

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Herausgeber:** Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

**Band:** 113 (1971)

**Heft:** 10

**Artikel:** Über das mehrschichtige Plattenepithel des Vorderdarmes von Schwein, Pferd und Hauswiederkäuer

**Autor:** Wille, K.-H. / Schummer, A. / Schnorr, B.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-592785>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.01.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Über das mehrschichtige Plattenepithel des Vorderdarmes von Schwein, Pferd und Hauswiederkäuer<sup>1</sup>

von K.-H. Wille, A. Schummer und B. Schnorr

### Entwicklungsgeschichtliche und funktionelle Vorbemerkungen

Zur Klärung der Frage nach der Entstehung des vielgestaltigen Magens der Vertebraten haben vor allem die grundlegenden Arbeiten von Pernkopf (1937) einen wesentlichen Beitrag geliefert. Ziel seiner an einem umfangreichen Vergleichsmaterial, vor allem die Muskelwand und die Schleimhaut des Magens betreffenden Untersuchungen war es, stammesgeschichtliche Zusammenhänge bei der Entwicklung des Organes aufzudecken. Unter Auswertung seiner morphologischen Befunde und vergleichend-physiologischer Erkenntnisse konnte er nachweisen, daß der Magen aller rezenten Vertebraten, unabhängig von seiner arttypischen Form, sich in der Phylogenie aus einer einfachen spindelförmigen Anlage entwickelt hat.

Von dieser Grundform ausgehend, entwickelt sich auch in der Ontogenese sowohl der einhöhlige wie auch der mehrhöhlige Magen (Martin, 1891, 1896; Schummer, 1932) aller Säugetiere. Hierbei führt die Ausdifferenzierung der Muskelwand des Magens bei allen Formen zur Entstehung gleichartiger oder voneinander ableitbarer Strukturen. Die Histogenese der Schleimhaut hingegen zeigt in ihrem Endergebnis tierartige Unterschiede. Zunächst besitzt die Schleimhaut des Ösophagus und des Magens, also des Vorderdarmes, während der Entwicklung ein einschichtiges prismatisches Epithel. Im Ösophagus wird es in allen Fällen durch ein mehrschichtiges, meist verhornendes Plattenepithel ersetzt. Die drüsenhaltige Schleimhaut des Magens hingegen behält bei den weitaus meisten Säugern ihr einschichtiges prismatisches Epithel. Bei einer Reihe von Spezies überschreitet jedoch der für das Epithel der Speiseröhre beschriebene Prozeß die durch die Cardia bestimmte Speiseröhren-Magengrenze, so daß ein unterschiedlich großes Areal kutaner, drüsenloser Schleimhaut als sogenannte Pars proventricularis in den Magen hineinreicht. Betont sei jedoch, daß die Pars proventricularis nicht als in den Magen vorgedrungene Ösophagusschleimhaut anzusehen ist. Vielmehr stellt sie einen zwar gleichartig modifizierten, jedoch an Ort und Stelle entstandenen Abschnitt der Magenschleimhaut selbst dar. Dieses Feld kutaner Schleimhaut erreicht bei den verschiedenen Vertebraten recht unterschiedliche Ausdehnung. Bei einigen Spezies «verdrängt» sie die gesamte Drüsen Schleimhaut und kleidet das Organ vollständig aus. Ein mit

---

<sup>1</sup> Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. E. Seiferle zu seinem 70. Geburtstag gewidmet.

einer Pars proventricularis ausgestatteter einhöhliger Magen findet sich bei einer Anzahl von Vertretern verschiedener Ordnungen der Klasse Mammalia, und zwar bei Kloakentieren, Zahnarmen, Nagetieren sowie bei Paar- und Unpaarhufern. Da diese Vertreter Ordnungen angehören, die im System weit voneinander entfernt sind, läßt sich die Entstehung einer Pars proventricularis aus stammesgeschichtlicher Sicht nicht erklären. Vielmehr ist anzunehmen, daß das Auftreten dieses Merkmales bei einzelnen Vertretern der genannten Ordnungen von Fall zu Fall als ein Vorgang funktioneller Anpassung zu deuten ist.

Sucht man nach den Ursachen solcher funktionellen Anpassung, so wäre zunächst an die von den betreffenden Tierarten bevorzugte Nahrung als unmittelbar auslösender Faktor zu denken. Diese Vermutung trifft in so vereinfachter Form sicher nicht zu, denn die Arten der erwähnten Ordnungen sind entweder rein insektivor oder herbivor, ja sogar omnivor. Selbst innerhalb derselben Ordnung, zum Beispiel bei den herbivoren Nagern, gibt es Spezies, deren Magen eine Pars proventricularis besitzt, und solche, denen sie fehlt. Auch zwischen dem Grad der mechanischen Zubereitung der Nahrung, das heißt, ob sie, von der Qualität des Gebisses abhängig, grob- bzw. unzerkaut oder fein zermahlen in den Magen gelangt, und der Entstehung einer Pars proventricularis besteht kein nachweisbarer Zusammenhang. Mit kutaner Schleimhaut ausgestattete Mägen finden sich sowohl bei Zahnarmen wie auch bei den Nagern mit ihrem gut ausgebildeten Kauapparat. Das bisher Gesagte schließt jedoch nicht aus, daß die Entstehung kutaner Schleimhautfelder im einhöhligen Magen nicht doch mit mechanischen Leistungen des Epithels in Zusammenhang steht. Es gilt ja geradezu als Regel, daß jene Abschnitte des Verdauungsapparates, die bei der Nahrungsaufnahme bzw. bei deren Transport und Speicherung mechanischen Einflüssen ausgesetzt sind, mit kutaner Schleimhaut ausgestattet sind. Diese Einflüsse auch für Abschnitte des einhöhligen Magens mit Sicherheit anzunehmen oder auszuschließen, wird allerdings erst dann möglich sein, wenn eine genaue Analyse der gesamten Motorik und der mechanischen Leistungen des mit einer Pars proventricularis ausgestatteten Organes vorliegt. Daß solche Zusammenhänge bestehen können, ist an dem mehrhöhligen Magen der Wiederkäuer erwiesen. Denn hier hat jeder der drei mit kutaner, drüsenloser Schleimhaut ausgestatteten Vormägen im Rahmen der Gesamtmotorik, mit erheblichem Energieaufwand verbundene Leistungen zu vollbringen. Die von der Muskelwand entwickelten Kräfte werden durch die mit besonderen Einrichtungen, wie Pansenzotten, Haubenleisten und Buchblätter versehene Schleimhaut auf den Mageninhalt übertragen, wobei auch ihre Epitheldecke in rhythmischer Folge mechanisch belastet wird. Das gleiche mehrschichtige verhornte Epithel kann zudem auch den Stofftransport in beiden Richtungen vollziehen, was ein Beweis für die Anpassungs- und Leistungsfähigkeit biologischer Membranen ist.

Von der zulässigen Annahme ausgehend, daß gleiche Gewebsstrukturen und Enzymmuster, gleiche oder zum mindesten ähnliche Funktionen – und umgekehrt – vermuten lassen, erschien es reizvoll, die früher am mehrschichtigen Plattenepithel der Proventriculi von Wiederkäuern (Literaturübersicht bei Schnorr, 1970) und des Pferdemagens (Schnorr und Wille, 1971) durchgeführten Untersuchungen auch auf das Epithel der Speiseröhre sowie auf das der Pars proventricularis des Magens vom Schwein auszudehnen, die Befunde zu vergleichen und damit den Versuch einer funktionellen Deutung für das Auftreten kutaner Schleimhäute in diesem Organ zu unternehmen.

Im Magen von *Sus scrofa* hat die wenig umfangreiche Pars proventricularis die Form eines langgestreckten Ovals. Das Feld der an ihrer weißen Farbe erkennbaren kutanen Schleimhaut beginnt an der Spiralfalte, die den Zugang in das für den Magen

des Schweines typische Diverticulum ventriculi begrenzt, und zieht von hier über die Cardia hinweg in Richtung auf den Angulus ventriculi. Auf dem Weg dahin bedeckt die Schleimhaut die von den Schenkeln der Kardiamuskelschleife flankierte Magenrinne.

