

Motorik, Verdauungs- und Sekretionsprozesse der Vormägen und des Labmagens : eine kurze Übersicht

Autor(en): **Wolffram, S.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **138 (1996)**

Heft 7

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-592123>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Motorik, Verdauungs- und Sekretionsprozesse der Vormägen und des Labmagens – eine kurze Übersicht

S. Wolfram

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden einige physiologische Aspekte der Vormagen- und Labmagenverdauung in einfacher Form dargestellt. Zuerst soll kurz auf die Motorik der verschiedenen Magenabteilungen eingegangen werden. Anschliessend wird in sehr komprimierter Form der bakterielle Kohlenhydratabbau sowie der N-Stoffwechsel in den Vormägen behandelt. Die folgenden Abschnitte befassen sich mit einigen Funktionen des Labmagens. Punkte, die dabei mehr oder weniger ausführlich dargestellt werden, sind die Zusammensetzung des Labmagensekrets, die Mechanismen und die Regulation der Salzsäure- und Enzymsekretion sowie der Schutz der Labmagenschleimhaut vor Selbstverdauung.

Schlüsselwörter: Wiederkäuer – Vormagensystem – Motorik – Funktionen des Labmagens

Motoric, digestive, and secretory functions of the forestomach system and the abomasum – a short review

This short review deals with some basic aspects concerning the physiology of the ruminant forestomachs and the abomasum. Following the discussion of the motoric activities, the major aspects of microbial carbohydrate and nitrogen metabolism within the reticulorumen are treated. Thereafter, some functions of the abomasum are presented in some more detail. These include the composition of abomasal contents, the mechanisms and regulation of hypochloric acid and enzyme secretion, and the mechanisms responsible for protection of the mucosa against digestion by gastric secretions.

Key words: ruminants – forestomach – motoric – functions of the abomasum

Einleitung

Wiederkäuer besitzen ein relativ komplexes Magensystem, das aus den drei Vormagenabteilungen Haube, Pansen, Psalter und dem Labmagen, der weitgehend dem Magen monogastrischer Spezies entspricht, besteht. Alle Vormagenabteilungen sind mit einem drüsenlosen, mehrschichtigen, verhornten Epithel ausgekleidet, während der Labmagen eine drüsenhaltige, nicht-verhornte Schleimhaut aufweist. Die Vormägen sind von einer riesigen Zahl von Bakterien, Protozoen und Pilzen besiedelt, die dem Wiederkäuer den Aufschluss pflanzlicher Bestandteile, wie z. B. Cellulose, ermöglichen, für deren Abbau der Wiederkäuer selbst keine Enzyme besitzt.

In der vorliegenden Arbeit sollen einige physiologische Aspekte der Vormagen- und Labmagenverdauung in einfacher Form dargestellt werden. Zuerst soll kurz auf die Motorik der verschiedenen Magenabteilungen eingegangen werden. Anschliessend wird in sehr komprimierter Form der bakterielle Kohlenhydratabbau sowie der N-Stoffwechsel in den Vormägen behandelt. Die folgenden Abschnitte befassen sich mit einigen Funktionen des Labmagens. Punkte, die dabei mehr oder weniger ausführlich dargestellt werden, sind die Zusammensetzung des Labmagensekrets, die Mechanismen und die Regulation der Salzsäure- und Enzymsekretion sowie der Schutz der Labmagenschleimhaut vor Selbstverdauung.

