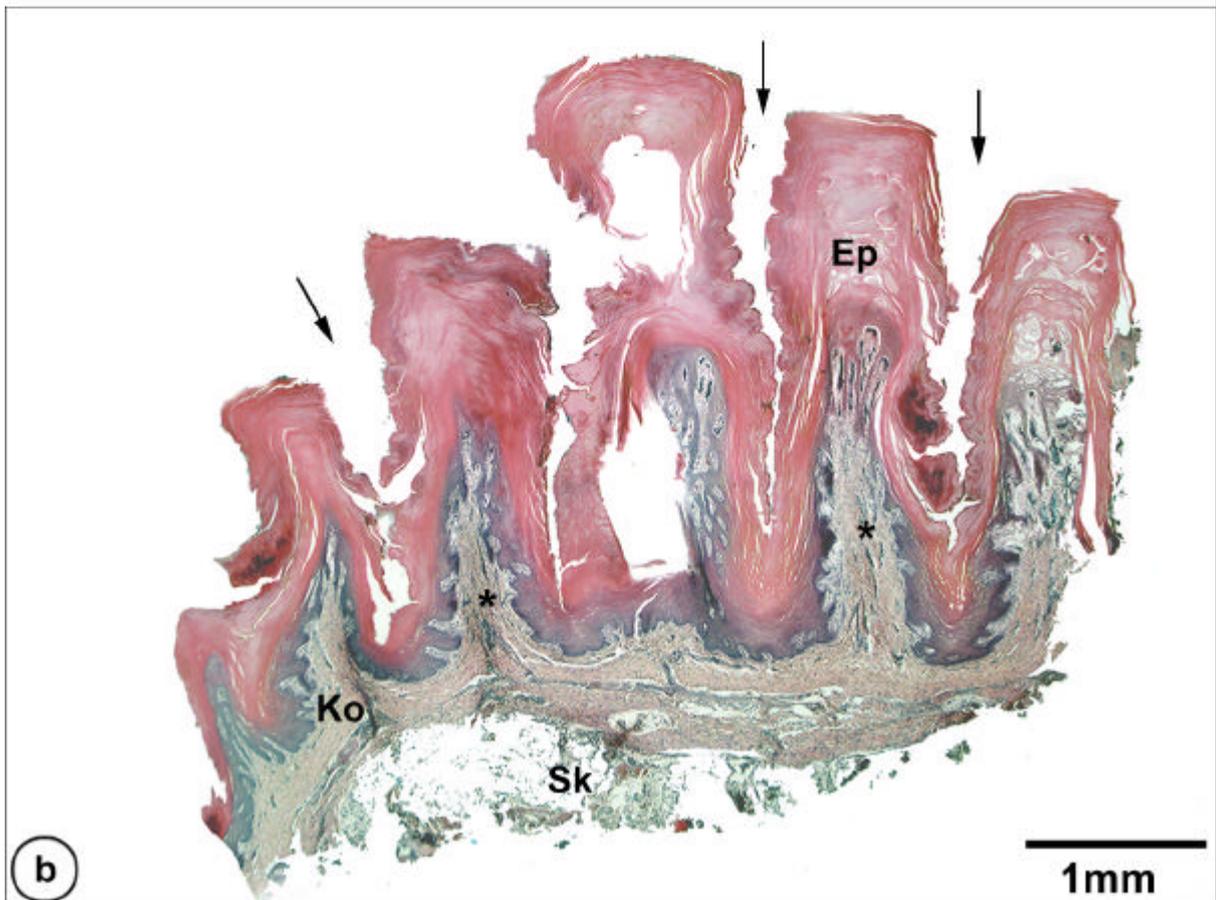
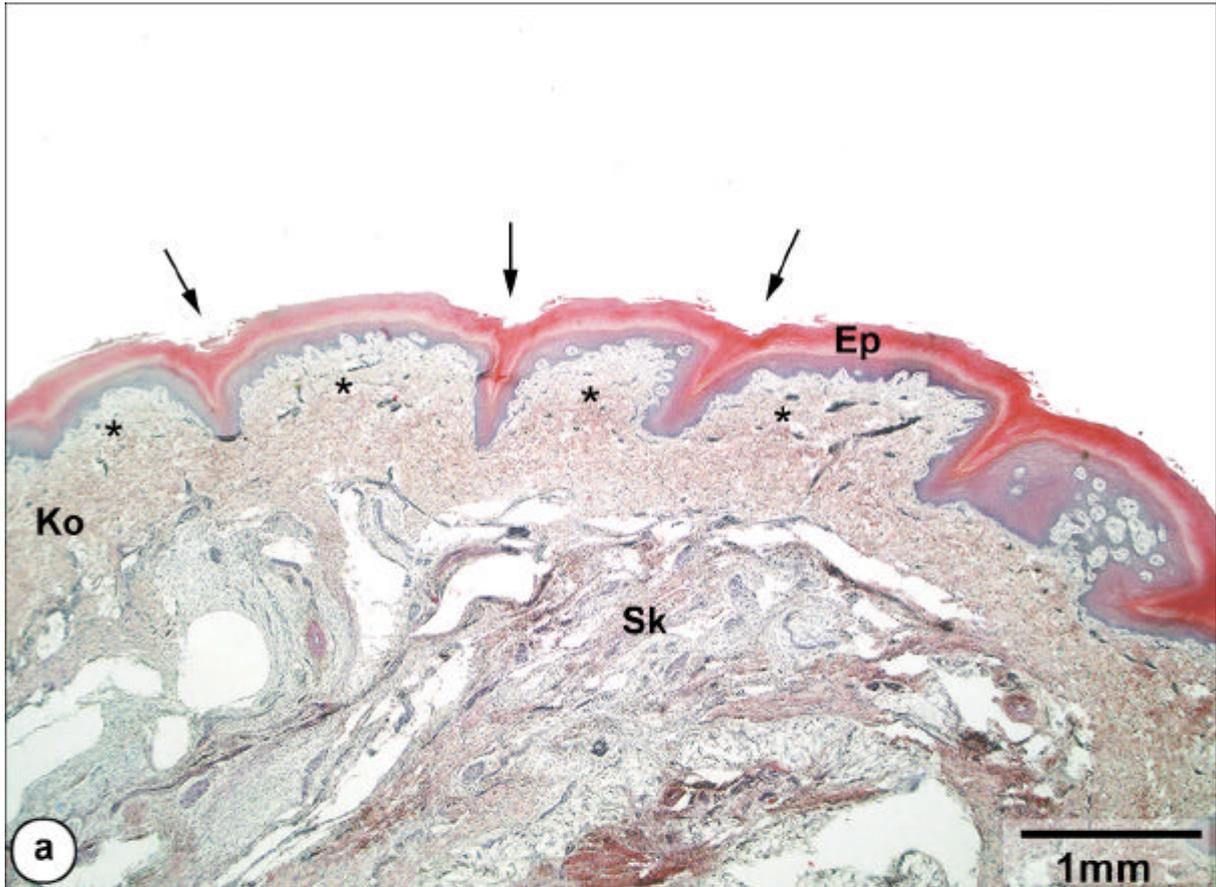
H. E.-Färbung

Abb. 4b:

Das Stratum reticulare ist bei Biotinmangeltieren stark verändert. Die primären Lederhautpapillen (**Stern**) sind durch die vergrößerten und verlängerten sekundären Lederhautpapillen stark zergliedert. Wie schon im rasterelektronenmikroskopischen Bild (Abb. 2) zu sehen, ist die Papillenbasis verschmälert und die primären Papillen ragen weit in die verbreiterte Epidermis (**Ep**) vor. Die einzelnen „reticulate scales“ sind durch tiefe Sulci deutlich voneinander getrennt (**Pfeil**). **Ko** = Korium,

Sk = Subkutis

H. E.-Färbung



Abbildungen 5

Metatarsalballen eines Biotinmangeltieres (Semidünnschnitt)

Abb. 5a:

Blick auf einen suprapapillären Epidermisbereich (**spEp**) mit der entsprechenden Lederhautpapille (**Ko**). Im Stratum intermedium (**St. i.**) sind deutlich blasige Erweiterungen sichtbar, die teils hell (5d), teils dunkelgrau (5c) darzustellen sind.
St. c. = Stratum corneum

Abb. 5b: (Vergrößerung aus Abb. 5a)

Im Stratum basale (**St. b.**) und in den darüberliegenden Zellen des Stratum intermedium (**St. i.**) ist deutlich ein erweiterter Interzellularraum zu sehen. Im Bereich der dermalen Papille kommen eine große Anzahl von Kapillaranschnitten (**G**) vor, die überwiegend prall mit Erythrozyten angefüllt sind.

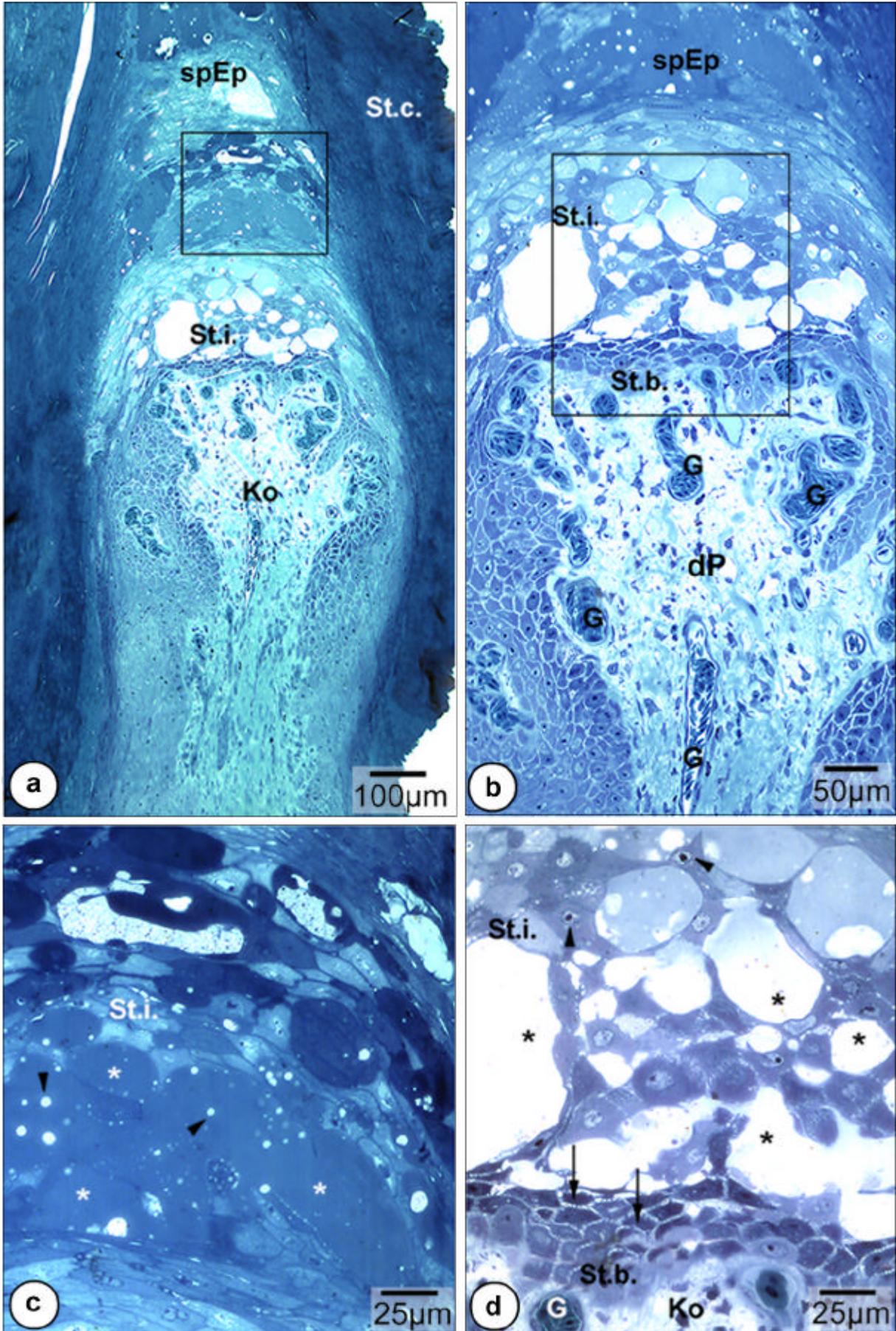
Abb. 5c: (Einleger aus 5a)

Abgebildet ist der Bereich der großblasigen Veränderungen (**Stern**) im Bereich der suprapapillären Epidermis im oberen Stratum intermedium (**St. i.**). In ihnen sind zahlreiche runde und helle Herauslösungen (**Pfeilkopf**) vorhanden.

Abb. 5d: (Einleger aus 5b)

Abgebildet ist der Bereich der großblasigen Veränderungen (**Stern**) im Bereich der suprapapillären Epidermis im unteren Stratum intermedium (**St. i.**). In dieser Abbildung wird deutlich, daß die „hellen Blasen“ mit dem Interzellularraum verbunden sind. Pyknotische Kerne (**Pfeilköpfe**) der epidermalen Zellen sind deutlich im Stratum intermedium zu sehen. Erweiterte Interzellularräume (**Pfeile**) werden auch zwischen den Basal - und Intermediumzellen beobachtet.

G = Gefäße, **Ko** = Korium, **St. b.** = Stratum basale



Abbildungen 6

Metatarsalballen (PAS-Nachweis)

Abb. 6a:

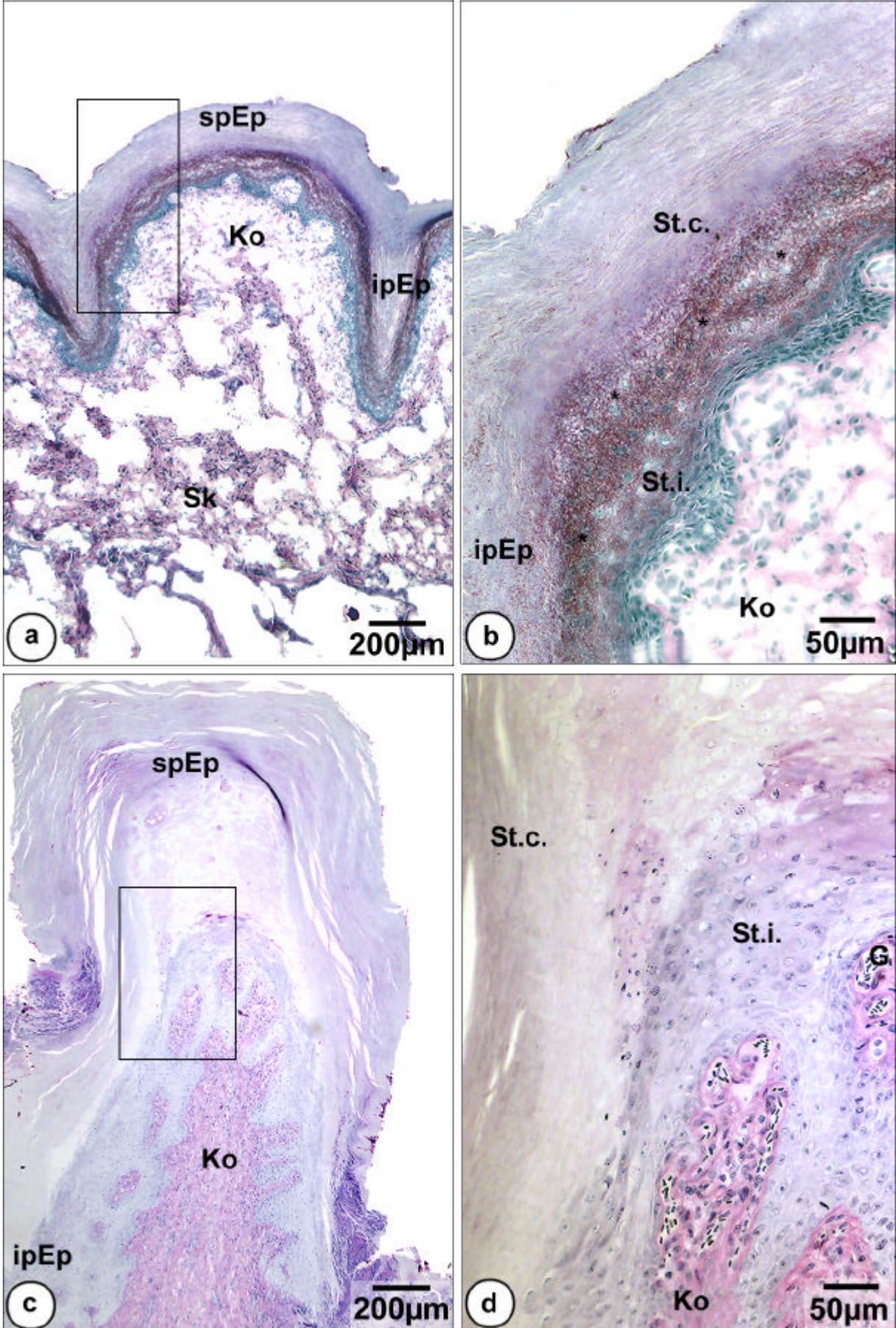
Die Epidermis des Metatarsalballens lässt sich in einen suprapapillären Abschnitt (**spEp**) und einen interpapillären Abschnitt (**ipEp**) einteilen. Der suprapapilläre Abschnitt liegt oberhalb der Lederhautpapillen, die interpapilläre Epidermis zwischen den Papillen des Koriums (**Ko**).

Abb. 6b: (Vergrößerung aus 6a)

Bei den untersuchten biotinsupplementierten Hühnerküken sind PAS-positive Reaktionsprodukte (**Sterne**) im Stratum intermedium (**St. i.**) und im jungen Stratum corneum (**St. c.**) innerhalb der gesamten Epidermis (**Ep**) nachweisbar.

Abb. 6c, Abb. 6d: (Vergrößerung aus 6c)

In der suprapapillären (**spEp**) und interpapillären Epidermis (**ipEp**) der Metatarsalballen von Biotinmangeltieren fehlen die PAS-positiven Reaktionsprodukte völlig. **Ko** = Korium, **St. i.** = Stratum intermedium, **St. c.** = Stratum corneum, **G** = Kapillaranschnitte mit den für Geflügel typischen kernhaltigen Erythrozyten.