Bei dem *Pferd* ist das Areal kutaner Schleimhaut sehr viel umfangreicher. Es kleidet nicht nur den die Cardia weit überragenden Blindsack, Saccus caecus, des Magens vollständig aus, sondern reicht weit in das Corpus hinein. Der sogenannte Margo plicatus, ein ausgezackter Epithelwall, grenzt die Pars proventricularis gegenüber der anschließenden Drüsenschleimhaut ab. Bemerkenswert ist, daß, wie im Magen des Schweines, das Gebiet der Magenrinne, die beim Pferd durch die besonders kräftige Kardiamuskelschleife eine deutliche Ausprägung erhält, von der kutanen Schleimhaut bedeckt ist. Ebenso fällt auf, daß die im Bereich des Saccus caecus von den Fibrae obliquae ext. und besonders von den Fibrae obliquae int. gebildete Muskelwand sehr kräftig ist und am überlebenden Magen eine äußerlich sichtbare, mit dem Margo plicatus gleichlaufende Rinne zu erkennen ist. Hiermit stimmt auch die Beobachtung überein, daß die zum Beispiel durch Formolinjektion zur Kontraktion angeregte überlebende Muskulatur das Lumen des Saccus caecus erheblich verkleinert, ein Vorgang, der auf der Schleimhaut hohe Falten entstehen läßt. Diese Feststellung steht mit den von Hill (1952) am Equidenmagen gemachten röntgenologischen Beobachtungen, denen zufolge der Saccus caecus an dem Formwechsel des Magens nicht teilnimmt, im Widerspruch. Dies um so mehr, als er selbst schreibt: «Diese Bewegungslosigkeit erscheint um so unverständlicher, als gerade dieser Magenabschnitt über eine starke Wandmuskulatur verfügt.»

### Material und Methoden<sup>1</sup>

Zur Untersuchung gelangten Proben aus dem unteren Drittel des Ösophagus von Schwein, Pferd und Ziege sowie aus der Pars proventricularis des Magens vom Schwein. Die 10  $\mu$ m dicken Schnitte für die histologische Untersuchung wurden teilweise nach Masson in der Modifikation nach Goldner, teilweise mit H.-E. gefärbt. Das Material für alle elektronenmikroskopischen Studien wurde in Vestopal eingebettet; die Ultradünnschnitte (Reichert Om U 2<sup>®</sup>) zum Teil nach Kontrastierung in 5%igem wässrigem Uranylacetat mit dem Zeiss EM 9 S - 2 untersucht.

Zum Enzym-Nachweis wurden folgende Verfahren angewendet (ausführliche Übersicht bei Schnorr, 1970): 1. Saure Phosphatase: Methode von Miller und Palade (1964); Inkubation 30 Min. bei 37° C. 2. Alkalische Phosphatase: Methode nach Hugon und Borgers (1966); Inkubation 5 bzw. 10 Min. bei 4° C bzw. Zimmertemperatur. 3. ATPasen: Methode von Farquhar und Palade (1966); Inkubation 30 Min. bei Zimmertemperatur oder 20 Min. bei 37° C.

### Morphologie des Epithels

Im folgenden soll versucht werden, sowohl Übereinstimmungen wie aber auch Differenzen im Aufbau des mehrschichtigen Plattenepithels des Vorderdarmes genannter Arten aufzuzeigen, die möglicherweise schon Hinweise auf art- und organspezifische Funktionsunterschiede geben.

In allen untersuchten Organen repräsentieren hochprismatische Basalzellen mit ovalen Kernen das einschichtige *Stratum basale s. cylindricum*, das einem deutlich ausgebildeten Papillarkörper aufsitzt (Abb. 1).

Das anschließende *Stratum spinosum* (Abb. 1) mit seinen dem Stratum

<sup>1</sup> Den technischen Assistentinnen E. Merl und A. Hild danken wir für sorgfältige Mitarbeit.

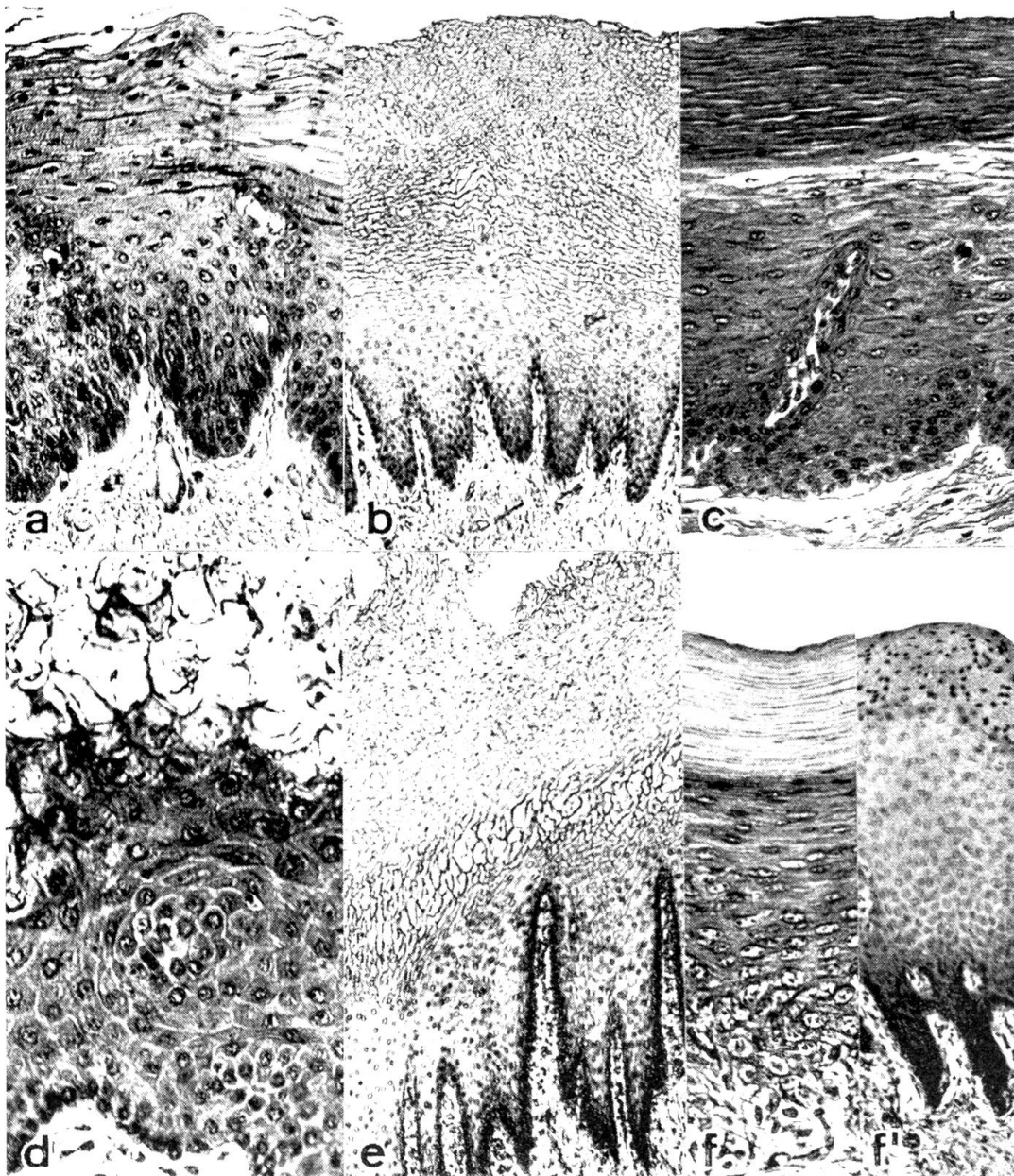


Abb. 1a-f' Das mehrschichtige, verhornende Plattenepithel des Vorderdarmes der Ziege (a, d), des Schweines (b, e) und des Pferdes (c, f, f'). Schleimhaut-Ausschnitte der Speiseröhre (a-c), des Pansens (d) und der Pars proventricularis (e-f'). In den Teilabbildungen jeweils unten Propria mucosae mit Papillae occultae; darüber Abschnitt der Lamina epithelialis; am oberen Rand ist das Lumen sichtbar. Einzelheiten entnehme man dem Text! Färbung: H.-E.; Masson-Goldner (c, d). Li.mik.Aufn.Vergr.: 88mal (b, e); 101mal (f'), 224mal (a, c, d) und 256mal (f).

basale unmittelbar benachbarten Parabasal- und den Intermediärzellen ist in diesen Vorderdarmabschnitten unterschiedlich hoch. Während Schnorr und Vollmerhaus (1967) für die Stachelzellschicht des Pansenepithels durchschnittlich 6 bis 10 Zellagen angeben, ist nach unseren Beobachtungen

deren Anzahl in der Speiseröhre sowie im Magen von *Schwein* und *Pferd* zumindest im interpapillären Bereich größer. Auf Grund der Zellform kann man im Epithel all dieser Schleimhäute ein aus polyedrischen Zellen mit intensiv färbbarem Zytoplasma und kugeligen oder ovalen Kernen bestehendes *Stratum spinosum profundum* von einem, mit Ausnahme des mehrschichtigen Vorderdarm-Epithels des Schweines, meistens flachere, oft weniger gut färbbare Zellelemente mit kleineren oder größeren (Wiederkäuer), ovalen Kernen enthaltenden *Stratum spinosum superficiale* unterscheiden, wie es auch beim Wiederkäuer angetroffen wird (Hauser, 1929; Schnorr und Vollmerhaus, 1967; Schnorr, 1970). Bei *Sus scrofa dom.*, bei dem die Vielgestaltigkeit aller Epithelzellen auffällt (Abb. 1 b, e; 3), sind im lichtmikroskopischen Bild die Zellen bereits im *Stratum spinosum profundum* durch eine lumenwärts immer deutlicher werdende Verdichtung peripheren Zytoplasmas bei gleichzeitig weniger guter Anfärbbarkeit zentraler Zellpartien gekennzeichnet (Abb. 1 b, e). Elektronenoptisch tritt dieses vor allem durch einen gegenüber dem Zellzentrum größeren Gehalt der Randzone an Tonofibrillen in Erscheinung. Erstaunlich ist die Armut der Zellen an Organellen bzw. deren Fehlen bereits in dieser Schicht – ein Befund, der bemerkenswerterweise mit Ausnahme des Vormagen-Epithels der Wiederkäuer bei allen hier beschriebenen Epithelien angetroffen wird (Abb. 3). Beim *Pferd* dagegen imponieren im *Stratum spinosum* oberflächenparallel angeordnete, flache Zellen, deren Grenzen im Ösophagus sehr deutlich sind. Die Kerne sind seltener kugelig, meistens oval und dann mit ihrem großen Durchmesser zur Längsachse der Zellen orientiert (Abb. 1 c, f).

Nach Helm (1907) besitzt das Speiseröhren-Epithel der Ziege und des Schweines sowohl ein *Stratum granulosum* als auch ein *Stratum lucidum*, beim Pferd dagegen nur ein *Stratum granulosum*. Mit diesen Angaben sind nach unseren Befunden die beiden Schichten weder im Ösophagus noch im Magen bzw. den Vormägen eindeutig gekennzeichnet, denn schon bei lichtmikroskopischer Betrachtung sind deren Zellelemente weitergehend differenziert. Damit wird zugleich nach den grundlegenden Ergebnissen von Hauser (1929) und den feinstrukturellen Untersuchungen von Henrikson und Habel (1961), Schnorr und Vollmerhaus (1967), Schnorr (1970) sowie Henrikson (1971) auch in diesen Schichten die Sonderstellung des *Vormagen-Epithels* deutlich. Nach den Befunden der genannten Autoren ist in der Lamina epithelialis des Pansens ein *Stratum granulosum* mit mindestens 2 Lagen sogenannter Körnerzellen Typ A, charakterisiert durch den Besitz von unterschiedlich großen Keratohyalin-Granula in einem Geflechtwerk von Tonofibrillen, sowie eine «unvollständige Schicht farbscheuer Zellen» (Schnorr und Vollmerhaus), das *Stratum «lucidum»* Hausers, vorhanden. Diese chromophoben Zellelemente werden auch als «Körnerzellen Typ B» (Schnorr und Vollmerhaus) bezeichnet und weisen eine starke «Hornmembran» (Hauser) auf, die sich elektronenmikroskopisch als ein «dichtes Netz von Tonofilamenten mit dazwischen eingelagerten

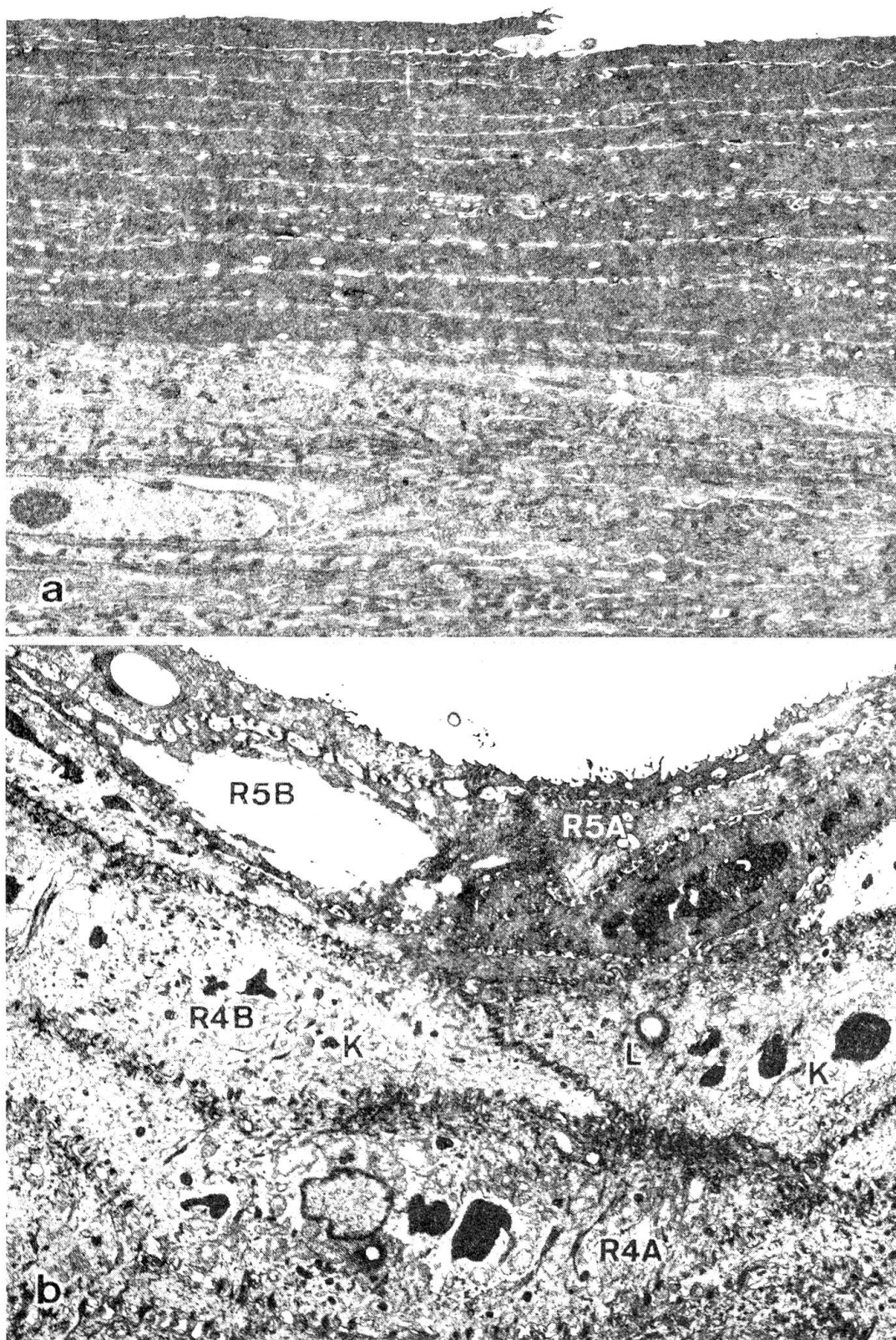


Abb. 2a und b



Abb. 3 Ausschnitt aus dem Epithel der *Speiseröhre* des *Schweines*. Zellen des *Stratum spinosum superficiale*; oben Anschnitte von Hornschuppen der tiefen Lagen des *Stratum corneum*. Man beachte die polymorphen, kernlosen und auffallend organellenarmen Zellen. Nachkontrastierung 1 Std. mit Uranylacetat. El. mik. Aufn. Vergr.: 4400:1.