Abbildungen 7

Metatarsalballen eines biotinsupplementierten Hühnerküchens

Abb. 7a:

Sowohl die lebende Epidermis als auch das Stratum corneum (**St. c.**) reagieren stark lipophil. In der lebenden Epidermis kommen vor allem intrazellulär Lipide vor, während das Stratum corneum auch in den Interzellularräumen eine starke Lipophilie aufweist. **Ko** = Korium, **Sk** = Subkutis

Sudanschwarz B-Färbung

Abb. 7b:

Bei dem Nilblausulfat-Nachweis zeigt das Stratum corneum (**St. c.**) der biotinsupplementierten Tiere eine Reaktion auf neutrale (rot) - und saure (polare) Lipide (blau). **Ko** = Korium, **Sk** = Subkutis

Gefrierschnitt

Metatarsalballen eines Biotinmangelküchens

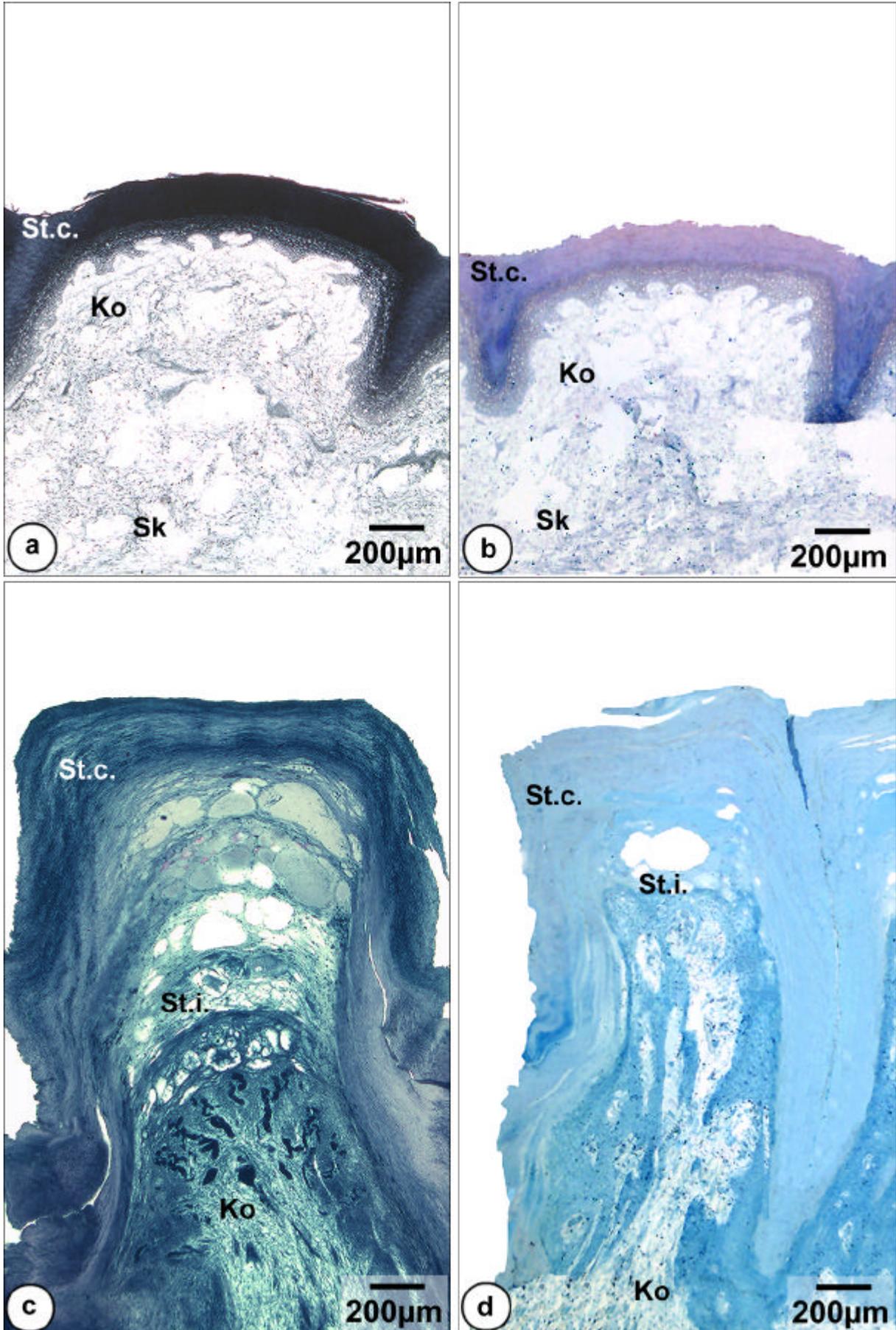
Abb. 7c:

Im Bereich der großblasigen Veränderungen im Stratum intermedium (**St. i.**) der suprapapillären Epidermis ist der Fettgehalt verringert. Das alte Stratum corneum (**St. c.**) färbt sich hingegen stark dunkelgrau an, was für einen großen Fettgehalt spricht. **Ko** = Korium

Sudanschwarz B-Färbung

Abb. 7d:

Das Stratum corneum (**St. c.**) der Metatarsalballen von Biotinmangeltieren hingegen lässt keine Zunahme an neutralen Lipiden während des Differenzierungsprozesses der Epidermis erkennen, da keine rote Färbereaktion im Stratum corneum erzielt werden konnte. **Ko** = Korium



Abbildungen 8

Bereich der „scutate scales“ dorsal am Tarsometatarsus

Abb. 8a:

Der Schnitt zeigt den Übergang vom äußeren Epidermisabschnitt (**äEp**) über die Scharnierregion (**h = hinge**) zum inneren Epidermisabschnitt (**iEp**) dieser sich überlappenden Schuppen. Die äußere Epidermis weist im Stratum basale eine große Anzahl an Lipidtropfen (**Pfeil**) auf. Die Basalzellen der Scharnierregion und der inneren Epidermis besitzen nur wenige Lipidtropfen. Herbstkörperchen (**H**) sind Mechanorezeptoren der Hühnerepidermis.

Sudanschwarz B-Färbung

Abb. 8b:

Die Lipidtropfen in dem äußeren Epidermisabschnitt der „scutate scales“ sind überwiegend basal in den Basalzellen (**St. b.**) angeordnet und drängen den Zellkern nach oben. Die Zahl der Lipide nimmt im Stratum intermedium (**St. i.**) abrupt ab.

St. c. = Stratum corneum, **Ko** = Korium

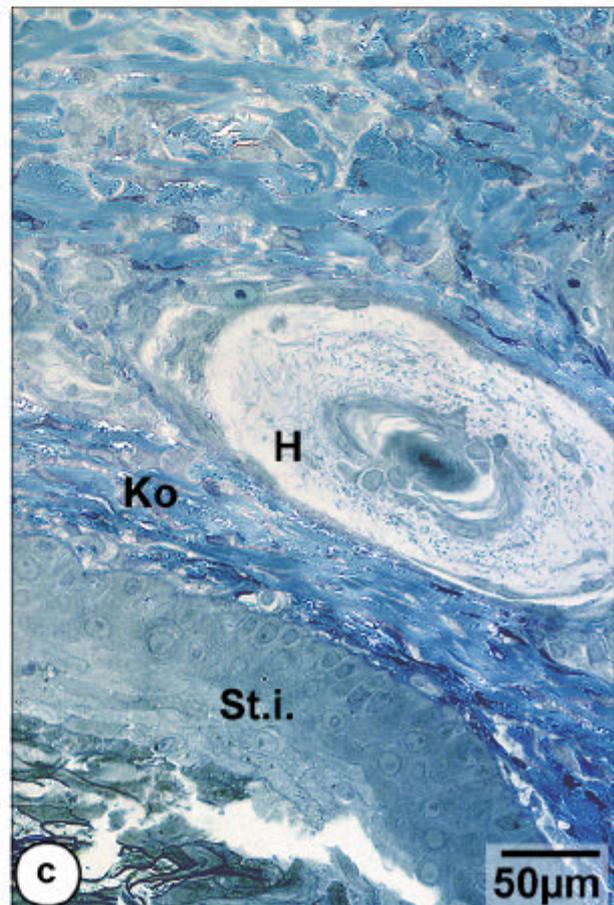
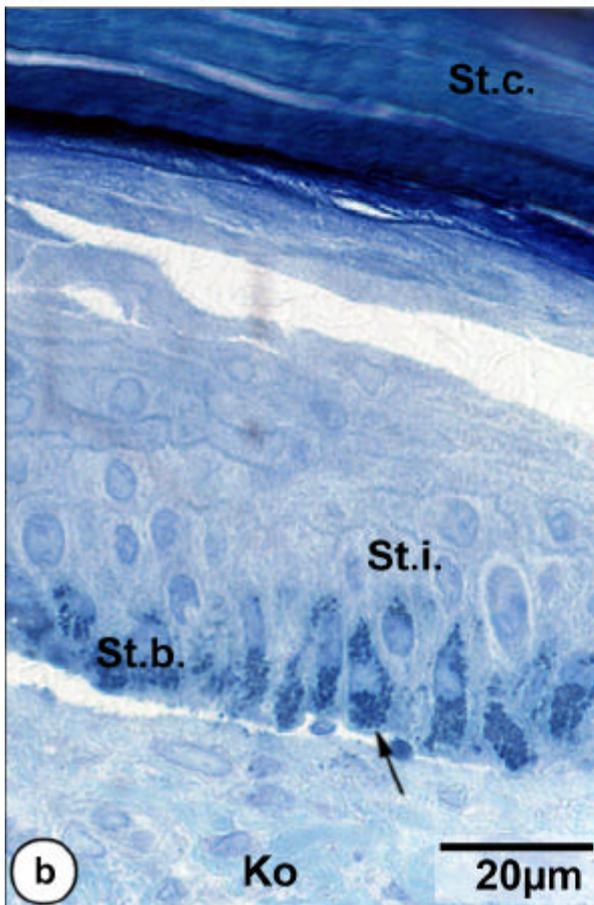
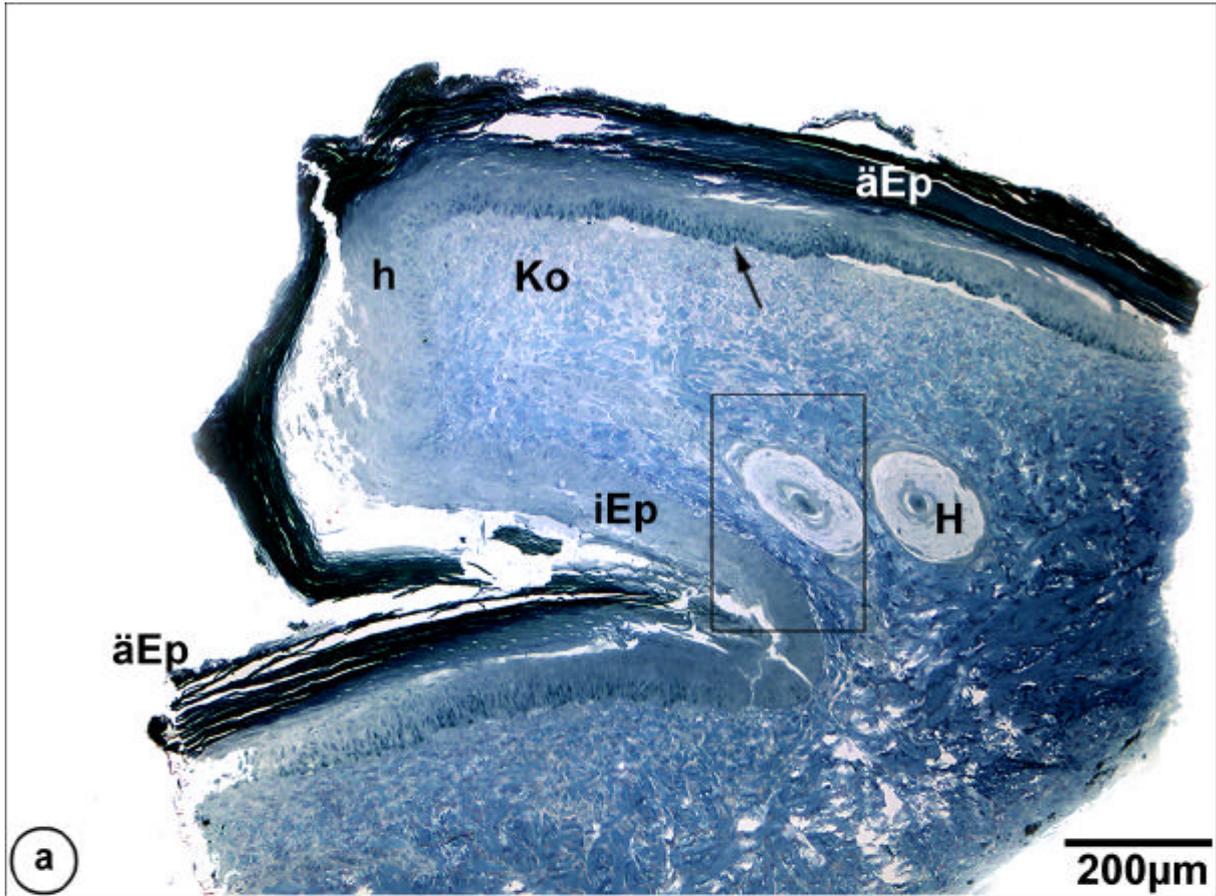
Sudanschwarz B-Färbung

Abb. 8c:

Im Stratum basale der inneren Epidermisabschnitte der „scutate scales“ sind im lichtmikroskopischen Bild kaum Lipidtropfen nachweisbar. **H** = Herbstkörperchen;

Ko = Korium

Sudanschwarz B-Färbung



Abbildungen 9

Übersicht über die gesamte Epidermis der **befiederten Hühnerhaut** und der Basalzellen

Abb. 9a:

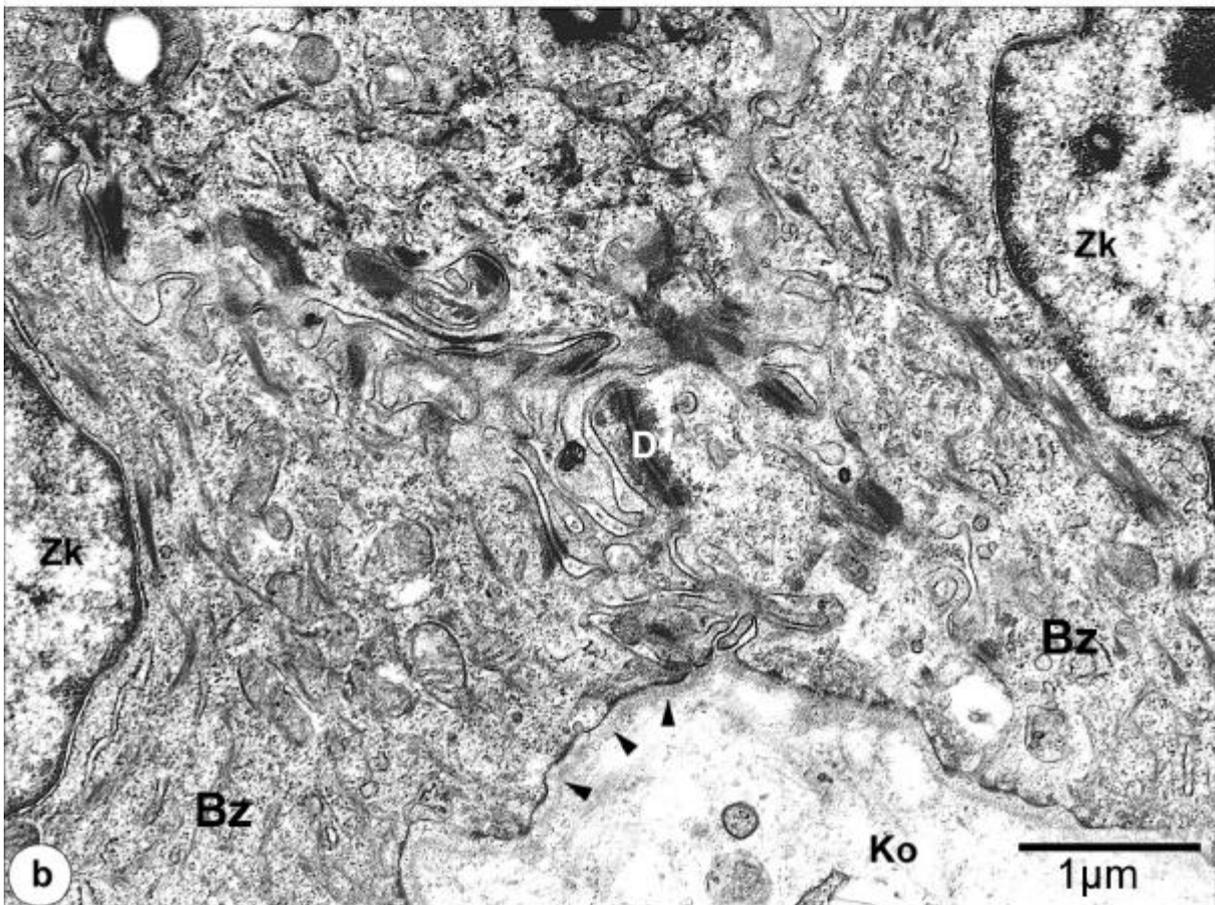
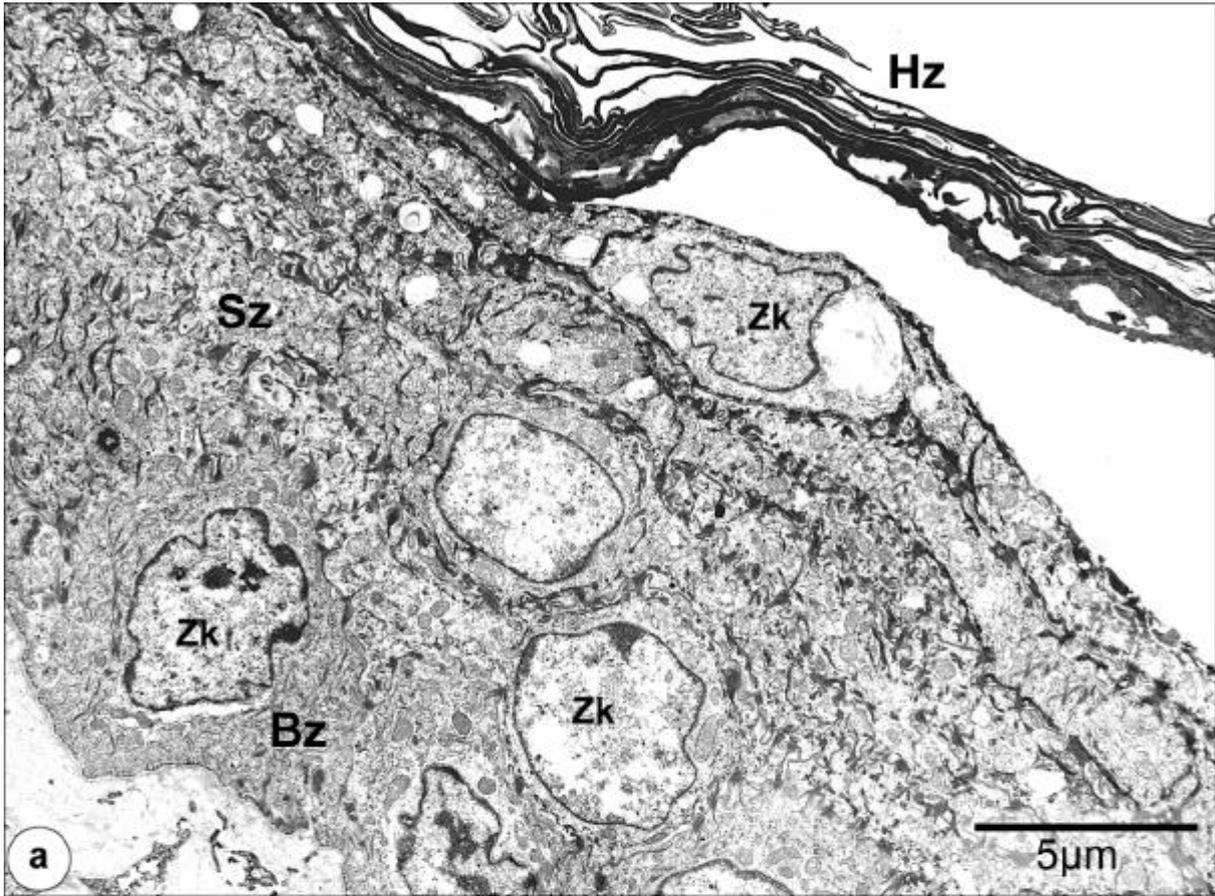
Darstellung der gesamten Schichten der Epidermis. Unmittelbar auf der Basalmembran sind die relativ großen Basalzellen (**Bz**) mit ihrem zentral gelegenen, relativ großen Zellkern (**Zk**) verankert. Darüber, im Stratum spinosum, flachen die epidermalen Zellen deutlich ab und nehmen an Länge zu. Im Bereich ihrer Zellkerne sind sie noch relativ dick, während sie sich in Richtung auf ihre Zellpole kontinuierlich verjüngen. Innerhalb des Stratum spinosum nehmen die runden, optisch leeren Räume zu. Die Hornzellschicht löst sich teilweise von der lebenden Epidermis ab. Die Hornzellen (**Hz**) werden je weiter sie zur Oberfläche hin vorgeschoben werden immer schmäler bis sie als hauchdünne Schuppen abgeschilfert werden. **Sz** = Spinosazellen