Abb. 2a und b Epithel des *Netzmagens* der *Ziege*. Teilabbildung a: Epithelabschnitt einer Papillenspitze. Oben *Stratum corneum* mit kernlosen Hornschuppen; darunter flache Zellen ohne Keratohyalin. Teilabbildung b: Epithelausschnitt einer Schleimhautbucht. Zelltypen in Anlehnung an Schnorr und Vollmerhaus (1967); unten Körnerzellen Typ A (R 4 A) und Typ B (R 4 B); oben *Stratum corneum* mit abgeplatteten Hornzellen (R 5 A) und einer diskusförmigen Zelle (R 5 B). K unterschiedlich große Keratohyalin-Granula. L Lipidtröpfchen. Nachkontrastierung 1 Std. mit Uranylacetat. El. mik. Aufn. Vergr.: 4500:1.



Keratohyalingranula» (Schnorr, 1970) darstellt. Eine vergleichbare Zellstruktur liegt auch in den Mukosabuchten des Netzmagens vor (Abb. 2b), während in Richtung auf die Papillenspitze die Zahl der Zellen mit Keratohyalin-Körnchen rasch abnimmt (Abb. 2a) – ein Verhalten, das insgesamt auch im Blättermagen beobachtet werden kann (Schnorr, 1970). Im Epithel der Speiseröhre von *Capra hircus* liegen nach unseren lichtoptischen Befunden lumenseitig vom Stratum spinosum vermehrt flache Zellschuppen mit teilweise auffallend intensiv gefärbtem Zytoplasma. Die hier erhaltenen Kerne weisen Zeichen von Degeneration auf. Daran schließt sich bei dieser Spezies eine etwa 3 bis 10 Lagen umfassende Schicht flacherer oder aufgetriebener Zellen an, deren Zytoplasma zum großen Teil auffällig «farbscheu» ist und eine deutliche Granulierung zeigt (Abb. 1a). Die Peripherie des Zytoplasmas besteht aus sehr dichtem Material und erinnert an Havers «Hornmembran». Die hier sichtbaren Nuklei sind teilweise voluminöser als in der basalwärts gelegenen Schicht. Diese geschilderten lichtmikroskopischen Befunde bedürfen ebenso noch der elektronenmikroskopischen Prüfung und Interpretation wie die chromophoben Zellen, die beim *Schwein* im Epithel besonders der Pars proventricularis in mehreren Lagen zu einer Schicht zwischen Stratum spinosum und Stratum corneum zusammengefügt sein können (Abb. 1b, e). Es handelt sich dabei um polygonale, mit typischen Fortsätzen und bemerkenswert starker «Hornmembran» ausgestattete Zellelemente, in denen teilweise Konglomerate und Granula unterschiedlicher Größe, oft peripher, gelegen sind. Die Kerne dieser Zellen sind entweder blasig aufgetrieben oder pyknotisch geschrumpft. Im Speiseröhren-Epithel von *Equus caballus* liegt unterhalb des Stratum corneum, von diesem gut abgesetzt, eine etwa 5 bis 10 Lagen starke Schicht relativ heller, im Anschnitt spindelförmiger Zellen, die zum Teil ebenfalls Körnchen enthalten; auch hier sind die Zellgrenzen deutlich sichtbar (Abb. 1c). Die Schicht chromophober Zellen ist in der kutanen Schleimhaut des Magens meistens nur undeutlich vorhanden oder fehlt ganz. Dort, wo in der Pars proventricularis ein weitgehend kernloses Stratum corneum ausgebildet ist (s.u.!), setzt sich von diesem vielmehr eine schmale Zone ab, die durch sehr flache Zellen mit hyperchromatischen, länglichen Kernen eindeutig charakterisiert ist (Abb. 1f). Nach unseren elektronenmikroskopischen Untersuchungen handelt es sich dabei um extrem flache, leicht gewellte Zellelemente mit einem dichten Geflecht von Tonofilamenten. Keratohyalin-Granula konnten bisher nicht nachgewiesen werden.

Bei allen drei Spezies ist ein gut ausgebildetes *Stratum corneum s. superficiale* (Abb. 1) vorhanden, das jedoch nur beim *Pferd* gleichmäßig dick ist. Es besteht bei dieser Tierart aus flachen, dichten Hornzellen und kommt in zwei Varianten vor: Während in manchen Magenbezirken und in der Speiseröhre – nur hier in der basalen Hälfte noch mit zahlreichen Kernen ausgestattet – diese Schicht von extrem abgeflachten, homogenen Schuppen gebildet wird (Abb. 1f), kann andernorts das Stratum corneum der Pars pro-

ventricularis im ganzen aus kernhaltigen Schuppen bestehen, die häufig zahlreicher und nicht ganz so flach sind (Abb. 1 f'). Für das Zustandekommen dieser Unterschiede gibt es bislang keine überzeugende Erklärung. Die Hornschuppen des Vorderdarm-Epithels beim *Schwein* sind «bizarr» geformt und mächtig aufgeschichtet (Abb. 1 b, e); hingegen im Ösophagus der *Ziege* nicht ganz so unregelmäßig gestaltet und lockerer gefügt (Abb. 1 a). Bei beiden Spezies werden bis in die obersten Schichten pyknotische Kerne angetroffen. Die unterschiedliche Ausbildung der Hornschicht in den *Vormagen*abteilungen der Wiederkäuer schwankt je nach Vorkommen in weiten Grenzen (Schnorr, 1970), wie die Abbildungen 1 d und 2 anschaulich darstellen. So liegen im mehrschichtigen Plattenepithel des Pansens sowie der Mukosa-Vertiefungen von Netz- und Blättermagen (Abb. 2 b) Hornzellen vom Typ A, B und teilweise C, nämlich plättchen-, diskus- und zum Teil ballonförmige Zellelemente vor, von denen allein der Typ A eine «Barriere» darstellt (Schnorr und Vollmerhaus, 1967). Auf den Kuppen der Netzmagen-Schleimhaut dagegen sowie auf den Papillen des Blättermagens sind mehrere bzw. zahlreiche Lagen von Hornschuppen vorhanden, die hier insgesamt eine Barrierschicht bilden dürften (Abb. 2 a).

Die Zusammenfassung der dargestellten Befunde ergibt, daß das mehrschichtige Plattenepithel der Ösophagus-Schleimhaut von Schwein, Pferd und Wiederkäuer zwar gewisse Differenzen im Aufbau aufweist, die jedoch keine unterschiedlichen Funktionen vermuten lassen. Im Gegensatz hierzu bestehen zwischen der Lamina epithelialis der Wiederkäuer-Vormägen einerseits und der der Pars proventricularis von Schwein und Pferd andererseits so signifikante morphologische Unterschiede, daß hieraus auch auf verschiedene physiologische Leistungen geschlossen werden kann.

### Phosphatasen im Epithel

Neben den feinstrukturellen Unterschieden an den Epithelzellen sind solche auch in ihrer Ausstattung mit einigen von uns näher untersuchten Enzymen, wie den Phosphatasen, feststellbar, die im Hinblick auf die Funktion der Epithelschicht von besonderem Interesse sind.