TEM-Präparat

Abb. 9b:

Darstellung zweier Basalzellen (**Bz**) mit je angeschnittenem Zellkern (**Zk**). Die Basalmembran (**Pfeilköpfe**) trennt die Epidermis von der Dermis, resp. vom Korium (**Ko**). Der Kontakt zwischen den Basalzellen wird durch Desmosomen (**D**) vermittelt.

TEM-Präparat



Abbildungen 10

Basal- und Spinosazellen der **befiederten Hühnerhaut**

Abb. 10a:

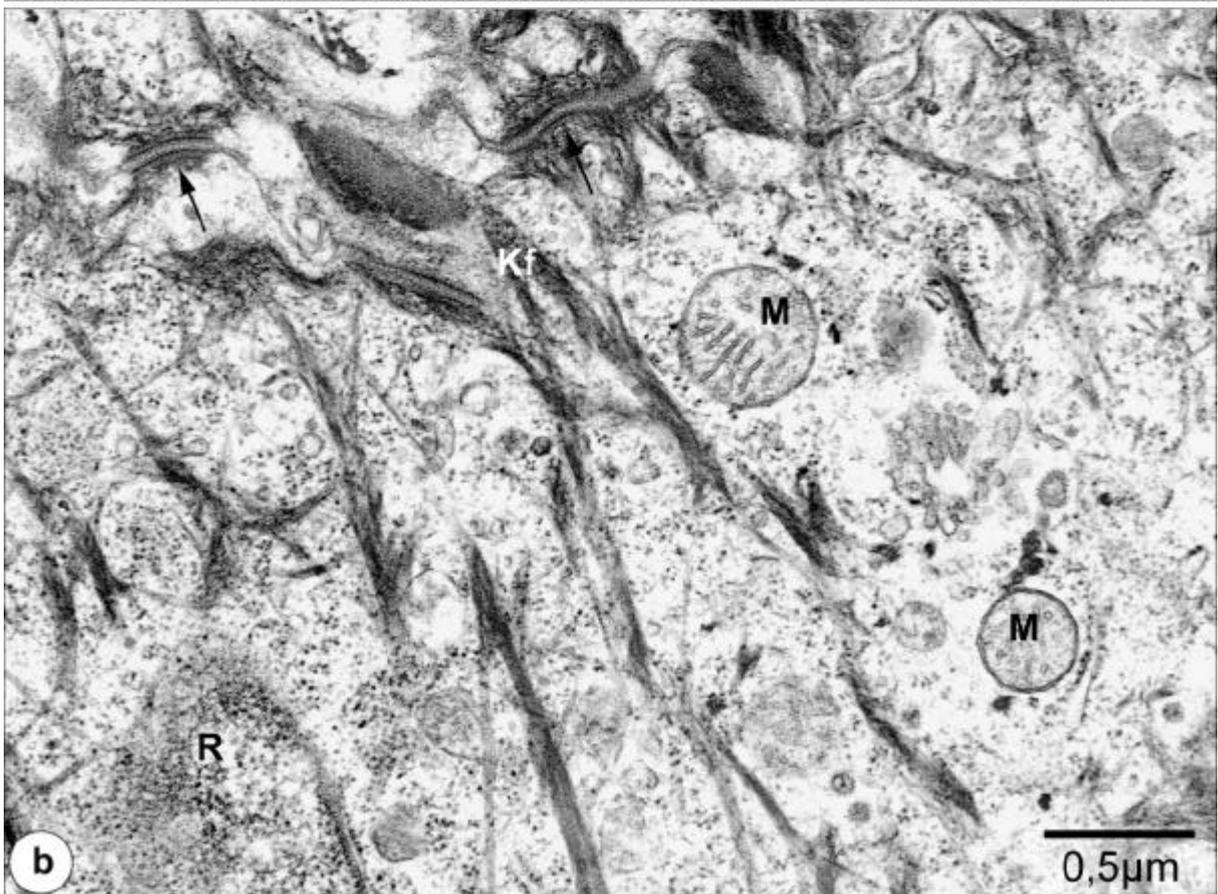
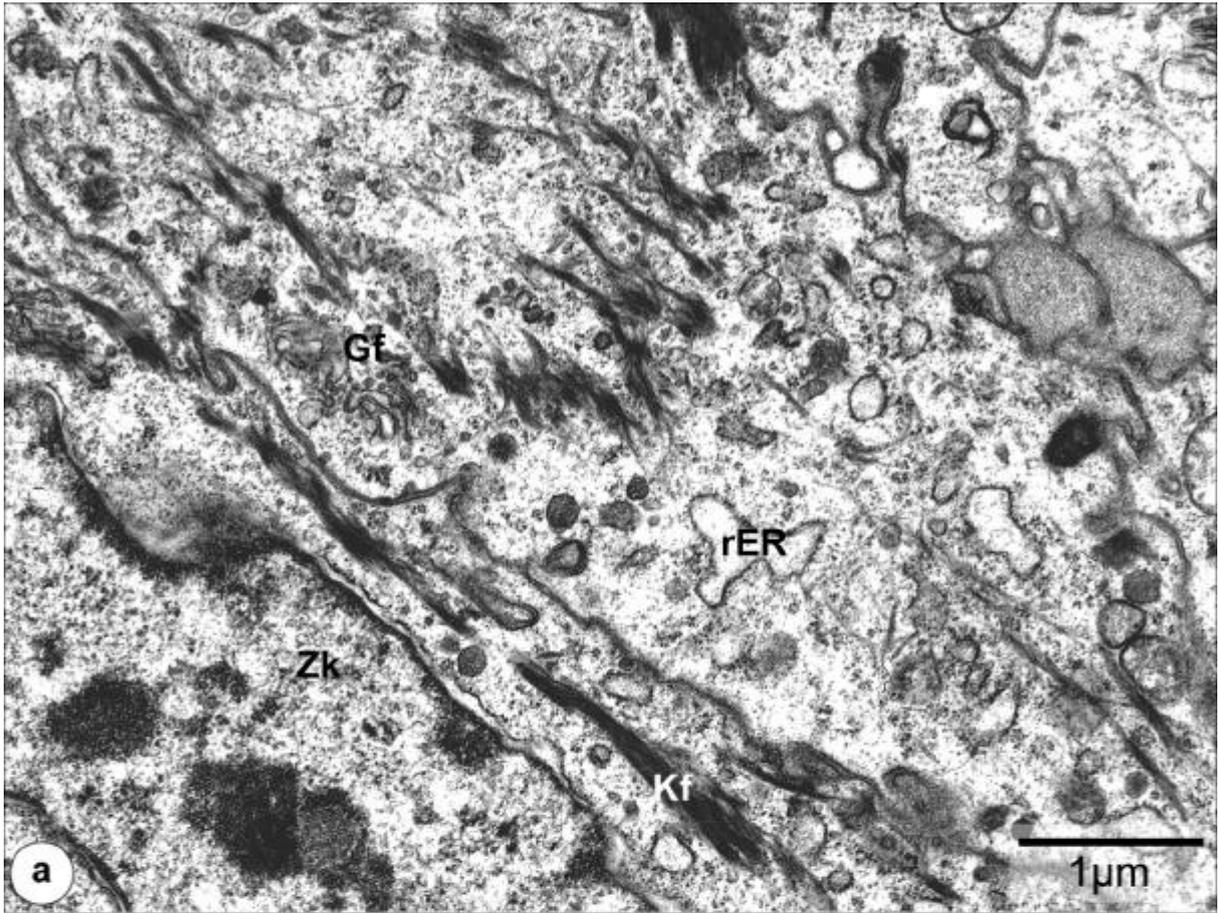
In den Basalzellen kommen zahlreich Mitochondrien, rauhes endoplasmatisches Retikulum (**rER**) und freie Ribosomen vor. Daneben finden sich in mäßiger Anzahl Golgi-Felder (**Gf**) und kleine Intermediärfilamentbündel (**Kf**). **Zk**: Zellkern

TEM-Präparat

Abb. 10b:

In den Spinosazellen werden in Richtung auf die Epidermisoberfläche vermehrt Keratinfilamente gebildet, die sich zunehmend zu Keratinfilamentbündeln (**Kf**) zusammenschließen und sich in Differenzierungsrichtung längs ausrichten. Die Intermediärfilamente sind außerdem mit den Haftscheiben der Zellkontakte, die in der Epidermis überwiegend durch Desmosomen (**Pfeile**) repräsentiert werden, eng verbunden. **M**: Mitochondrien, **R**: Ribosomen

TEM-Präparat



Abbildungen 11

„multigranular bodies“ der Spinosazellen

Abb. 11a:

Die „multigranular bodies“ (**Pfeile**) treten das erste Mal innerhalb der Differenzierung der Keratinozyten im Stratum spinosum auf. Sie können unterschiedliche Gestalt annehmen, sind jedoch meistens rund bis oval geformt. Es sind membranumhüllte Zellorganellen, die meistens sichtbare, mehrere kleine, runde Granula enthalten. Sie liegen im unteren Stratum spinosum meist zur apikalen Zellmembran orientiert. Im oberen Stratum spinosum liegen sie im Zentrum der abgeflachten Spinosazellen und bilden meist kleine Kolonien von mehreren „multigranlar bodies“.

Kf: Keratinfilamentbündel

TEM-Präparat

Abb. 11b:

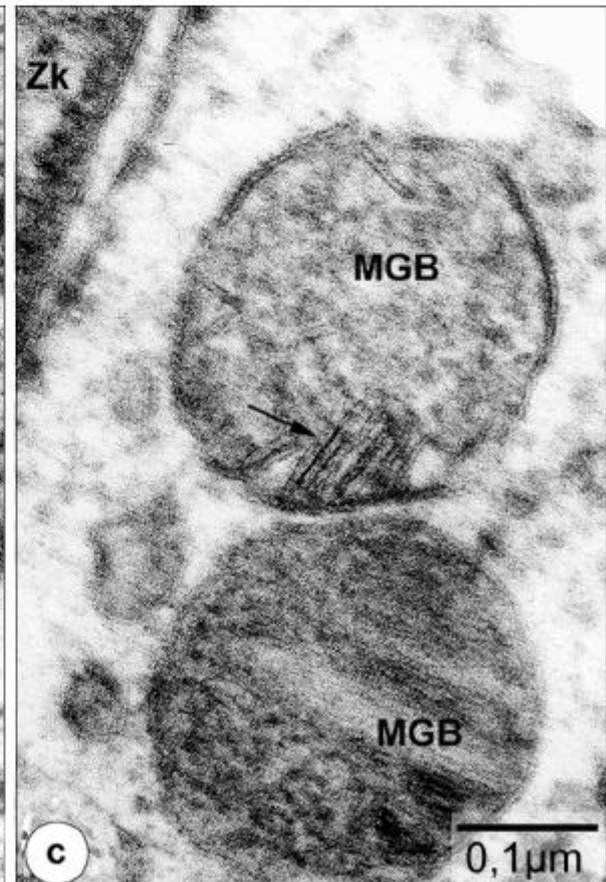
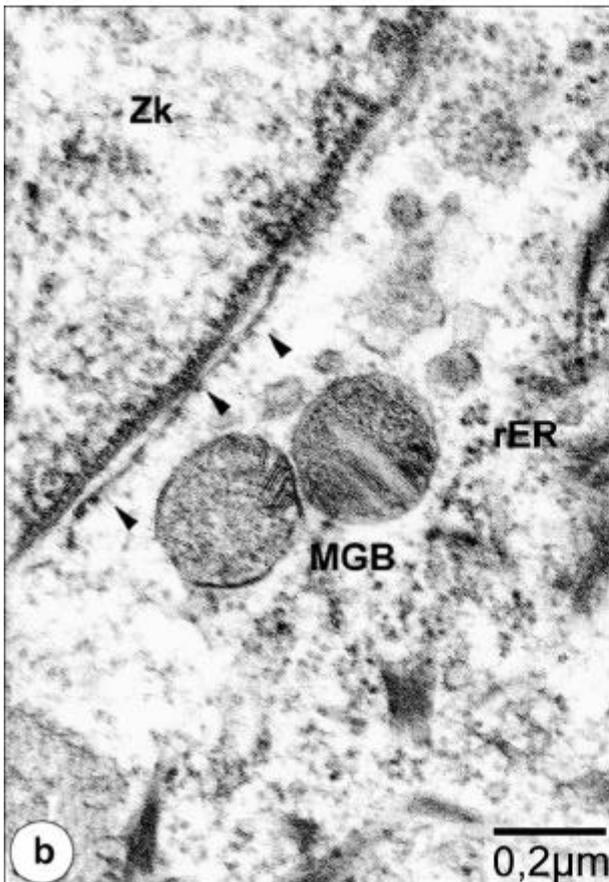
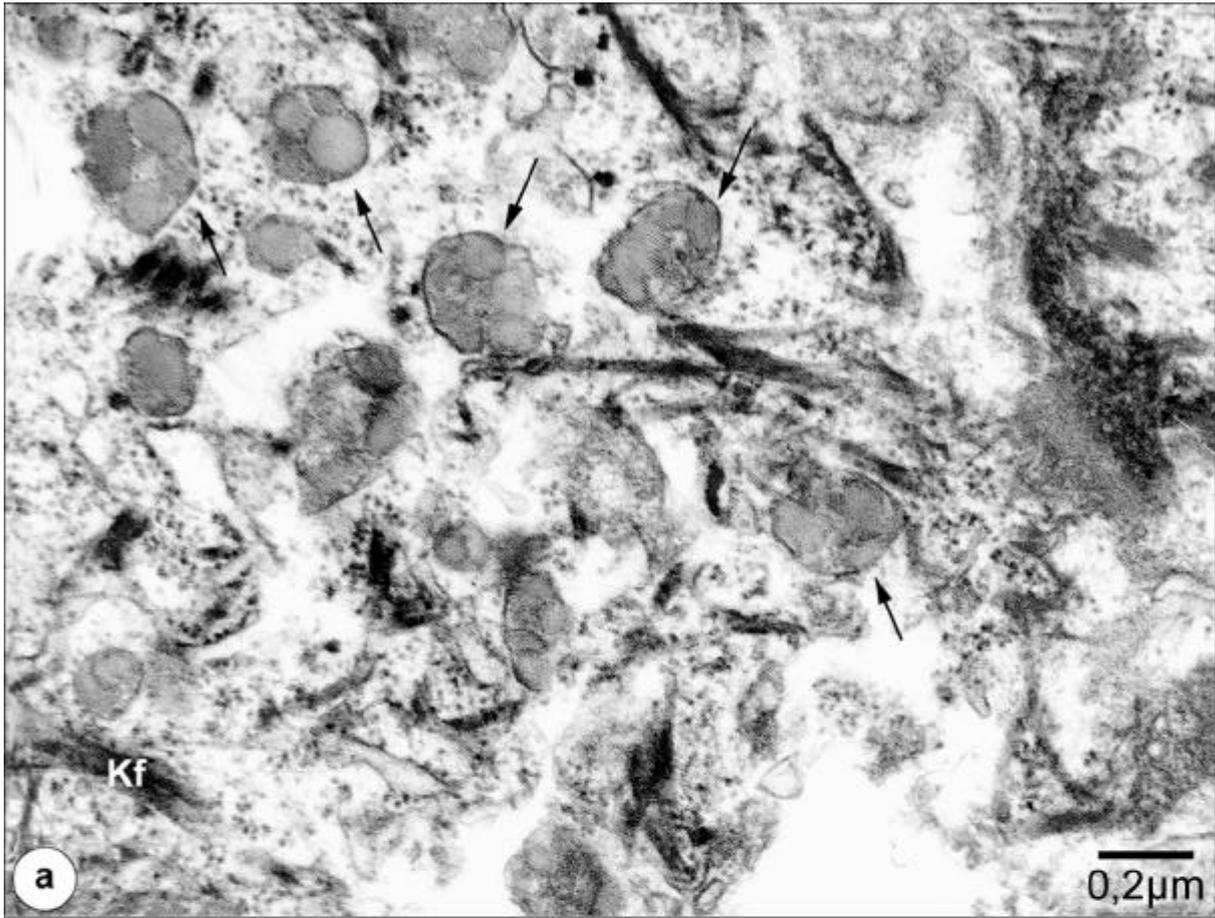
Es treten auch „**multigranlar bodies**“ auf, die im Inneren keine Granula enthalten und damit den „lamellar bodies“ der Säugetiere sehr ähnlich sehen. Nicht selten werden sie auch in der Nähe des Zellkernes (**Zk**) der Spinosazellen angetroffen. Meistens weist die Zellkernmembran der epidermalen Zellen einen deutlich Besatz mit Ribosomen (**Pfeilköpfe**) auf. **rER**: rauhes endoplasmatisches Retikulum