1. *Saure Phosphatase* (EC. 3.1.3.2): Diese saure Hydrolase ist an Zellpartikel gebunden und gilt als Leitenzym der Lysosomen (De Duve und Wattiaux, 1966). Im mehrschichtigen Plattenepithel soll die Zelldifferenzierung und damit auch der Verhornungsprozeß durch lysosomale Enzyme gesteuert werden (Novikoff, 1960; Mischima, 1964; Farquhar und Palade, 1965; Ten Cate, 1966). Die saure Phosphatase wird sowohl im Epithel der Speiseröhre als auch in jenem der Pars proventricularis von Schwein und Pferd sowie im Epithel der Vormägen angetroffen. Lichtmikroskopisch können die Reaktionsprodukte dieses Enzyms vereinzelt in Form kleiner Granula im gesamten Epithel aller untersuchten Proben nachgewiesen werden (Schnorr und Wille, 1971). Im Vormagenepithel der Wiederkäuer treten zudem deutlichere Reaktionen im Stratum granulosum und

unteren Stratum corneum auf (Schulz, 1962a, b, c, 1963; Habel, 1963). Diese unterschiedlichen Befunde konnten durch die elektronenmikroskopischen Untersuchungen näher präzisiert werden. Die an den histologischen Schnitten erkennbaren granulären Reaktionsprodukte erweisen sich elektronenoptisch als 0,2–0,4  $\mu\text{m}$  große, enzympositiv reagierende Zellpartikel, die zu den sekundären Lysosomen zu rechnen sind. Sie kommen sowohl im Epithel der Speiseröhre (Abb. 4), der Pars proventricularis von Schwein und Pferd (Schnorr und Wille, 1971) als auch in der Lamina epithelialis des Vormagens der Ziege (Vollmerhaus und Schnorr, 1967) vor. Darüber hinaus lassen sich im Epithel der Proventriculi zahlreiche andere membranbegrenzte Vesikel nachweisen, die zum Teil enzympositiv sind und gleichfalls zum lysosomalen System gehören. Als weitere Besonderheit können hier im Stratum granulosum und tiefen Stratum corneum nicht an Lysosomen gebundene Reaktionsprodukte beobachtet werden, die frei im Zytoplasma

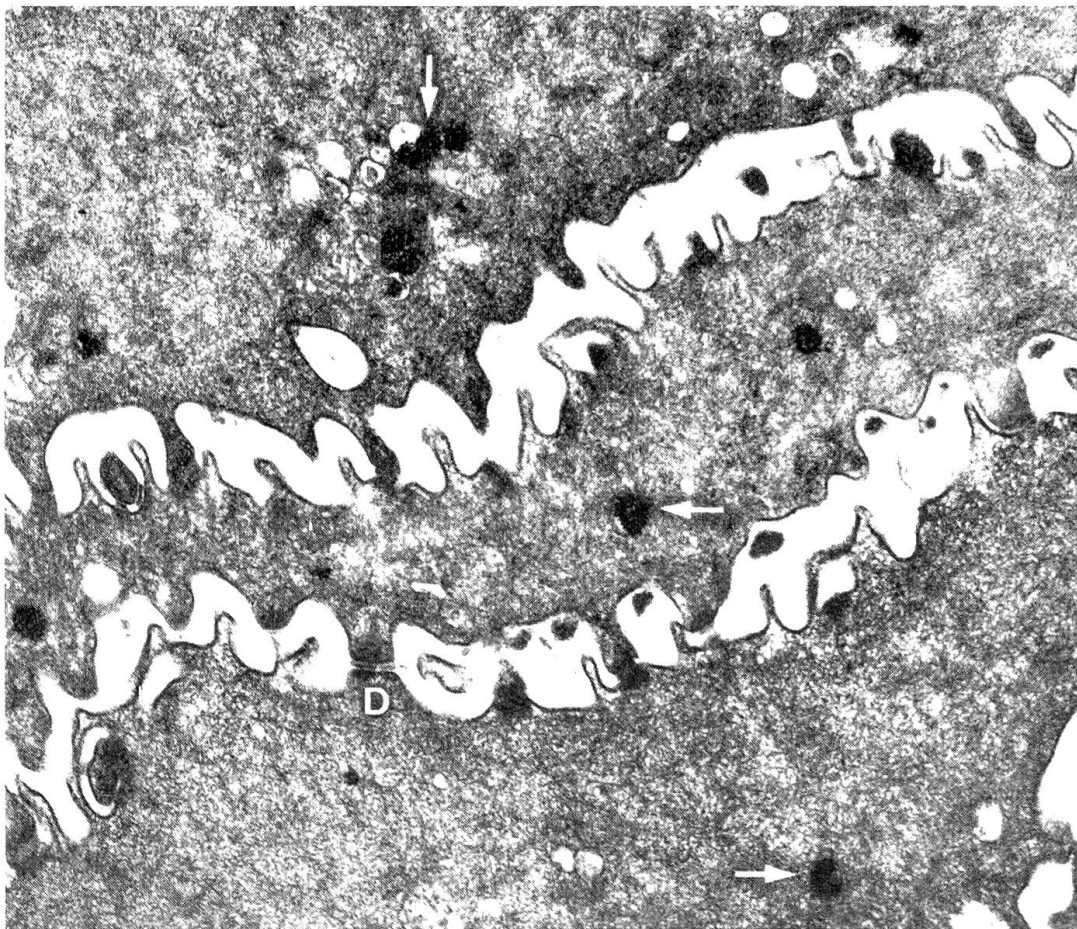


Abb. 4 Nachweis der sauren Phosphatase im Speiseröhren-Epithel vom Pferd. Inkubationszeit 30 Min. bei 37° C. Nachkontrastierung 1 Std. mit Uranylacetat. Enzym-positiv reagierende Lysosomen (Pfeile) in Zellen des Stratum spinosum. D Desmosom. El. mik. Aufn. Vergr.: 22 500:1.

und an der Außenseite der Plasmamembran liegen. Möglicherweise handelt es sich um von den Lysosomen abgegebene Enzyme, die auch an die Zelloberfläche gelangen. Eine endgültige Deutung dieser zytochemisch erfaßbaren besonderen Befunde am Vormagenepithel ist bis heute nicht möglich. Immerhin ist denkbar, daß das lysosomale System neben seiner Beteiligung am Verhornungsprozeß auch am transzellulären Transport durch das Epithel der Vormägen teilnimmt.

2. *Alkalische Phosphatase* (EC. 3.1.3.1): Die unspezifische alkalische Phosphatase ist ein Enzym der Plasmamembranen, wurde aber auch in Lysosomen festgestellt (Cohn und Hirsch, 1960; Hegner, 1968; Hugon und Borgers, 1967). Sie kommt besonders reichlich in Geweben vor, in denen auch umfangreiche Resorptionsvorgänge stattfinden, wie im Epithel des Darmes (Lit.-Übers. Hugon und Borgers, 1967) und der Niere (Reale