TEM-Präparat

Abb. 11c:

Die Granula der „multigranular bodies“ (**MGBs**) weisen parallel angeordnete Lamellen unterschiedlicher Elektronendichte auf, die jedoch meistens nur teilweise innerhalb der Granula sichtbar sind (**Pfeil**). **Zk**: Zellkern

TEM-Präparat



Abbildungen 12

Obere Spinosazellen und Transitivumzellen

Abb. 12a:

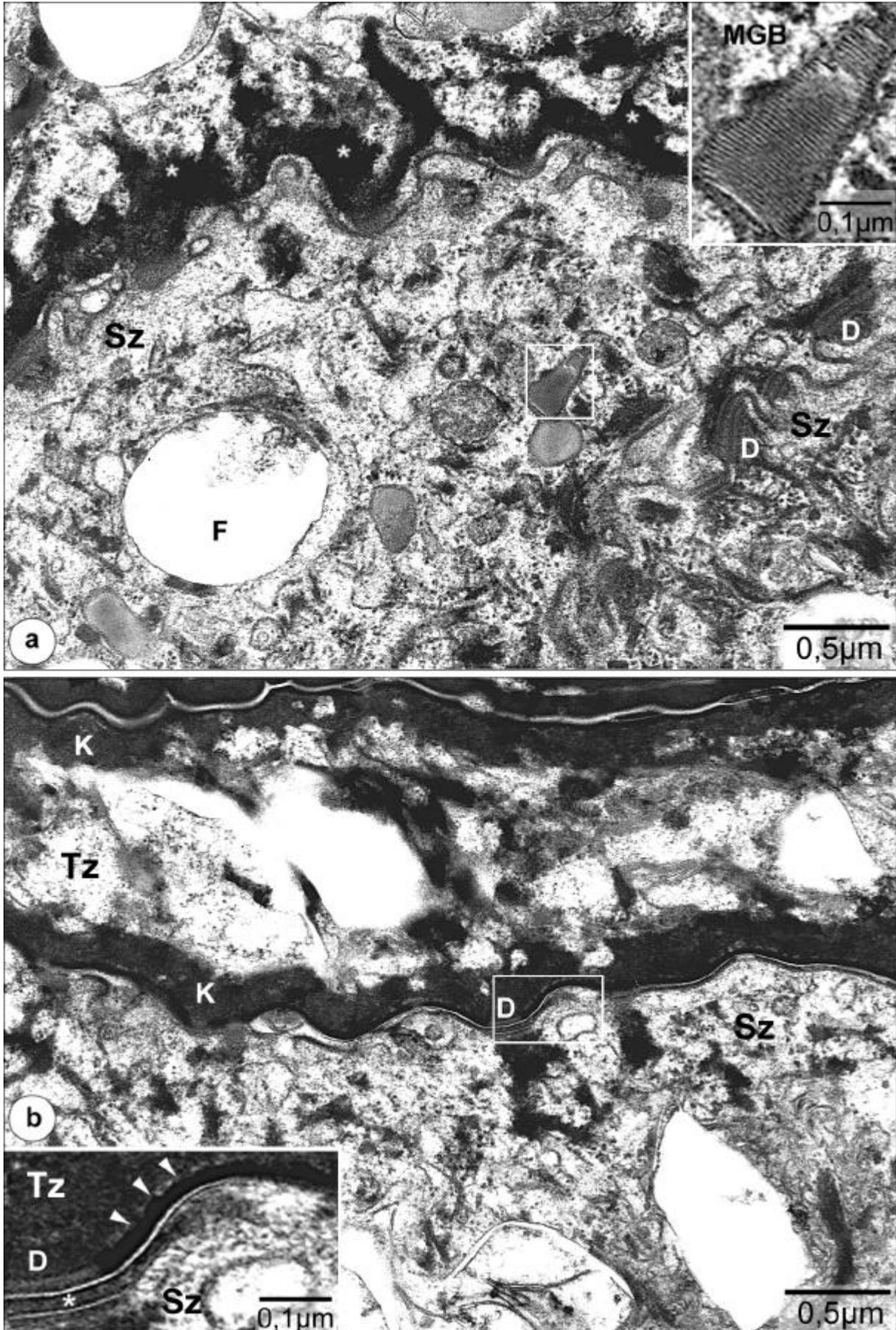
Die Zellen des oberen Stratum spinosum (**Sz**) sind durch das Auftreten zahlreicher, optisch leerer, runder Räume (**F**) gekennzeichnet, aus denen Fett herausgelöst ist. Teilweise sind sie von einer Membran umgeben, was für neutrale Fetttropfen untypisch ist. Im oberen Stratum spinosum nimmt die Anzahl der „multigranular bodies“ (**Pfeilköpfe**) zu. Vor allem in der Zellperipherie fallen zahlreiche kleine, elektronendichte Massen (**weiße Sterne**) auf, die häufig mit Desmosomen (**D**) vergesellschaftet sind. **Tz**: Transitivumzellen

TEM-Präparat

Abb. 12b:

In den Transitivumzellen (**Tz**) hat sich an das innere Blatt des Plasmalemm das „marginale Band“ (Einleger: **Pfeilköpfe**) gebildet, das als schwarze, dünne Linie direkt innen dem Plasmalemm anliegt. Als Zeichen der beginnenden Verhornung schließt sich zur Zellmitte hin ein breites, elektronendichtes Band aus Keratin (**K**) an, das bereits eine relativ solide Struktur aufweist. Das Zellzentrum der Transitivumzellen enthält Zellorganellenreste und Areale herausgelösten Fetts. **D** = Desmosom, **Stern-Einleger**: Interzellularraum zwischen einem Desmosom, **Sz**: Spinosazelle,

TEM-Präparat



Abbildungen 13

Hornzellen

Abb. 13a:

Die jungen Hornzellen (**jHz**) weisen in ihrer Zellmitte (**Stern**) ein lockeres, wenig elektronendichtes Material auf, das Reste von Zellorganellen und größtenteils optisch leere Räume, aus denen Fett herausgelöst ist, enthält. Peripher befindet sich ein elektronendichtes breites Band von Keratinmassen. Die erste junge Hornzelle ist im Vergleich zur darunterliegenden Transitivumzelle bzw. Spinosazelle (**Sz**) stark abgeflacht. Kontinuierlich flachen die Hornzellen von einer zur anderen Hornzelle weiter ab. Die Interzellularräume zwischen den jungen Hornzellen sind größtenteils eng.

TEM-Präparat

Abb. 13b:

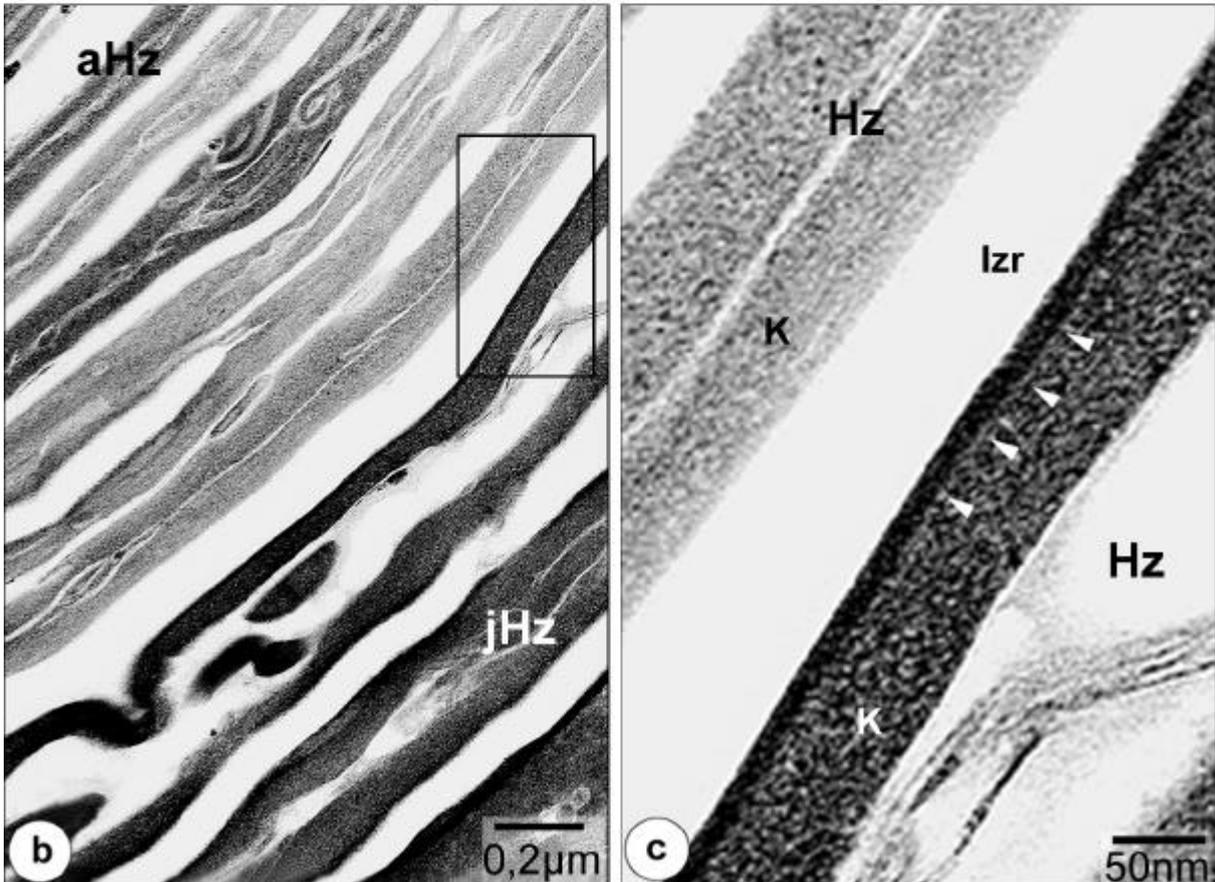
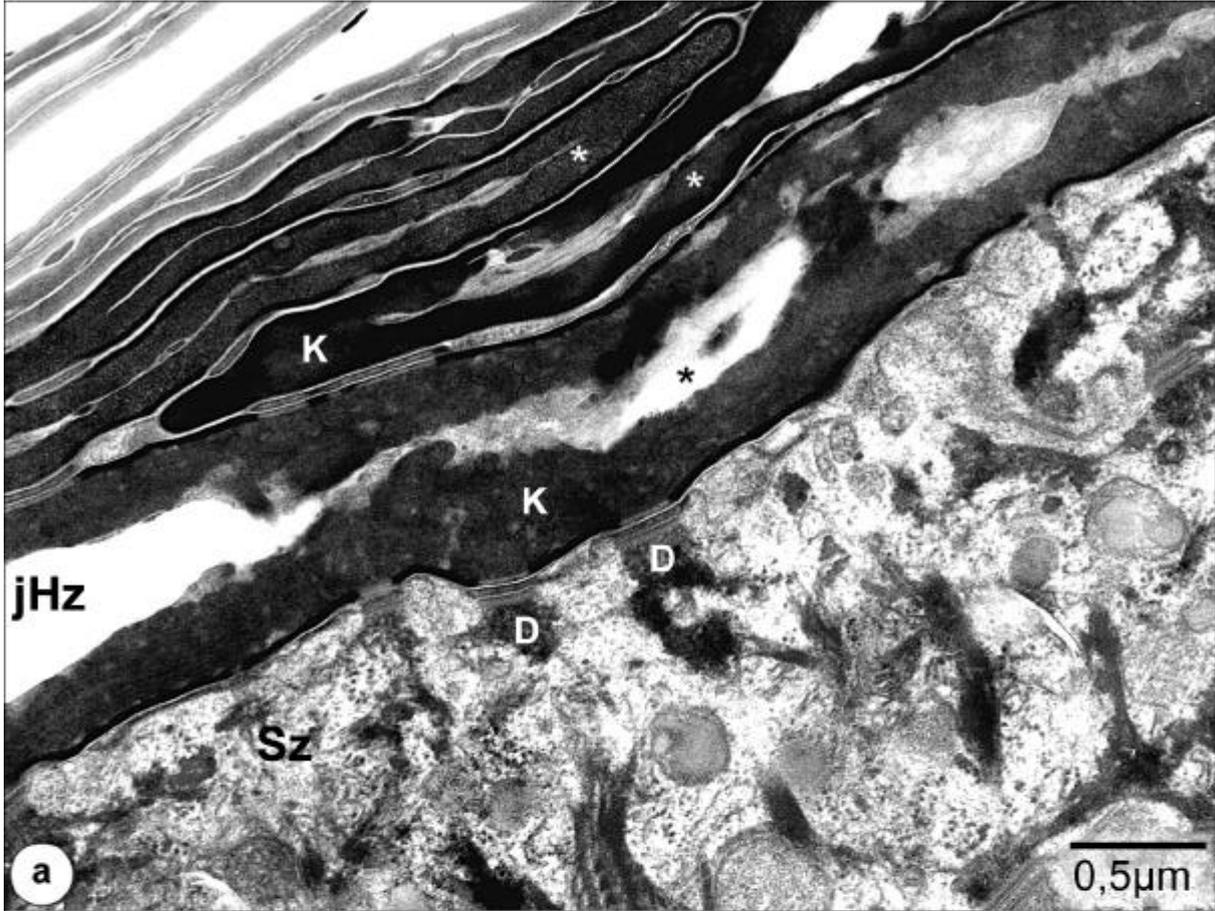
Die alten Hornzellen (aHz) sind sehr schmal. Sie weisen ein lockeres Zellgefüge auf mit weiten Interzellularräumen. Die wenig elektronendichte Masse in der Zellmitte der jungen Hornzellen (**jHz**) verschmälert sich je weiter die Hornzellen zur Oberfläche vorgeschoben werden. Gleichzeitig flachen die Hornzellen ab.

TEM-Präparat

Abb. 13c: (vergrößert aus Abb. 13b)

Das deutlich elektronendichte „marginale Band“ (**Pfeilköpfe**) ist in den älteren Hornzellen (**Hz**) (hier ab der 4 - 5 Hornzelle) nicht mehr elektronenoptisch nachzuweisen. Das breite etwas weniger elektronendichte Keratinband (**K**), das sich nach innen an das schwarze „marginale Band“ anschließt, wird weniger elektronendicht. Eine Zellmembran ist nicht mehr zu erkennen.

TEM-Präparat



Abbildungen 14

„multigranular bodies“ in jungen Hornzellen

Abb. 14a

Die jungen Hornzellen (**jHz**) weisen in ihrer Mitte Reste von Zellorganellen wie Ribosomen und Fetttropfen auf. Außerdem treten Teile von „multigranular bodies“ auf, die in Form freier, parallel zueinander liegender Membranstapel ohne umhüllende Membran (**schwarzer Pfeilkopf**) vorliegen. Deutlich sichtbar ist das stark elektronendichte „marginale Band“ (**weiße Pfeilköpfe**) an der Innenseite der Zellmembran. **K**: Keratin, **Tz**: Transitivumzellen,

TEM-Präparat

Abb. 14b:

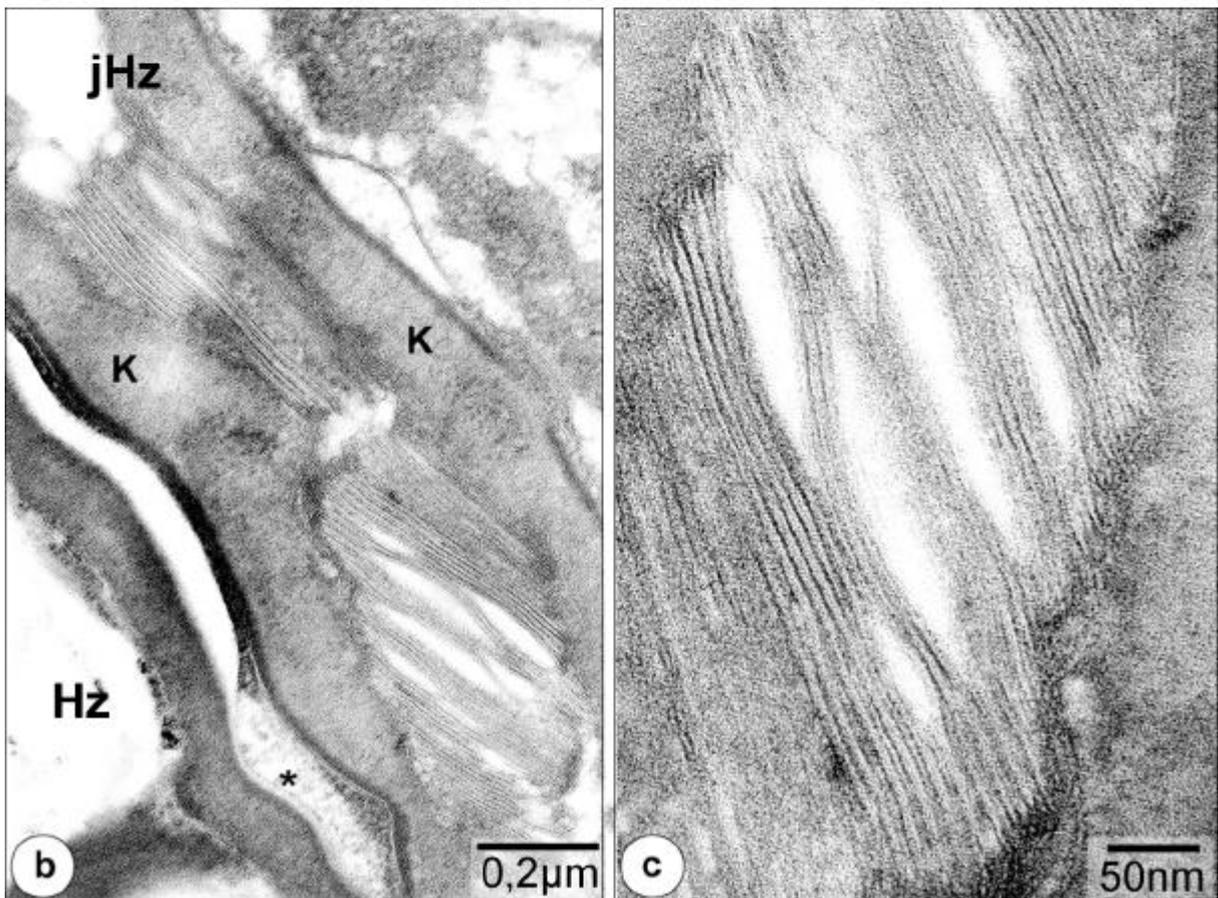
Deutlich sichtbare lamelläre Strukturen in der Zellmitte einer jungen Hornzelle, flankiert von Keratinmassen (**K**). **Stern**: Interzellularraum

TEM-Präparat

Abb. 14c: (vergrößert aus der Abb. 14b)

Deutliche Membranstapel in einer jungen Hornzelle, die eine kontinuierlich abwechselnde Elektronendichte aufweisen. Membranen sind geringgradig aufgelockert.