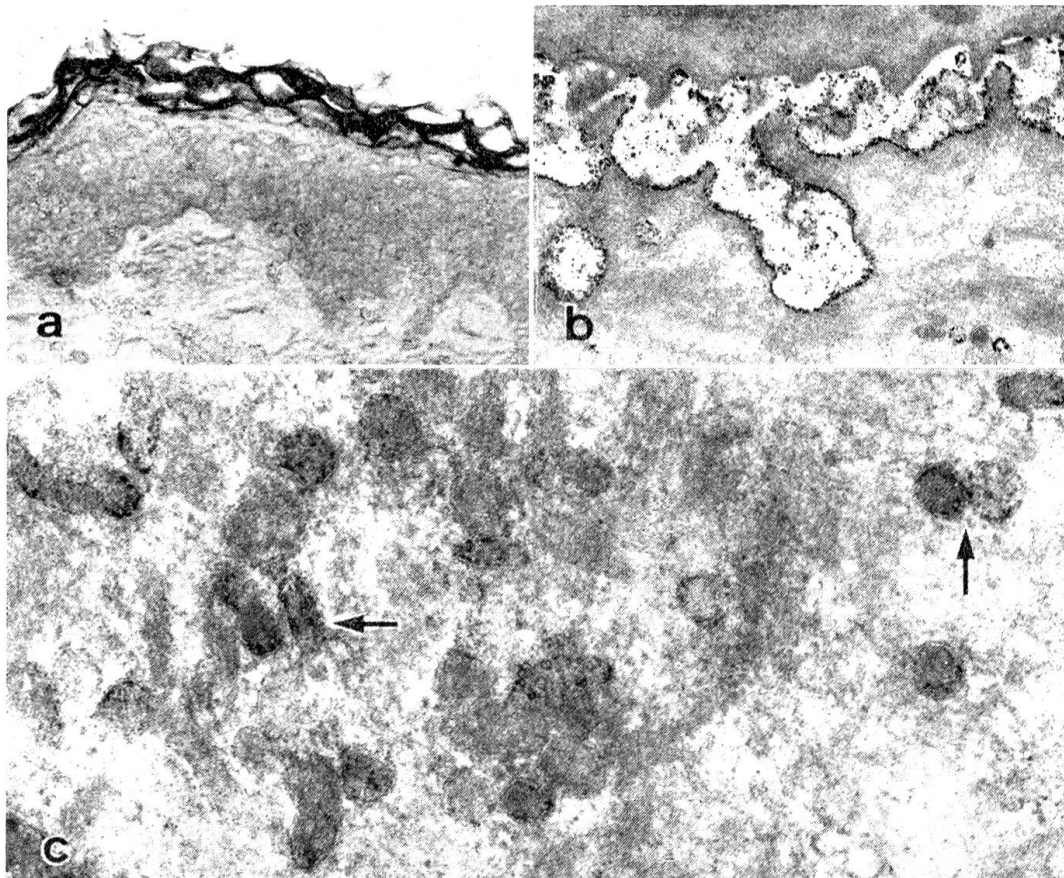


Abb. 5 a-c Nachweis der *alkalischen Phosphatase* im Vormagen-Epithel der *Ziege*. Teilabbildung a: Epithel des Netzmagens. Inkubationszeit 10 Min. bei Zimmertemperatur. Li. mik. Aufn. Vergr.: 220:1. Teilabbildung b: Epithel des Netzmagens; Anschnitt einer Körner- (unten) und einer Hornzelle (oben). Die schwarzen Reaktionsprodukte liegen an den Zellmembranen. Teilabbildung c: Pansenepithel; Enzym-positiv reagierende Partikel (Pfeile) in einer Intermediärzelle. Inkubationszeit 5 Min. bei 4° C. Nachkontrastierung 1 Std. mit Uranylacetat. El. mik. Aufn. Vergr.: b 21 000:1; c 60 000:1.

und Luciano, 1967; u.a.). Diese Korrelation von resorptiven Leistungen eines Gewebes und ihrem Gehalt an alkalischer Phosphatase hat zu der Annahme geführt, daß dieses Enzym auch am aktiven transzellulären Transport beteiligt ist. Ihre biochemische Funktion bei diesen Vorgängen ist jedoch bis heute noch unklar.

Im mehrschichtigen Plattenepithel des Vorderdarmes wurde die alkalische Phosphatase nur im Vormagenepithel der *Wiederkäuer* (Schnorr, 1971) nachgewiesen. Vereinzelt positive Reaktionen an den subepithelialen Gefäßen (siehe auch Schnorr und Wille, 1971) waren jedoch an allen Proben vorhanden. Lichtmikroskopisch wurden in der Lamina epithelialis der Proventriculi positive Enzymreaktionen im oberen Stratum spinosum, Stratum granulosum und Stratum corneum beobachtet (Schulz, 1962 b; Habel, 1963; Basu et al. 1957; Schnorr, 1970 a; Abb. 5a). Die elektronenmikroskopischen Befunde (Abb. 5b, c) zeigen, daß in den positiv reagierenden oben genannten Epithelschichten die Reaktionsprodukte an der äußeren Lamelle der Plasmamembranen liegen. Die Reaktion ist im Stratum corneum am stärksten und nimmt zum Stratum spinosum superficiale hin ab. Die basalen Zellagen sind frei von Enzymaktivität. Darüber hinaus wurden enzympositive Zellpartikel beobachtet, die sich häufiger in den Intermediärzellen und weniger zahlreich in den Hornzellen befanden (Schnorr, 1970 a; siehe auch Abb. 5c). Bei diesen Zellpartikeln handelt es sich wahrscheinlich um Lysosomen.

3. *Adenosintriphosphatasen* (ATPasen, EC. 3.6.1.3. und 3.6.1.4): Die ATP hydrolysierenden Membran-ATPasen bewirken die Bereitstellung von energiereichen Phosphaten für den aktiven Ionentransport (Skou, 1967; Schatzmann, 1968, u.a.). Im mehrschichtigen Plattenepithel der Froschhaut soll die ( $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ )-stimulierbare ATPase am aktiven transzellulären Transport von Natriumionen beteiligt sein.

Im Epithel der Speiseröhre, der Pars proventricularis von Schwein und Pferd sowie im Vormagenepithel der Wiederkäuer wurden mit zytochemischen Methoden licht- und elektronenmikroskopisch eine  $\text{Mg}^{++}$ - und  $\text{Ca}^{++}$ -aktivierbare ATPase beobachtet (Schnorr, 1971 b; Schnorr und Wille, 1971; siehe auch Abb. 6). Der zytochemische Nachweis der ( $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ )-ATPase, die als Steigerung der  $\text{Mg}^{++}$ -aktivierbaren Grundaktivität angesehen wird (Wins und Schoffeniels, 1966), gelang zwar nicht, konnte jedoch durch biochemische Bestimmungen an isolierten Epithelzellmembranen des Pansens erbracht werden (Schnorr, 1970).

Die Enzymverteilung in der Lamina epithelialis aller untersuchten Proben aus den oben genannten Schleimhautregionen ist beim histologischen Nachweis zunächst überall gleich. Die Enzymreaktion erweist sich im Stratum basale und parabasale stets am stärksten und nimmt zum Stratum corneum hin kontinuierlich ab, um hier meist vollständig zu fehlen (Abb. 6a). Unterschiede bestehen jedoch in der Reaktionsstärke. Während im Epithel der Speiseröhre und der Pars proventricularis von Schwein und Pferd die

Enzymaktivität ihr Optimum bereits bei einer Inkubation von 45 Min. bei 37 °C erreicht hat, läßt sie sich im Vormagenepithel der Ziege bis 90 Min. bei 37 °C deutlich weiter steigern.