TEM-Präparat



Abbildungen 15

Lederhaut und Basalzellen des **Metatarsalballens**

Abb.15a:

Die Lederhaut des Metatarsalballens bildet einen deutlichen Papillarkörper aus. Stellenweise treten in den Basalzellen (**Bz**) in unmittelbarer Nähe zum Zellkern (**Zk**) (perinukleär) scheinbar zytoplasmafreie Gebiete auf.

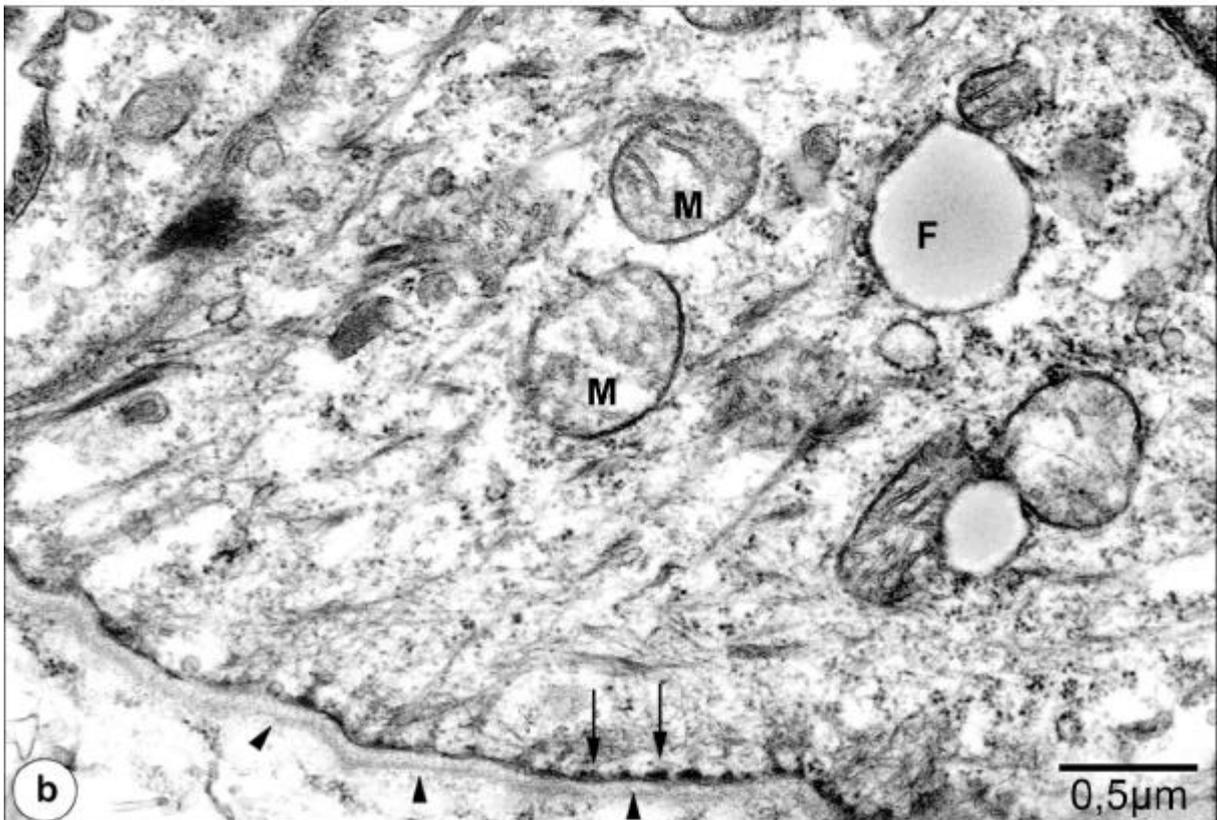
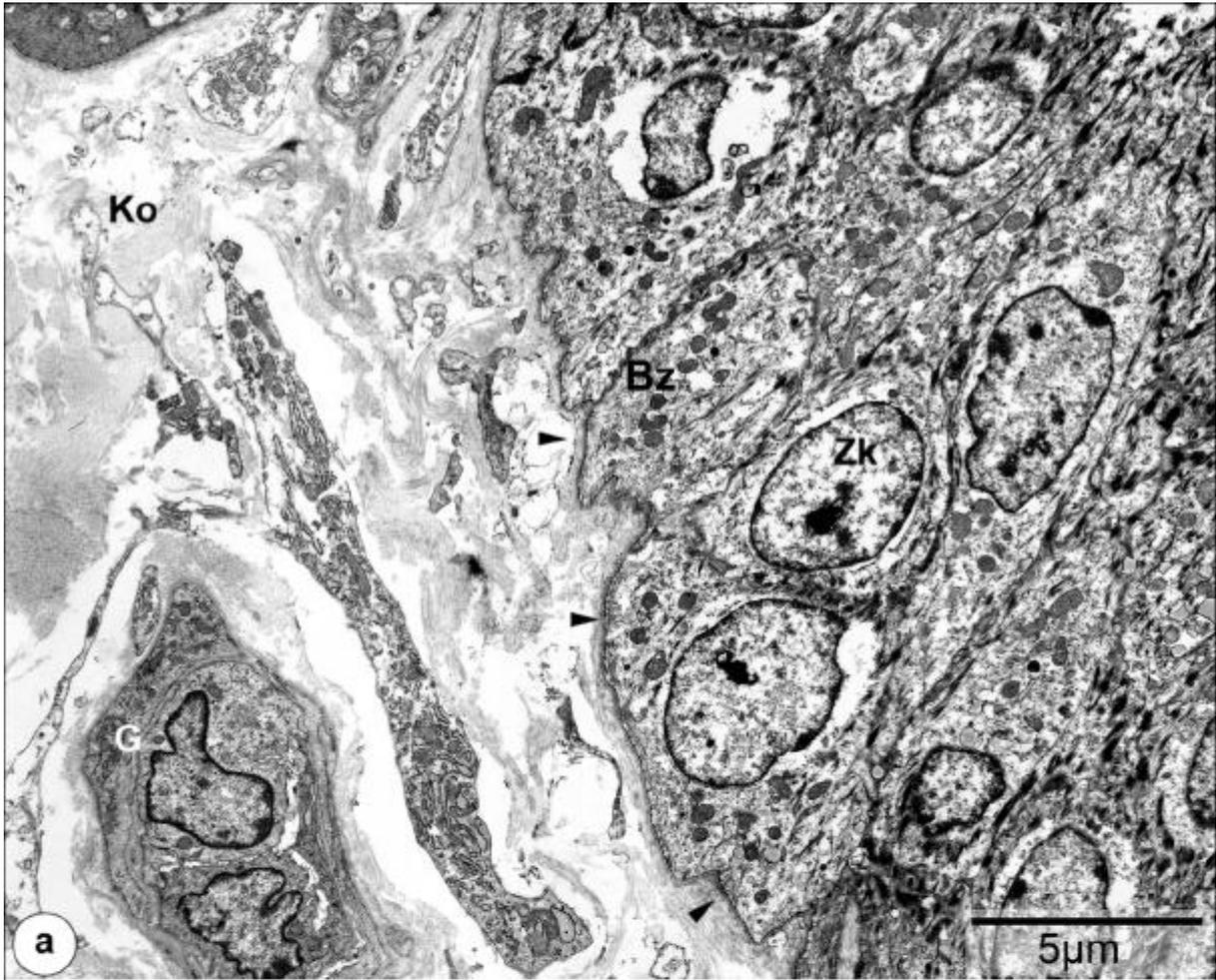
G: Anschnitt einer Kapillare mit engem Lumen, **Ko**: Korium, **Pfeilköpfe**: Basalmembran

TEM-Präparat

Abb. 15b:

Die Basalmembran (**Pfeilköpfe**) unterlagert die Basalzellen. Die Verankerung der Basalzellen auf der Basalmembran erfolgt durch Hemidesmosomen (**Pfeile**), die durch kleine, schwarze, punktförmige Strukturen im Inneren der Basalzelle angedeutet sind. Schon in den Basalzellen kommen zahlreich Fetttropfen (**F**) vor, die randständig kleine, runde Herauslösungen aufweisen. Desweiteren sind Mitochondrien vom Crista-Typ abgebildet (**M**).

TEM-Präparat



Abbildungen 16

Spinosazellen aus den unteren zwei Dritteln des Str. spinosum und ihre „multigranular bodies“ als TEM-Präparat

Abb. 16a:

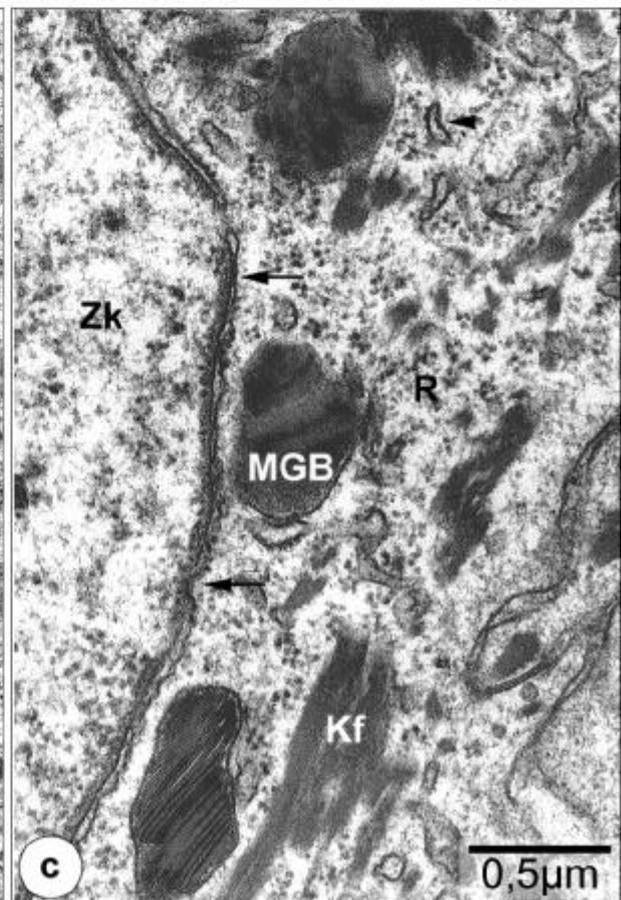
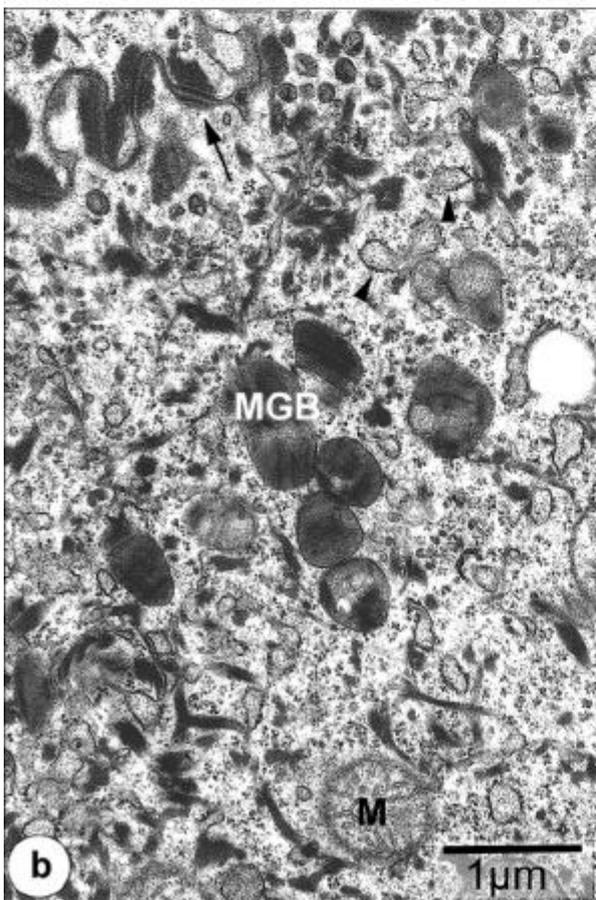
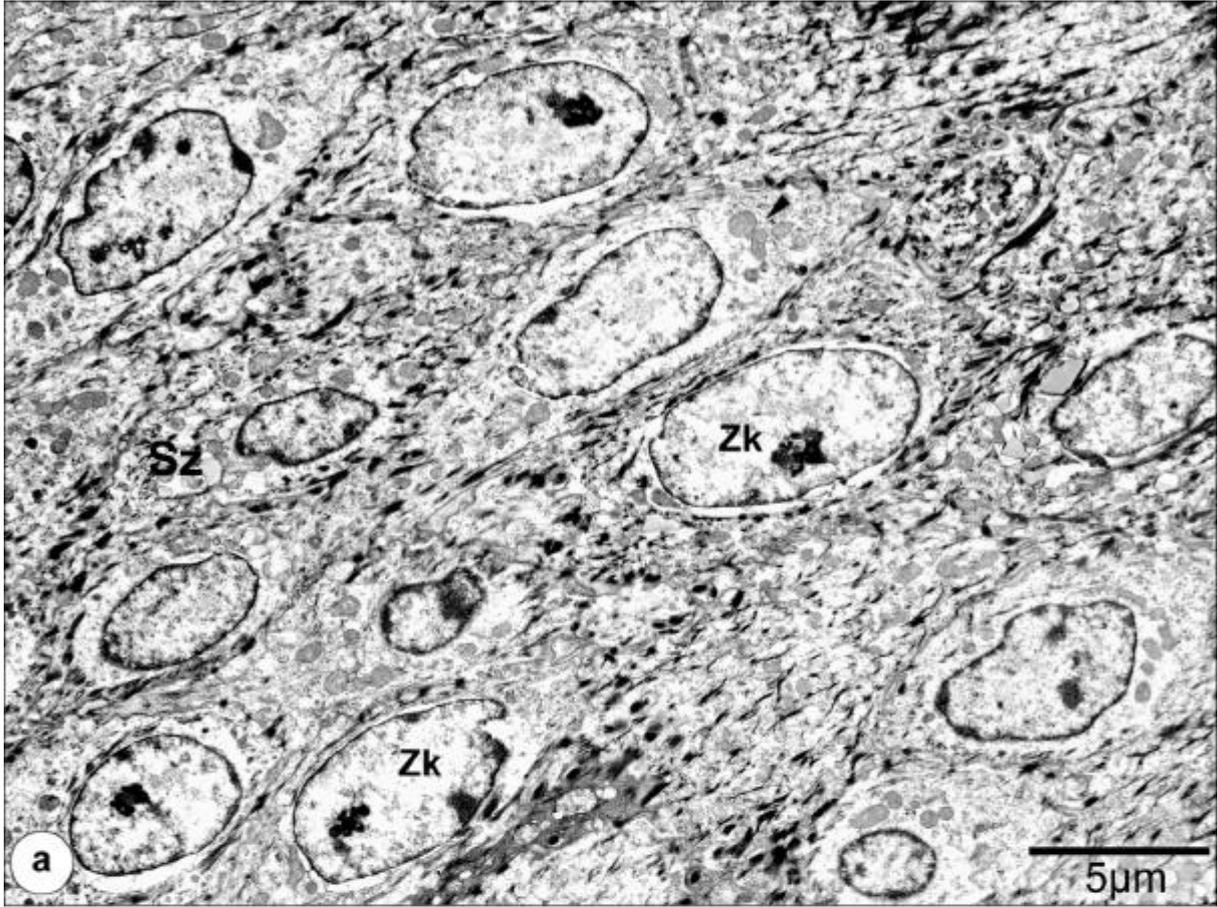
Gezeigt werden mehrere Zellagen der Spinosazellen (**Sz**) des Metatarsalballens. Die Kerne (**Zk**) sind relativ groß und liegen im Zentrum der Zellen. Sie weisen meist ein deutliches Kernkörperchen auf. In dieser geringen Vergrößerung ist die Vielzahl der Zellorganellen deutlich zu erkennen. Im besonderen treten deutlich die Mitochondrien (**Pfeilkopf**) hervor. Als zytoplasmatische Einschlüsse sind Fetttropfen als homogene, mäßig elektronendichte Vesikel zu sehen.

Abb. 16b:

Die „multigranular bodies“ (**MGB**) liegen in kleinen Kolonien als stark elektronendichte Organellen zusammengelagert. Sie kommen in den Zellen des mittleren Drittels des Stratum spinosum größtenteils in der Nähe der apikalen Zellmembran vor. Die Zellmembran ist mäßig gewunden, die Interzellularräume sind meistens eng und als Zellkontakte kommen zahlreich Desmosomen (**Pfeil**) vor. **Pfeilköpfe**: rER, **M**: Mitochondrien

Abb. 16c:

Die „multigranular bodies“ (**MGB**) liegen in der Nähe des Zellkernes einer Spinosazelle aus dem mittleren Drittel des Stratum spinosum. Die „MGBs“ weisen in den tieferen Zellschichten häufig keine Granula in ihrem Inneren auf. Es kommen schon relativ dicke Keratinfilamentbündel (**Kf**) vor. Daneben sieht man freie Ribosomen und rER (**Pfeilköpfe**). **Pfeile**: Kernmembran, **Zk**: Zellkern



Abbildungen 17

Spinosazellen des oberen Drittels des Str. spinosum und ihre „multigranular bodies“ sowie Fettansammlungen

Abb. 17a:

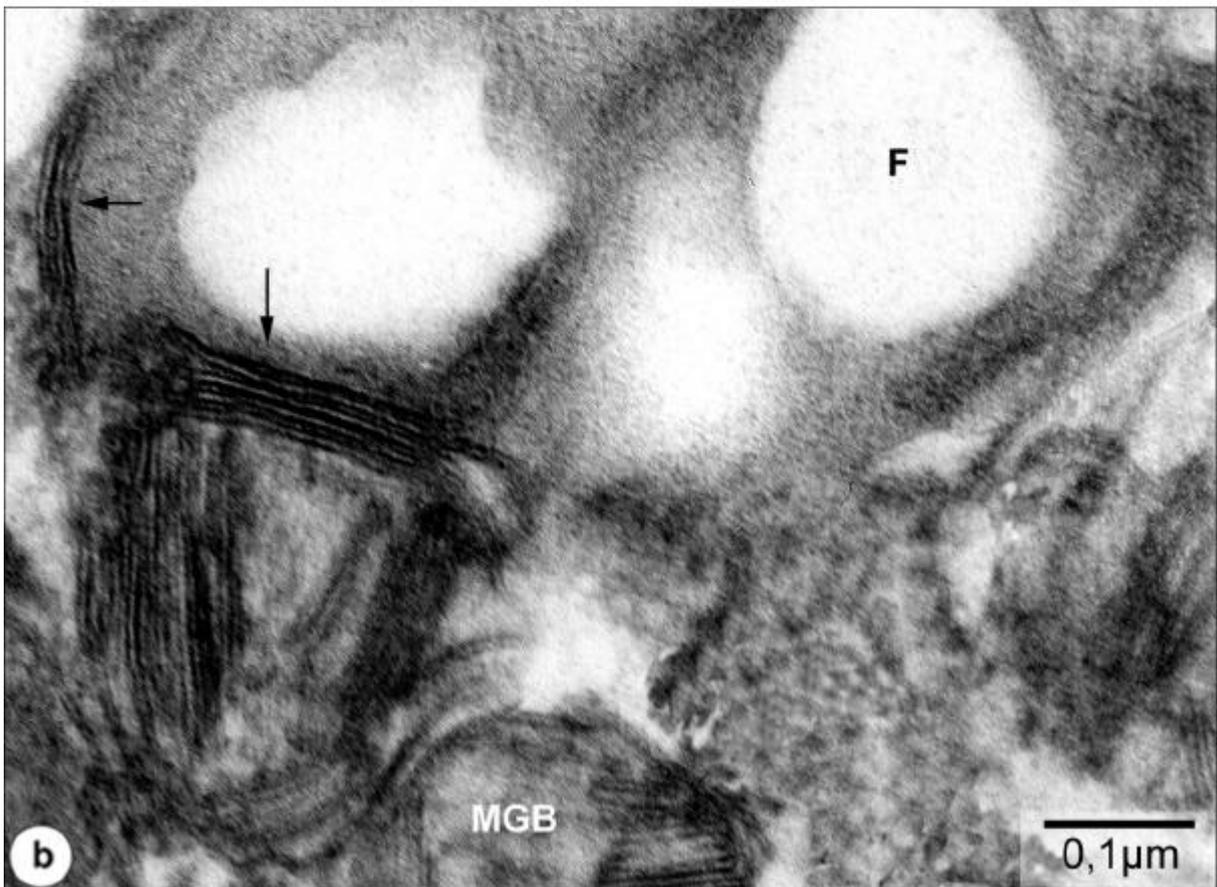
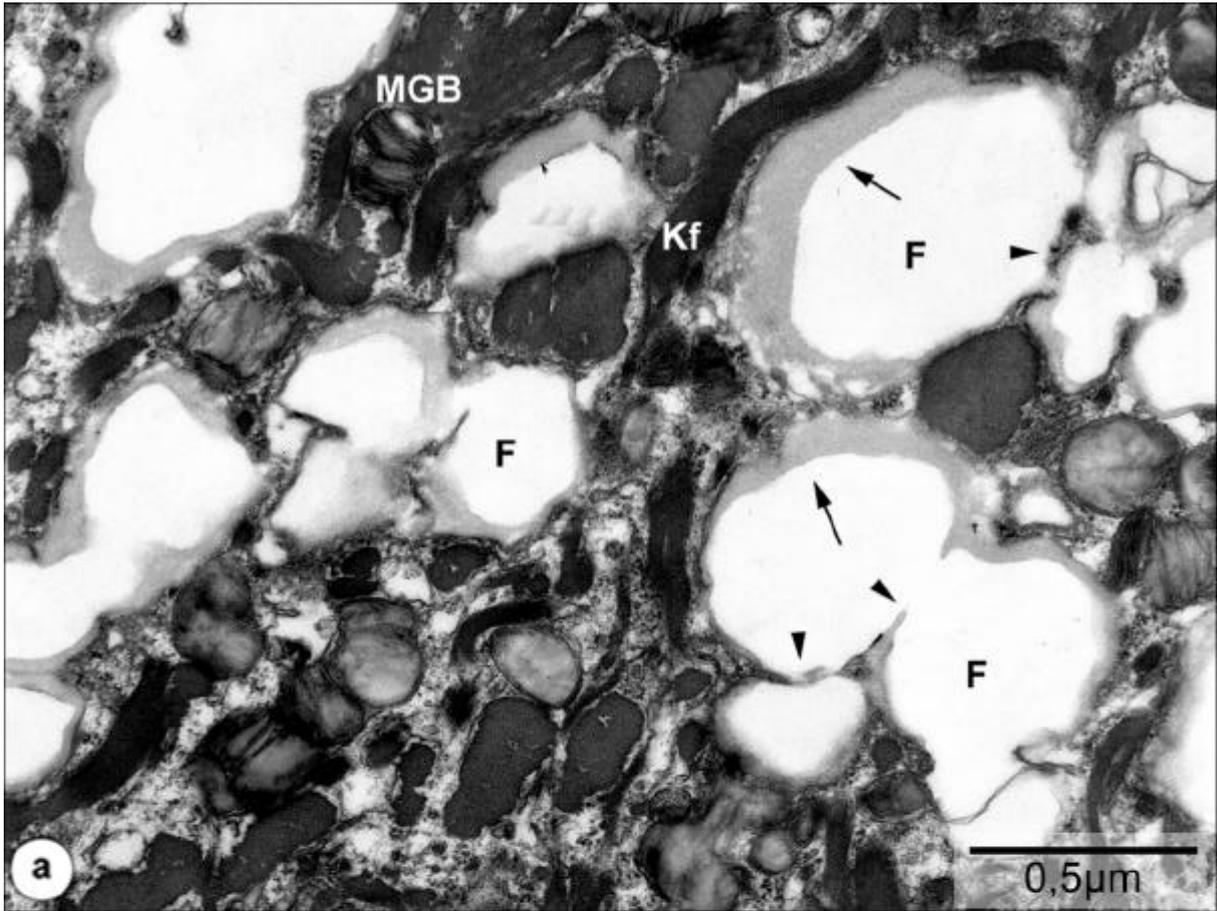
In den Spinosazellen des oberen Stratum spinosum kommen die „multigranular bodies“ (**MGB**) in großer Anzahl vor. Nur noch selten findet man sie als elektronendichte Zellorganellen vor. Die meisten dieser Organellen weisen im Inneren Aufhellungen und kleine, runde Herauslösungen auf. Die Lamellen der Membranstapel verlieren teils ihre Parallelität zueinander. In unmittelbarer Nachbarschaft befinden sich große, einzelne, runde Fettansammlungen (**F**), in deren Peripherie Fettreste (**Pfeile**) als mäßig elektronendichte Masse noch nicht herausgelöst wurden. Teilweise sind diese Fettansammlungen vor ihrem Herauslösen verschmolzen (**Pfeilköpfe**). **Kf**: Keratinfilamentbündel

TEM-Präparat

Abb. 17b:

Bei starker Vergrößerung sind in der Peripherie der Fettansammlungen einige Lamellen, wie sie bei MGBs vorkommen, deutlich sichtbar (**Pfeile**). Die **MGBs** wandeln sich während der Differenzierung der Keratinozyten zu neutralem Fett um, wie dieses Übergangsstadium deutlich zeigt.

TEM-Präparat



Abbildungen 18

Spinosazellen des oberen Drittels des Str. spinosum und ihre „multigranular bodies“ sowie Fettansammlungen

Abb. 18a:

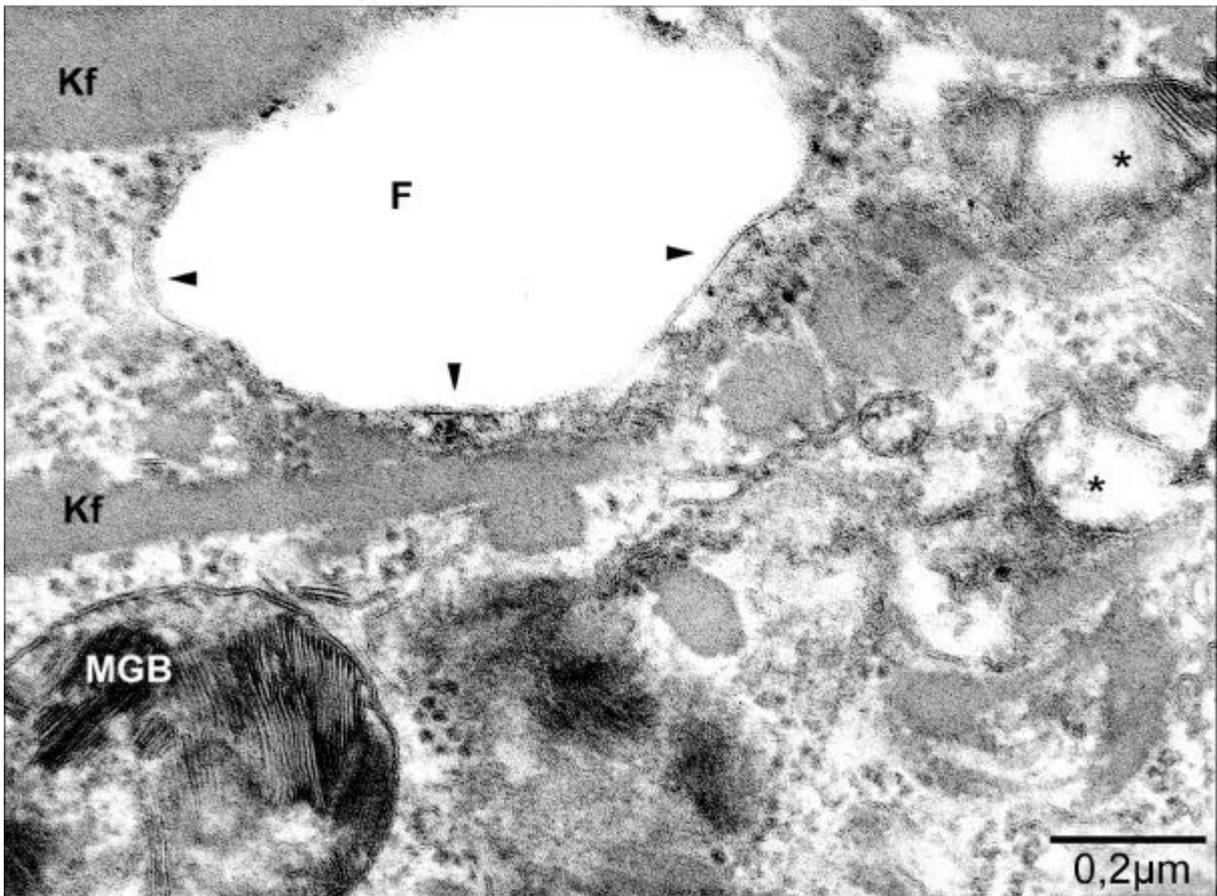
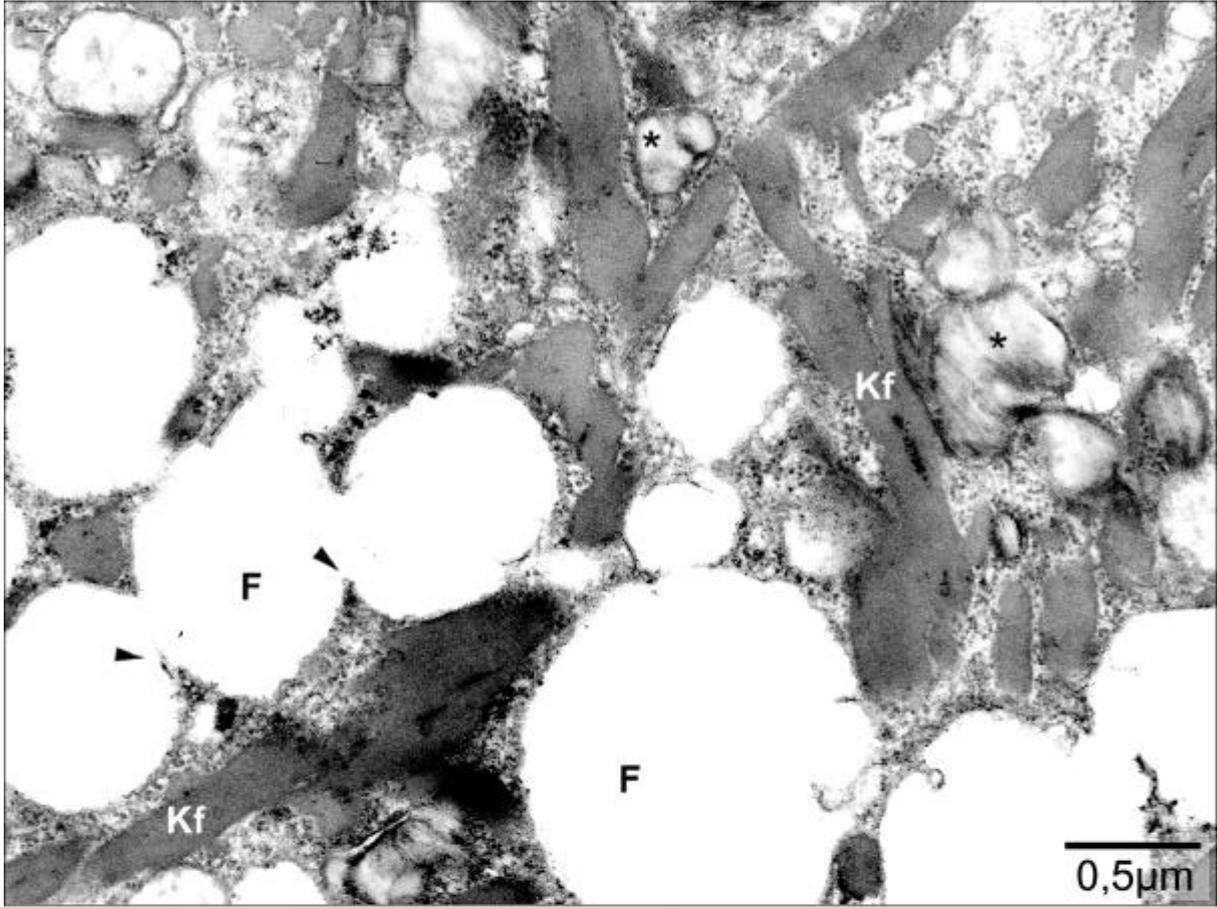
Im oberen Stratum spinosum nimmt die Menge des Fettes (**F**) stark zu. Nach dem Herauslösen des Fettes aus der Zelle bleiben runde, optisch leere Räume zurück, die eine erhebliche Größe besitzen können, was teils durch das Zusammenfließen (**Pfeilköpfe**) kleinerer „Fetttröpfchen“ erreicht wird. Die optisch leeren Räume stammen von zu Fett umgewandelten „multigranular bodies“. Fett und Keratinfilamentbündel (**Kf**) sind die dominierenden Zellinhalte. Daneben treten zahlreich, meistens wenig elektronendichte, MGBs (**Stern**) auf, die teils optisch leere Stellen enthalten.