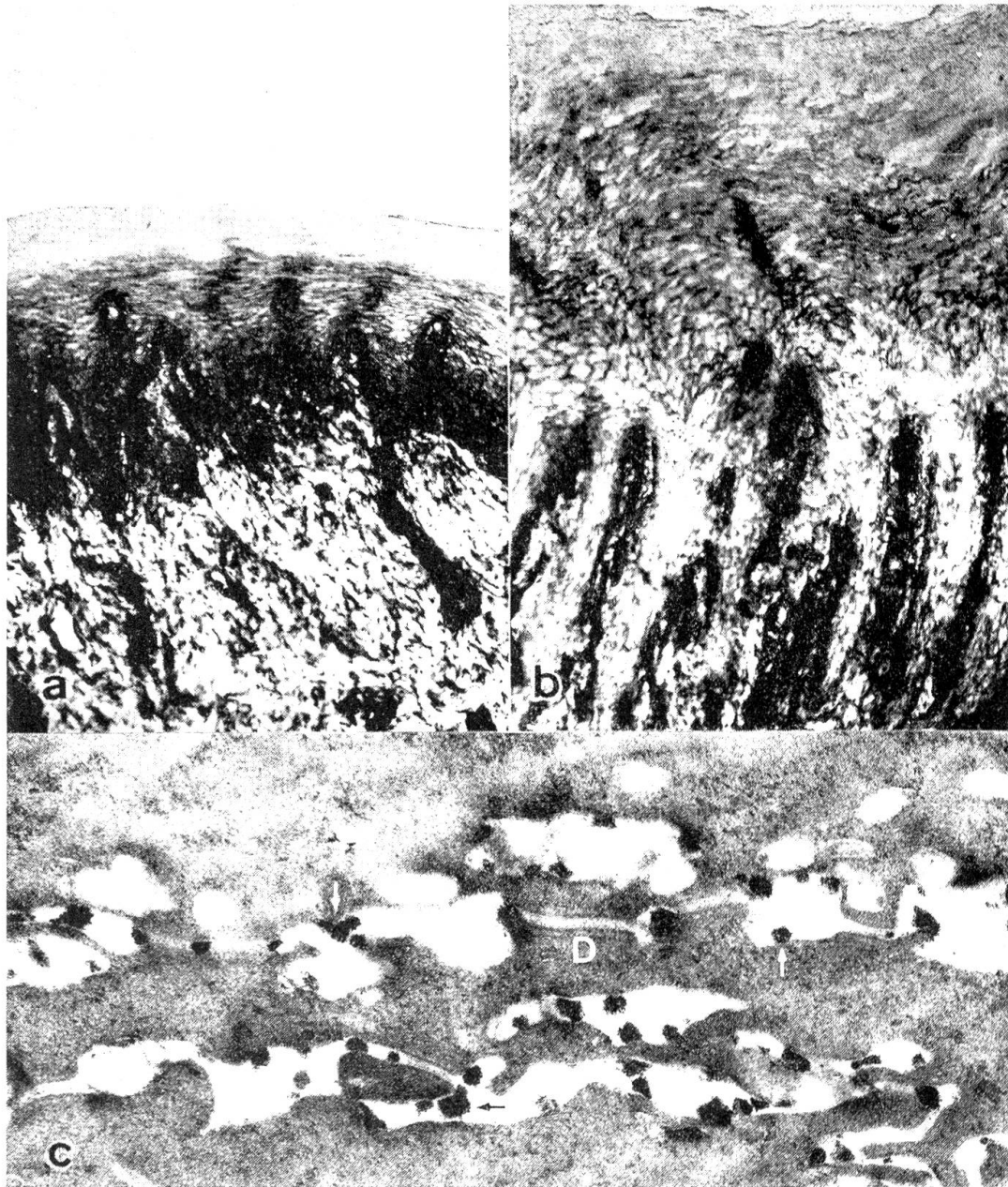


Abb. 6a-c Nachweis von *ATPasen* im mehrschichtigen Vorderdarm-Epithel. Teilabbildung a:  $\text{Ca}^{++}$ -aktivierbare *ATPase*; Schleimhautausschnitt der Speiseröhre vom *Pferd*. Inkubationszeit 30 Min. bei Zimmertemperatur. Teilabbildung b:  $\text{Mg}^{++}$ -aktivierbare *ATPase*; Epithelausschnitt vom Magen des *Schweines*. Inkubationszeit 20 Min. bei 37 °C. Li. mik. Aufn. Vergr. a und b: 88:1. Teilabbildung c:  $\text{Mg}^{++}$ -aktivierbare *ATPase* im Stratum spinosum; Speiseröhren-Epithel vom *Pferd*. Inkubationszeit 30 Min. bei Zimmertemperatur. Nachkontrastierung 1 Std. mit Uranylacetat. Die Reaktionsprodukte liegen an der Außenseite der Zellmembranen (Pfeile). D Desmosom. El. mik. Aufn. Vergr.: 36 000:1.

Elektronenmikroskopisch befinden sich die Reaktionsprodukte bei allen Proben an der äußeren Lamelle der Zellmembranen (Abb.6c). Frei von Enzymaktivität sind dagegen die Desmosomen und Halbdesmosomen.

Damit ergeben sich im Enzym-Muster folgende, den morphologischen Strukturen übrigens «gleichsinnige» Unterschiede: Während alle untersuchten mehrschichtigen Vorderdarm-Epithelien mit der sauren Phosphatase ausgestattet sind, verfügt nur die im Hinblick auf Resorptionsvorgänge differenzierter gestaltete Epitheldecke der Vormägen über Aktivitäten der an transzellulären Transporten beteiligten alkalischen Phosphatase. Darüber hinaus ist hier auch die Intensität der ebenfalls bei aktiven Transport-Vorgängen mitwirkenden ATPasen deutlich stärker als andernorts.

### Schlußbetrachtung

Nach diesen vorliegenden Untersuchungen bestehen zwischen dem Epithel des Ösophagus und der Pars proventricularis des Magens von Pferd und Schwein sowie jenem der Vormägen der Ruminantier im morphologischen wie im histochemischen Bereich signifikante Unterschiede. Auf Grund unserer Befunde müssen der Lamina epithelialis der Pars proventricularis – ebenso wie der der Speiseröhre, aber im Gegensatz zu jener der Proventriculi der Wiederkäuer – wohl ausschließlich mechanische Funktionen zugesprochen werden. Für eine solche Deutung spricht auch die Tatsache, daß sowohl der mit kräftiger Muskulatur versehene Saccus caecus von *Equus caballus* als auch das mechanisch stärker beanspruchte Magenrinnen-Gebiet dieser beiden Spezies mit mehrschichtigem Plattenepithel ausgestattet ist.

### Zusammenfassung

Einleitend wird die Entwicklung des mehrschichtigen verhornenden Plattenepithels des Vorderdarmes von Schwein, Pferd und Wiederkäuer betrachtet und auf die Problematik einer funktionellen Deutung der Pars proventricularis von *Sus scrofa* und *Equus caballus* hingewiesen. Die anschließenden Untersuchungen über die Morphologie des Epithels ergeben bei allen Spezies im Aufbau Abweichungen voneinander, die in den Vormägen der Ruminantier besonders deutlich sind. Zytochemische Vergleiche über Aktivitätsgrad und Lokalisation von Phosphatasen lassen bei sonst gleichartigem Enzym-Muster vor allem die interessante Tatsache erkennen, daß die alkalische Phosphatase ausschließlich im Vormagenepithel der Wiederkäuer angetroffen wird.

Diese Arbeit wurde mit Hilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

### Résumé

L'introduction comprend le développement de l'épithélium pavimenteux kératinisé de la portion œsophagienne du réservoir gastrique du porc, du cheval et des ruminants et la problématique de l'interprétation fonctionnelle du pars proventricularis de *Sus scrofa* et *Equus caballus*. De l'étude sur la morphologie de l'épithélium il résulte, chez toutes les espèces, des variations de structure de l'une à l'autre, qui sont particulièrement apparentes dans la portion œsophagienne du réservoir gastrique. Des comparaisons cytochimiques sur le degré d'activité et la localisation des phosphatasés permettent de

faire la constatation intéressante que, dans des structures d'enzyme par ailleurs identiques, l'on trouve la phosphatase alcaline exclusivement dans l'épithélium de la portion œsophagienne des ruminants.

### Riassunto

Come introduzione viene descritta la formazione dell'epitelio piatto pluristratificato della parte anteriore dell'intestino del maiale, del cavallo e dei ruminanti e discussa la problematica dell'importanza funzionale della pars proventricularis del *Sus scrofa*, ed *Equus caballus*. Le ricerche derivanti sulla morfologia dell'epitelio danno in tutte le speci divergenze nella costruzione, che appaiono evidenti nei prestomaci dei ruminanti. Confronti citochimici sul grado di attività e la localizzazione della fosfatasi lasciano fra l'altro vedere un interessante fatto con eguali campioni di enzimi, nel senso che la fosfatasi alcalina viene riscontrata esclusivamente nell'epitelio dei prestomaci dei ruminanti.