TEM-Präparat

Abb. 18b:

Die Mehrzahl der Fettansammlungen in den oberen Spinosazellagen sind von einer Membran (**Pfeilköpfe**) umgeben. Diese Fettansammlungen und die **MGBs** liegen oft in unmittelbarer Nähe beieinander. Daneben kommen dicke Keratinfilamentbündel (**Kf**) mäßiger elektronendichte vor. **Sterne**: Übergangsstadien von MGBs zu Fett

TEM-Präparat



Abbildungen 19

Hornzellen des Metatarsalballens

Abb. 19a:

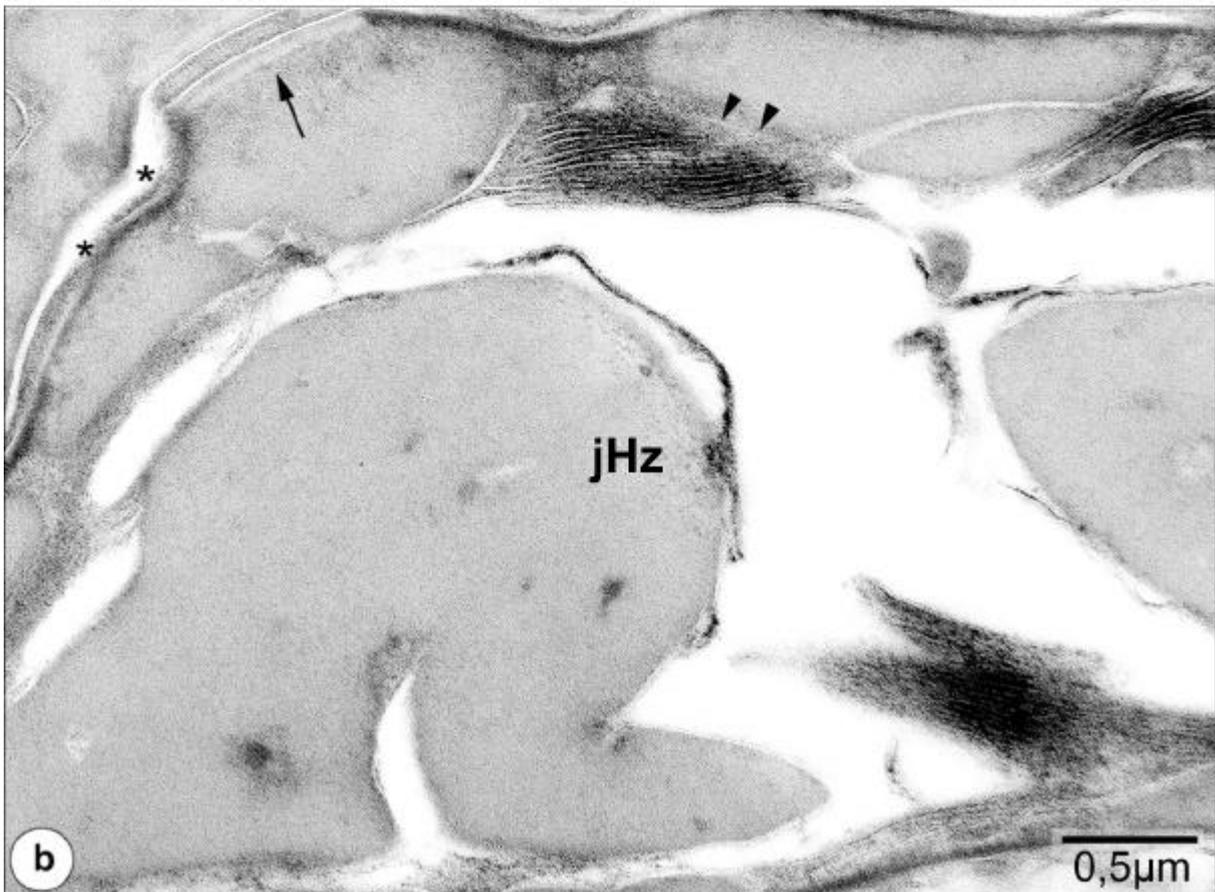
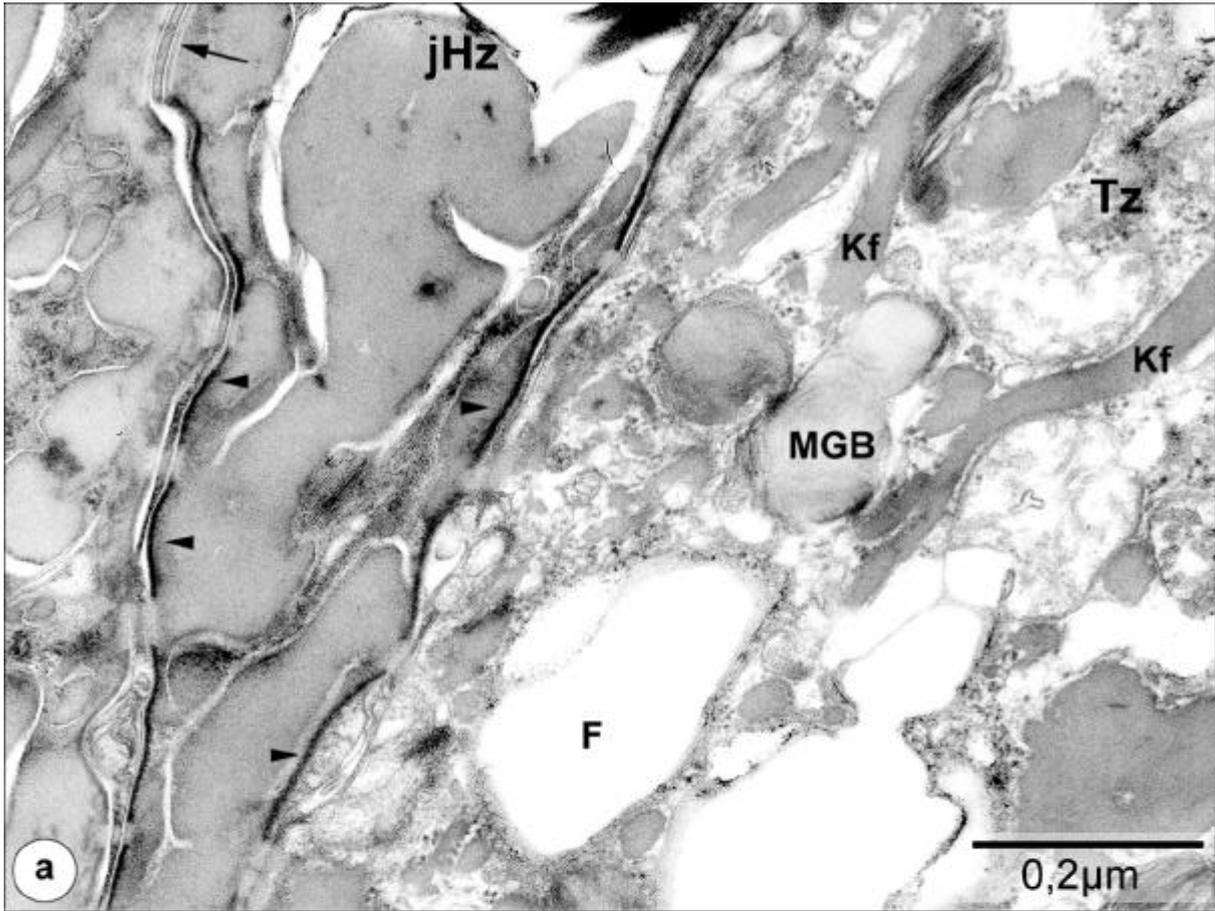
In den jungen Hornzellen (**jHz**) treten große Schollen von Keratin mäßiger elektronendichte auf. Deutlich sichtbar ist das stark elektronendichte „marginale Band“ im Inneren der Zelle, das der Zellmembran unmittelbar anliegt (**Pfeilköpfe**). Die jungen Hornzellen sind durch wenig elektronendichte Desmosomen (**Pfeil**) verbunden. Die Interzellularräume sind meistens eng und mit mäßig elektronendichtem Material gefüllt. **Kf**: Keratinfilamentbündel, **MGBs**: „multigranular bodies“, **F**: Fett, **Tz**: Transitivumzelle

TEM-Präparat

Abb. 19b: (vergrößert aus Abb. 19a)

Zwischen den Keratinschollen liegen lamelläre Strukturen mit abwechselnder Elektronendichte (**Pfeilköpfe**). **Pfeil**: Desmosom, **Sterne**: Interzellularraum

TEM-Präparat



Abbildungen 20

Metatarsalballen von Biotinmangelhühnern

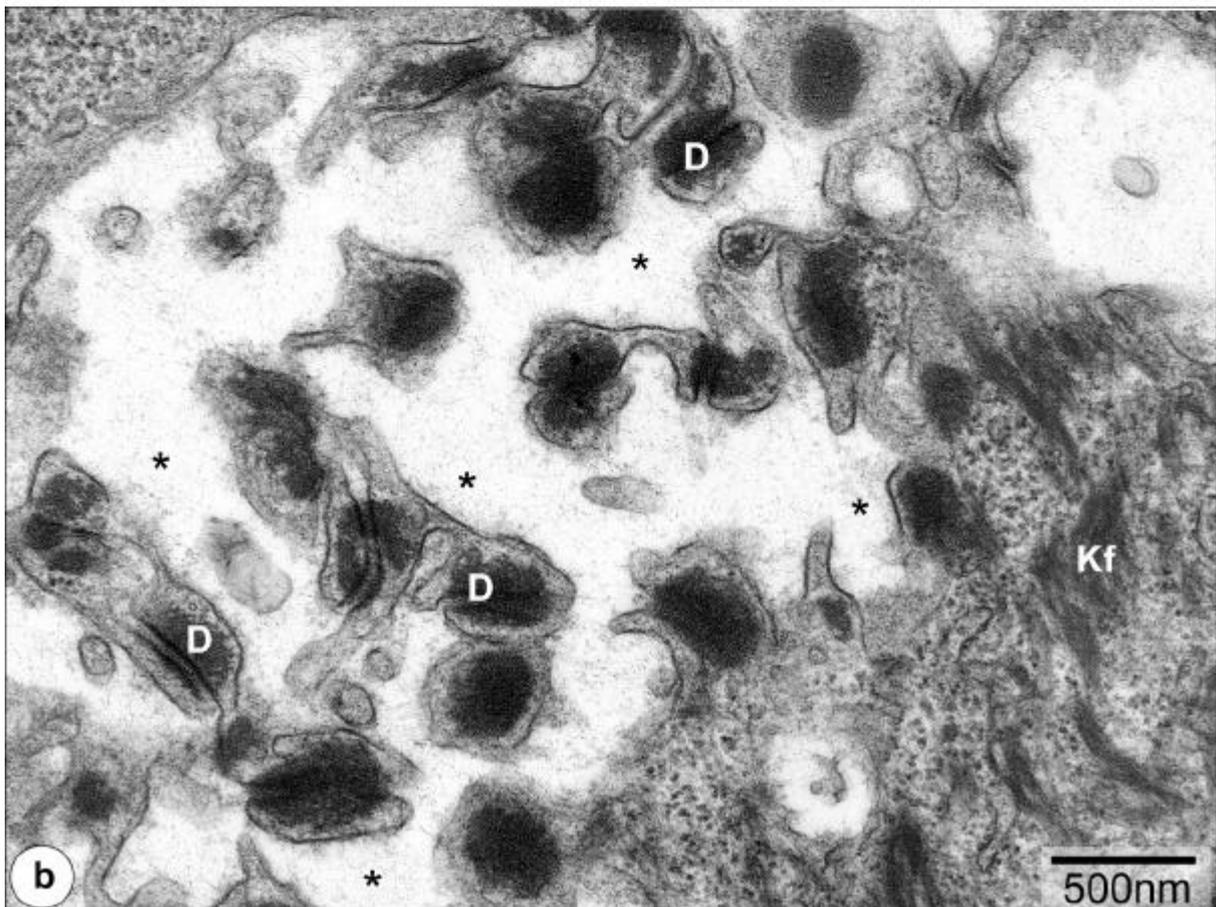
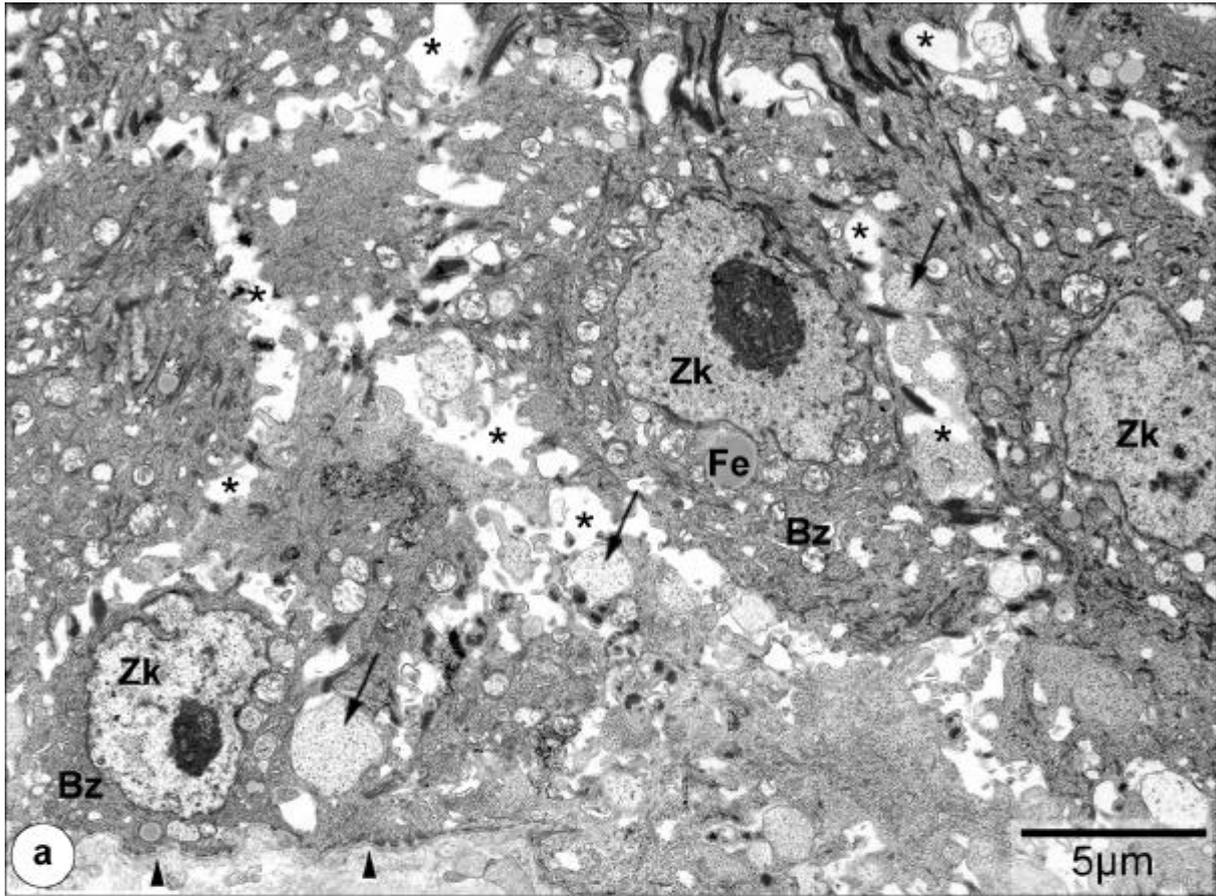
Basal- und Spinosazellen

Abb. 20a:

Zwischen den Basal (**Bz**)- und Spinosazellen treten stark erweiterte Interzellularräume (**Sterne**) auf. Meist scheint der Interzellularraum optisch leer. Unregelmäßig verteilt befinden sich im Interzellularraum grob- bis feinkörniges, inhomogenes Material, das überwiegend in mehreren kleinen bis mittelgroßen, Inseln (**Pfeile**) vorliegt. **Zk**: Zellkern, **Pfeilköpfe**: Basalmembran, **Fe**: Fetttropfen
TEM-Präparat

Abb. 20b: (vergrößert aus der Abb. 20a)

Die Vergrößerung zeigt den stark erweiterten Interzellularraum (**Sterne**) mit Zusammenhangstrennungen zwischen den Desmosomen (**D**) benachbarter Keratinozyten. **Kf**: Keratinfilamentbündel
TEM-Präparat



Abbildungen 21

Metatarsalballen von Biotinmangelhühnern

Spinosazellen

Abb. 21a:

Der Zellverband der Spinosazellen (**Sz**) zeigt ein sehr uneinheitliches Bild. Neben Spinosazellen mit elektronendichtem Zellinhalt, kommen helle Zellen vor. In den hellen Zellen (**hZ**) sind die Organellen und andere Zellinhalte scheinbar völlig aufgelöst. Es treten erweiterte Interzellularräume (**Sterne**) auf, die größtenteils mit elektronendichtem Material gefüllt sind.

Einleger: helle, blasige Strukturen, die teilweise mit elektronendichtem Inhalt gefüllt sind, haben direkt Verbindung (**Pfeil**) mit dem Interzellularraum (**Izr**).

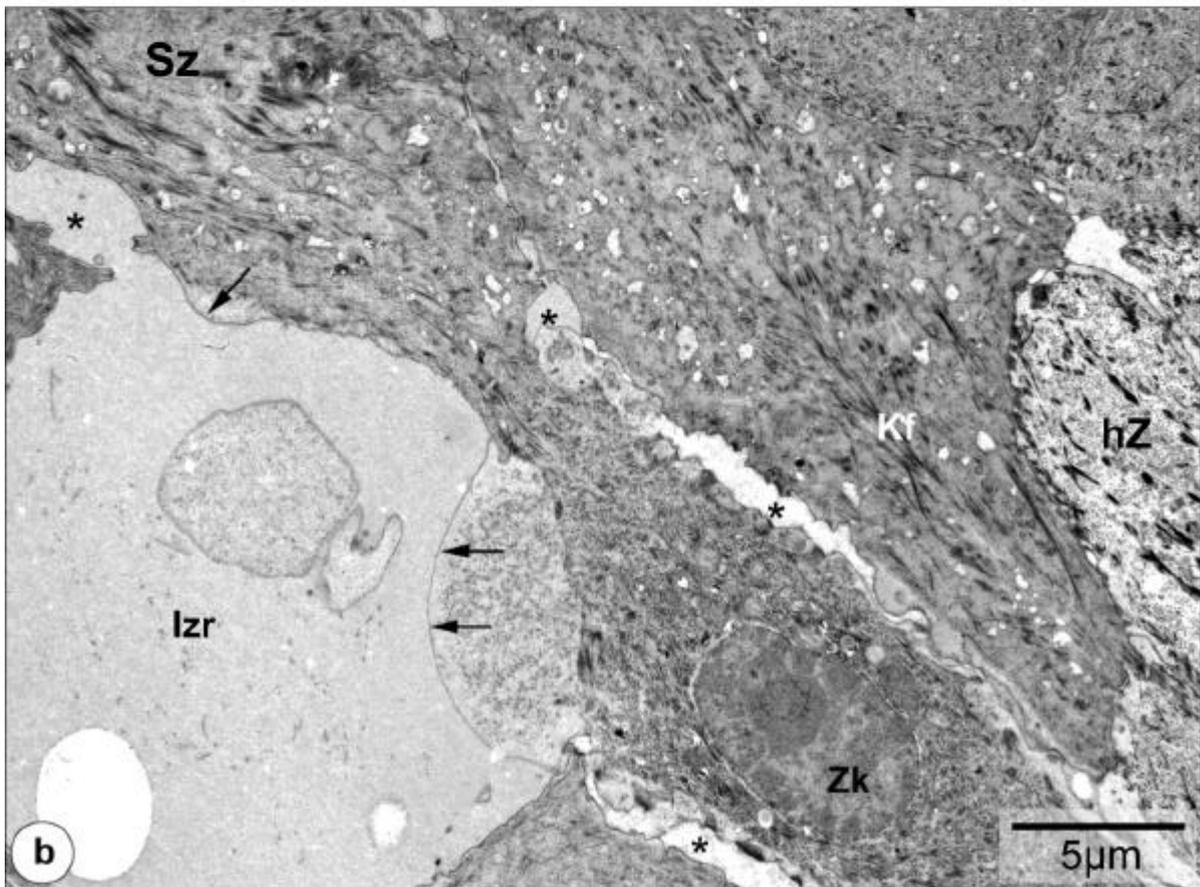
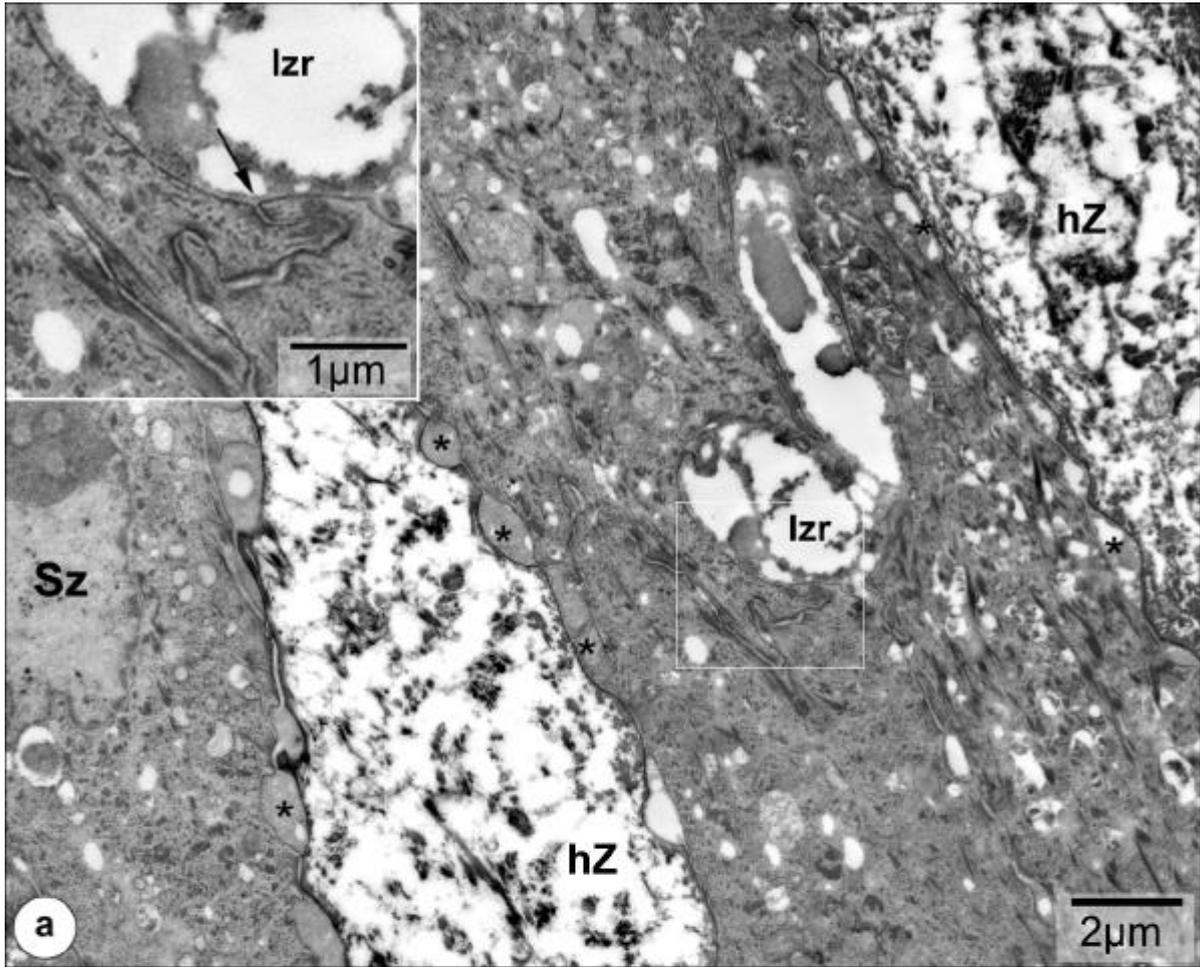
TEM-Präparat

Abb. 21b:

Es treten häufig zwischen den Spinosazellen (**Sz**) zu großen Blasen erweiterte Interzellularräume (**Izr**) auf. In diesen Blasen liegen nicht selten membranumhüllte Vesikel mit feinkörnigem Material oder es ragen blasige Vorstülpungen (**Pfeile**) der angrenzenden Zellen in den erweiterten IZR vor, die ebenfalls feinkörniges Material mäßiger Elektronendichte enthalten. Weiterhin kommen innerhalb der blasig-erweiterten Interzellularräume ovale bis kreisrunde, optisch leere Räume vor, die denen von herausgelösten Fetttropfen gleichen. Auch diese sehr weiten Interzellularräume haben direkte Verbindung mit den mäßig erweiterten Interzellularräumen (**Sterne**). Keratinfilamente- bzw. -bündel (**Kf**) sind nur spärlich ausgebildet.

Zk: Zellkern, **hZ**: (helle Zelle)

TEM-Präparat



Abbildungen 22

Metatarsalballen von Biotinmangelhühnern

Zellen des oberen Drittels des Stratum spinosum

Abb. 22a:

Das Bild zeigt stark erweiterte Interzellularräume (**l_{zr}**) innerhalb der oberen Spinosazellreihen. Deutlicher Übergang (**Pfeil**) eines stark erweiterten IZR (**Stern**) in einen blasig erweiterten Interzellularraum (**l_{zr}**). Am Rand der angrenzenden Zellen ist häufig ein schmaler Streifen von Keratinfilamenten (**Kf**), parallel zur Zellgrenze verlaufend, sichtbar.

TEM-Präparat

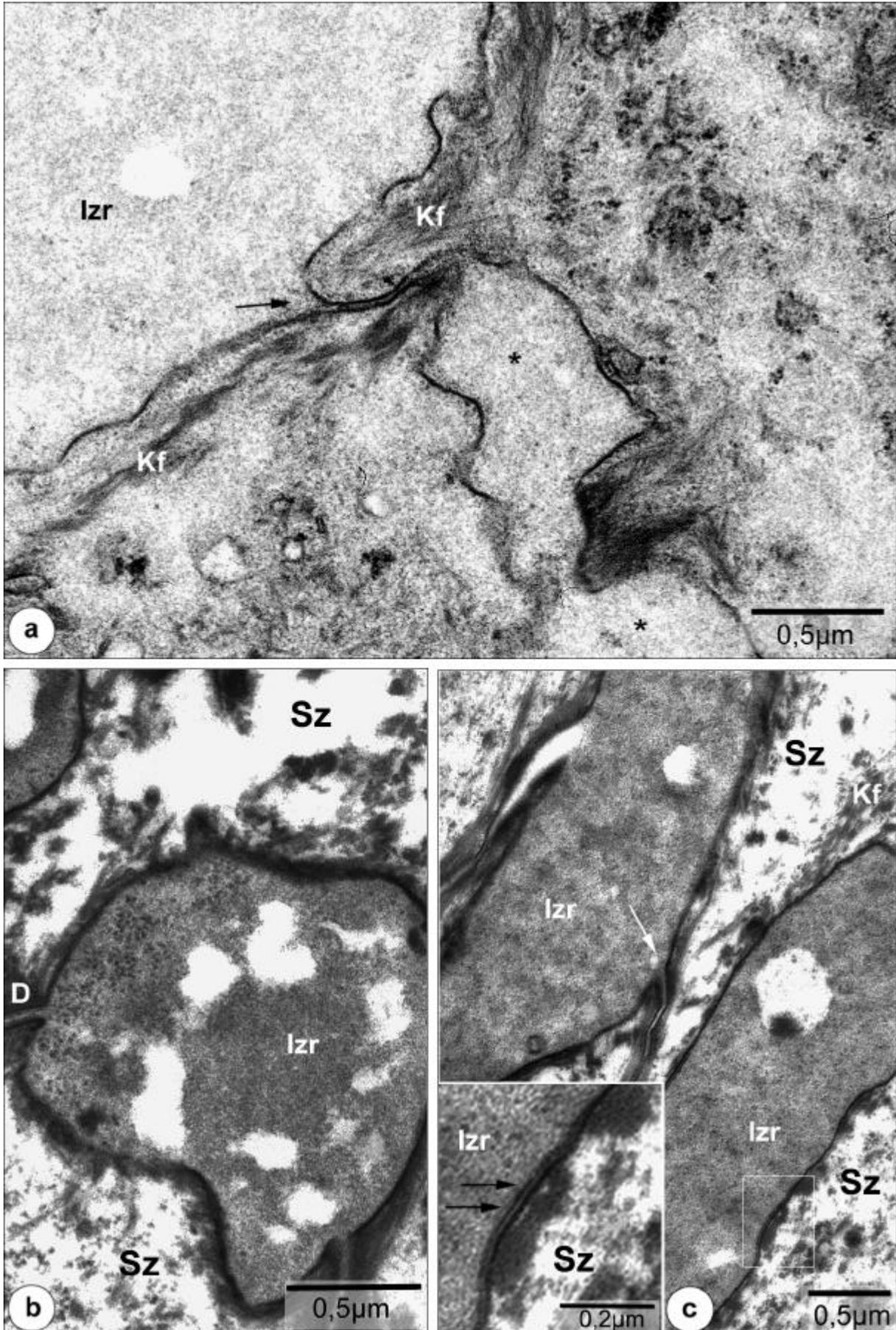
Abb. 22b:

Der erweiterte Interzellularraum (**l_{zr}**) ist in dieser Abbildung mit elektronendichtem Material angefüllt, der einige polymorphe, helle Areale enthält. Im linken oberen Bereich dieser Blase sind stärker elektronendichte, körnige Strukturen sichtbar. Der Übergang zu den engen Interzellularräumen ist deutlich. **Sz**: Spinosazellen, **D**: Desmosom.

TEM-Präparat

Abb. 22c:

Dieses Bild zeigt deutlich, daß die blasig erweiterten Interzellularräume an einigen Stellen eine Membran (**Pfeile**) besitzen. **Sz**: Spinosazellen, **Kf**: Keratinfilamente, **l_{zr}**: Interzellularraum



Abbildungen 23

Metatarsalballen von Biotinmangelhühnern

Zellen des oberen Drittels des Stratum spinosum

Abb. 23a:

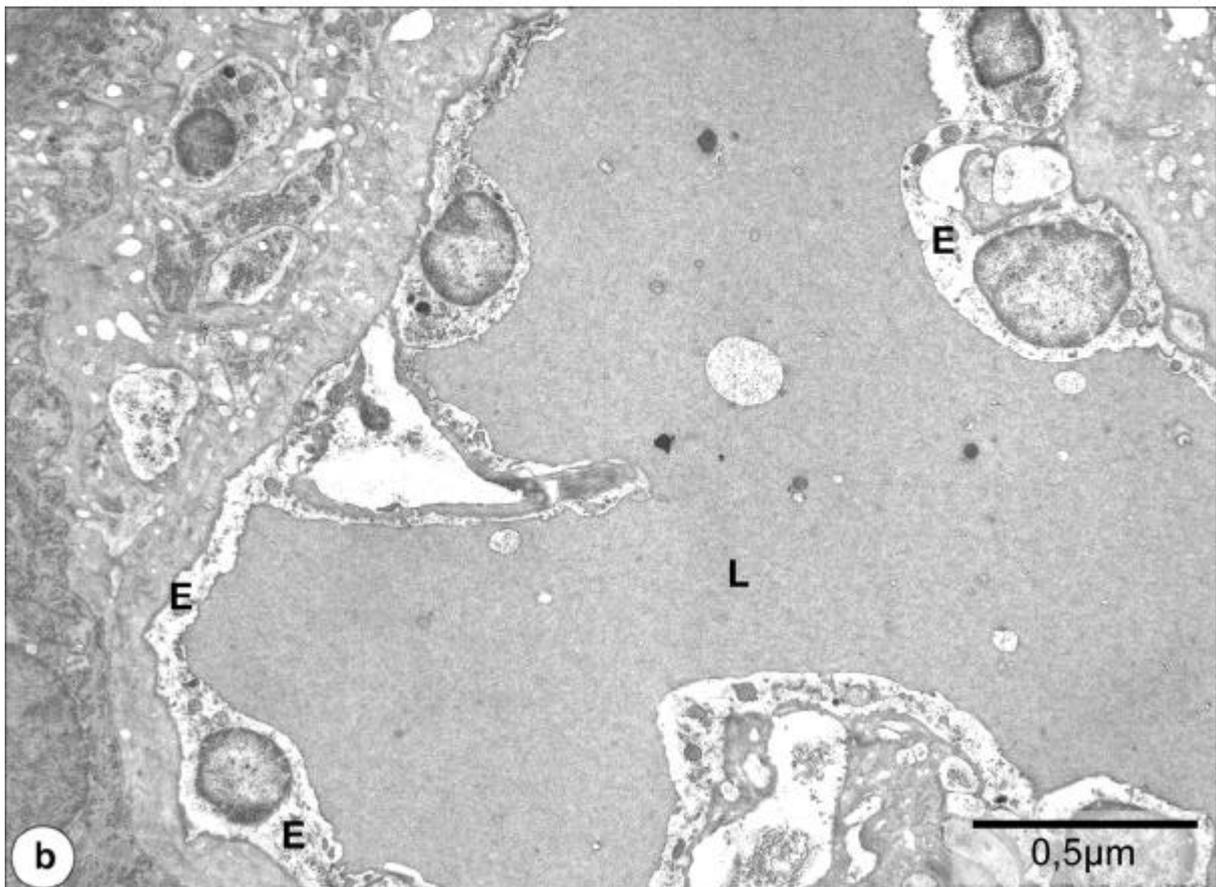
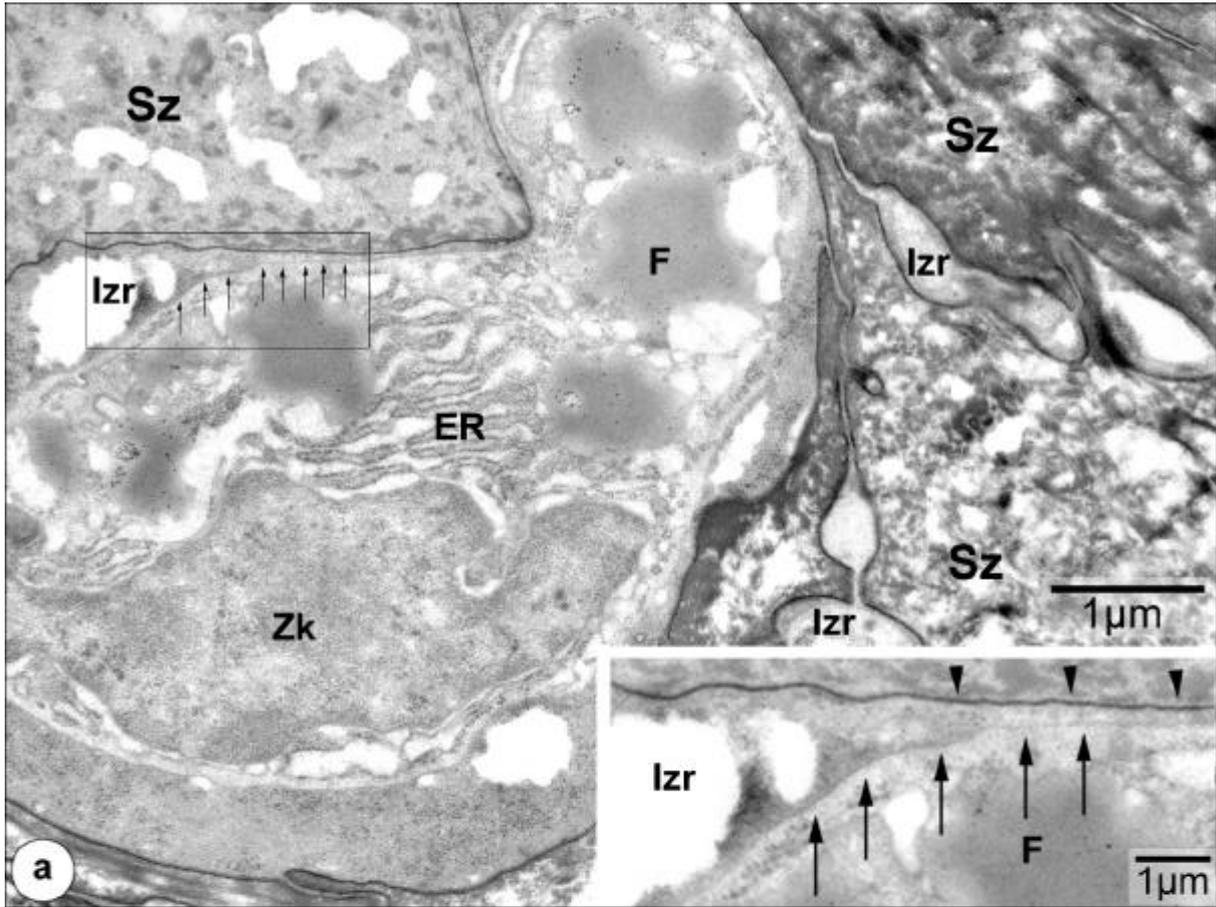
Das Bild zeigt im oberen Stratum spinosum eine in Lyse befindliche epidermale Zelle.

Zellkern (**Zk**), endoplasmatisches Retikulum (**ER**) und Fetttropfen (**F**) sind als solche noch gut erkennbar. Größtenteils ist die Zellmembran dieser Zelle bereits aufgelöst und die sich auflösende Zellmasse ist somit direkt mit dem mäßig erweiterten Interzellularraum (**izr**) verbunden. An wenigen Stellen (siehe Einleger) sind noch Reste der ehemaligen Plasmamembran (**Pfeile**) darzustellen. Die **Pfeilköpfe** deuten auf die Zellmembran der benachbarten Zelle.

Kapillaranschnitt im Metatarsalballen eines Biotinmangelhuhnes

Abb. 23b:

Stark erweiterte Gefäßlumina (**L**) in der oberen Lederhaut der Biotinmangeltiere. Die Endothelzellen (**E**) sind stark abgeflacht und enthalten ein relativ helles Zytoplasma mit relativ wenigen Zellorganellen. Die Basalzellen der Epidermis sind am linken Bildrand teilweise sichtbar.



Abbildungen 24

ATPase-Nachweis im Metatarsalballen

Abb. 24a:

In der Haut der biotinsupplementierten Tiere reagieren die Zellmembranen der Endothelzellen (**E**) positiv auf den ATPase Nachweis. Das Bild zeigt eine Arteriole, in der vor allem die basalen Membranen eine starke Enzymaktivität aufweisen, die durch die stark elektronendichten Ablagerungen (**Pfeile**) sichtbar gemacht werden. Die lumenwärts gerichteten Endothelzellmembranen zeigen hingegen kaum Adenosintriophosphatase - Aktivität. Etwas mehr Enzymaktivität kommt zwischen den Endothelzellen vor. **Zk**: Zellkern, **L**: Gefäßlumen.

Abb. 24b:

Die Gefäßanschnitte bei Biotinmangeltieren reagieren alle vollständig negativ auf den ATPase-Nachweis. **E**: Epithelzellen, **L**: Gefäßlumen