### Summary

To begin with the development of the multi-layered cornifying plate epithelium of the anterior part of the intestine in pigs, horses and ruminants is considered and attention is drawn to the problem of interpreting the function of the pars proventricularis of the *sus scrofa* and the *equus caballus*. The subsequent examinations on the morphology of the epithelium showed in all species structural differences, which are particularly pronounced in the first stomach of the ruminants. Cytochemical comparisons on the degree of activity and the localisation of phosphatases reveal the interesting fact that, where otherwise the enzyme pattern is similar, alkaline phosphatase is found only in the rumen epithelium of the ruminants.

### Literaturverzeichnis

- Basu S. L., Sen R. and Ghosh A.: Some histological and histochemical observations of the caprine forestomach. *Indian J. Physiol.* 11, 21-26 (1957). – Cohn Z. A. and Hirsch J. G.: The isolation and properties of the specific cytoplasmic granules of rabbit polymorphonuclear leucocytes. *J. exp. Med.* 112, 983-1004 (1960). – De Duve Ch., and Wattiaux R.: Function of lysosomes. *Annual Rev. Physiol.* 28, 435-492 (1966). – Farquhar M. G. and Palade G. E.: Cell junctions in amphibian skin. *J. Cell Biol.* 26, 263-291 (1965). – Farquhar M. G. and Palade G. E.: Adenosine triphosphatase localization in amphibian epidermis. *J. Cell Biol.* 30, 359-379 (1966). – Habel R. E.: Carbohydrates, phosphatases and esterases in the mucosa of the ruminant forestomach during postnatal development. *Am. J. Vet. Res.* 24, 199-211 (1963). – Hauser H.: Über interessante Erscheinungen am Epithel der Wiederkäuervormägen. Bern, Diss. med. vet. (1929). – Hegner D.: Isolierung und Enzymbestand von Granula aus polymorphkernigen Leukozyten des peripheren Rinderblutes. *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.* 349, 544-554 (1968). – Helm R.: Vergleichend anatomische und histologische Untersuchungen über den Ösophagus der Haussäugetiere. Zürich, Diss. med. vet. (1907). – Henrikson R. C.: Ultrastructure of ovine ruminal epithelium and localization of sodium in the tissue. *J. Ultrastruct. Res.* 30, 385-401 (1970). – Henriksson K. B. and Habel R. E.: The morphology and sulfhydryl and disulfide reactions of the epithelium of the bovine forestomach during postnatal development. *Anat. Res.* 139, 499-507 (1961). – Hill H.: Die Motorik des Verdauungskanalns bei den Equiden mit besonderer Berücksichtigung des Röntgenbildes. *Beih. 3 Arch. Tierernähr.* Berlin, Akademie-Verlag 1952. – Hugon J. and Borgers M.: A direct lead method for the electron microscopic visualization of alkaline phosphatase activity. *J. Histochem. Cytochem.* 14, 429-432 (1966). – Hugon J. and Borgers M.: Fine structural localization of lysosomal enzymes in the absorbing cells of the duodenal mucosa of the mouse. *J. Cell Biol.* 33, 212-218 (1967). – Martin P.: Die Entwicklung des Wiederkäuermagens und -darmes. *Festschr. v. Naegeli und v. Kölliker* (1891). – Martin P.: Die Entwicklung des Wiederkäuermagens. *Österr. Mschr. Tierheilk.* 21 (1896). – Miller F. and Palade G. E.: Lytic activities in renal protein absorption droplets. *J. Cell Biol.* 23, 519-552 (1964). – Mishima J.: Lysosomal and non-lysosomal acid phosphatase of the human skin. *J. Cell Biol.* 23, 122 A. (1964). – Novikoff A. B.: Biochemical and staining reaction of cyto-



plasma systems and their control. New York: Rouald Press Company, 1960. – Pernkopf E.: Die Vergleichung der verschiedenen Formtypen des Vorderdarmes der Kranioten. In: Bolk L., Göppert E., Kallius E. und Lubosch W.: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere III, 477–562. Berlin u. Wien, Urban & Schwarzenberg, 1937. Neudruck Amsterdam, Asher & Co., 1967. – Reale E. und Luciano L.: Kritische elektronenmikroskopische Studien über die Lokalisation der Aktivität alkalischer Phosphatase im Hauptstück der Niere von Mäusen. *Histochemie* 8, 302–314 (1967). – Schnorr B.: Funktionelle Morphologie der Vormägen der Ziege auf Grund histochemischer, elektronenmikroskopischer und gefäßkorrosionsanatomischer Untersuchungen. Gießen, Habil.Schr. 1970. – Schnorr B.: Zytochemische Untersuchungen über die alkalische Phosphatase im Vormagenepithel der Ziege. *Z.Zellforsch.* 114, 175–192 (1971a). – Schnorr B.: Histochemische, elektronenmikroskopische und biochemische Untersuchungen über die ATPasen im Vormagenepithel der Ziege. *Z.Zellforsch.* 114, 365–389 (1971b). – Schnorr B. und Vollmerhaus B.: Die Feinstruktur des Pansenepithels von Ziege und Rind. (II. Mitteilung zur funktionellen Morphologie der Vormägen der Hauswiederkäuer.) *Zbl.Vet.Med.A*, 14, 789–818 (1967). – Schnorr B. und Wille K.-H.: Saure und alkalische Phosphatase sowie Adenosintriphosphatasen im Epithel der Pars proventricularis des Pferdema-gens. Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen. *Z.Zellforsch.* 114, 482–492 (1971). – Schulz H.: Mikroskopisch-anatomischer Bau und Enzymbestand der Pansenzotten von Giraffa camelopardalis (L.). (Ein histochemischer Beitrag zur Physiologie der Ruminantier-Vormägen.) *Zool.Anz.* 169, 331–347 (1962a). – Schulz H.: Histoenzymologische Beobachtungen an den Pansenzotten des Rindes. *Zool. Anz.* 169, 433–439 (1962b). – Schulz H.: Histotopochemische Enzym- und Lipidbestimmung an der kutanen Vormagenmucosa von Camelus ferus f. bactrianus L. *Zool. Anz.* 169, 440–448 (1962c). – Schulz H.: Histochemische Untersuchungen an den Pansenzotten eines Hausyaks Bos mutus f. grunniens L. *Zool. Anz.* 170, 306–308 (1963). – Schummer A.: Zur Formbildung und Lageveränderung des embryonalen Wiederkäuermagens. *Zschr.Anat.Entw.Gesch.* 99, 265–303 (1932). – Ten Cate A. R.: Decreased lysosome fragility in response to wounding in the skin and oral mucosa of the mouse. *Nature* 211, 634–638 (1966).

Anschrift der Verfasser: Veterinär-Anatomisches Institut der Universität Gießen, BRD-6300 Gießen, Frankfurter Str. 94 (Deutschland)

## Rinderkrankheiten

vom 31. Juli bis 3. August 1972 in London

Die Welt-Gesellschaft für Buiatrik veranstaltet zusammen mit der British Cattle Veterinary Association ihre VII. Internationale Tagung unter dem Leitthema «Die tierärztlichen Probleme bei intensivierter Produktion des Rindes», im Royal Garden Hotel, Kensington, London, W. 8.

Die Abschnitte lauten:

Epidemiologie der Magen-Darm- und Atmungssystemerkrankungen beim Jungrind bei intensivierter Haltung;

Ernährungs- und parasitologische Probleme in intensivierten Systemen;

Tierisches Wohlbefinden im intensivierten System: Verhalten, Unterkunft und Haltung;

Die Herausforderung für die tierärztliche Ausbildung im Hinblick auf die Intensivierung der Rinderzucht und -haltung;

Chirurgische und Zitzenerkrankungen bei intensivierter Haltung.

Die Hauptredner werden vom Organisationskomitee eingeladen. Daneben können 13 Vorträge zu je 20 Minuten und 55 Beiträge zu je 6 Minuten angenommen werden, ferner 6-Minuten-Kurzvorträge über freie Themen. Anmeldung bis 1. Dezember 1971 auf besonderem Formular, zu beziehen bei Prof. Dr. h. c. Rosenberger, 3 Hannover, Bischofsholer Damm 15. Teilnehmergebühr: £ 25.–.