Motorik der Wiederkäuermägen

Haubenmotorik

Haube und Pansen stellen eine funktionelle Einheit dar, die häufig als Retikulumen bezeichnet wird. Die motorischen Abläufe am Retikulumen sind koordinierte, zyklische auftretende Kontraktionswellen mit einer Frequenz von 1–2 Kontraktionswellen/min. An der Haube lassen sich zwei Kontraktionsmuster unterscheiden, nämlich eine biphasische und eine triphasische Kontraktion, wobei die triphasische Kontraktion im Zusammenhang mit dem Wiederkauen auftritt. In der ersten Phase der biphasischen Kontraktionen kontrahiert sich die Haube nur partiell, wobei das Lumen auf ca. die Hälfte reduziert wird. Unmittelbar nachdem die Haube wieder relaxiert ist, tritt die zweite Kontraktionsphase auf, bei der das Haubenlumen praktisch vollständig verschwindet. Wenn die Tiere wiederkauen, tritt vor diesen beiden Kontraktionen eine dritte Kontraktion der Haube, die sogenannte Rejektionskontraktion, auf, deren Kontraktionsamplitude zwischen derjenigen der ersten bzw. zweiten Haubenkontraktion liegt. Diese Rejektionskontraktion unterstützt die Regurgitation des Haubeninhalts, der anschliessend gründlich wiedergekaut wird. In der Haube findet sich überwiegend flüssiger Inhalt, in dem relativ kleine Partikel suspendiert sind. Die Kontraktionen der Haube dienen zum Austausch dieses flüssigen Inhalts zwischen Haube und Pansenvorhof, dem Weitertransport ausreichend verdauter Nahrung in den Psalter und im Falle der Rejektionskontraktion der Beförderung eines Bissens in den distalen Ösophagus. Störungen der Haubenmotorik können neben Störungen des Wiederkauens zu einer Störung der «Siebfunktion» der Haube führen, d. h., dass auch nicht ausreichend zerkleinerte Nahrungsbestandteile in den Blätter- und Labmagen gelangen können. Im Labmagen kann dies zu mehr oder weniger ausgeprägten Indigestionen aufgrund eines gestörten Weitertransports des Chymus in das Duodenum führen. Die Siebfunktion der Haube wird deutlich, wenn man sich die Verteilung verschieden grosser Partikel im Retikulumen und Psalter betrachtet. Im Retikulumen sind ca. 60% der Partikel 0.5 mm oder grösser, während im Psalter annähernd 100% der Partikel 0.5 mm oder kleiner sind. Über 50% weisen eine Grösse von weniger als 0.25 mm auf.

Pansenmotorik

Am Pansen unterscheidet man eine sogenannte primäre und sekundäre Peristaltik, die man auch als A- bzw. B-Welle bezeichnet. Die A-Welle ist eigentlich die Fortsetzung der Haubenkontraktion. Sie beginnt mit einer Kontraktion des Pansenvorhofs, greift dann auf den dorsalen Pansensack über und breitet sich sehr rasch bis zum dorsalen Pansenblindsack aus. Praktisch zur gleichen Zeit kontrahieren sich auch der kraniale und kaudale Pansenpfeiler, wodurch die Öffnung zwischen dorsalem und ven-

tralem Pansensack eingeengt wird. Während dieser Phase ist der ventrale Pansensack noch relaxiert. Im Anschluss daran erschlafft der dorsale Pansensack, und die Kontraktionswelle erfasst den ventralen Pansensack von kranial nach kaudal. Die A-Welle endet mit der Erschlaffung des ventralen Pansensackes und der Pansenpfeiler. Hat sich aufgrund der Fermentation in den Vormägen eine entsprechende Menge an Gas im ventralen Pansenblindsack angesammelt, wird durch dessen Dehnung eine sogenannte B-Welle ausgelöst, die man als eine Fortsetzung der A-Welle betrachten kann. B-Wellen können maximal so oft wie A-Wellen auftreten, allerdings liegt die Frequenz normalerweise bei ca. der Hälfte bis $\frac{2}{3}$ der Häufigkeit von A-Wellen. Die B-Welle greift vom ventralen auf den dorsalen Pansenblindsack über und schreitet dann über den dorsalen Pansensack bis hin zur Ösophagusmündung.

Die Funktion der A-Welle besteht darin, die groben Futterbestandteile, die aufgrund ihres geringen spezifischen Gewichts auf der Pansenflüssigkeit schwimmen, ständig mit Flüssigkeit zu durchtränken und langsam umzuwälzen. Ferner wird im Verlauf der A-Welle auch flüssiger Panseninhalt aus dem ventralen Pansensack in den Pansenvorhof und von dort in die Haube befördert. Die B-Welle dient zum Transport der Gasblase zur Ösophagusmündung.

Steuerung der Hauben-Pansenmotorik

Die Koordination und Auslösung der motorischen Prozesse des Retikulorumen wird von einem Zentrum in der Medulla oblongata gesteuert. Aus der Peripherie treffen verschiedene stimulierende und hemmende Signale dort ein und werden letztendlich im wesentlichen über den Nervus vagus zu den Vormägen geleitet. Die Durchtrennung des Vagus führt zu einer vollständigen Atonie der Vormägen. Eine gestörte Vagus-Funktion im Zusammenhang mit entzündlichen Vorgängen im Haubenbereich (Retikulooperitonitis) wird auch als Ursache des Hoflund-Syndroms (vagale Indigestion) genannt. Faktoren, die die Vormagenmotorik stimulieren, sind z. B. die Reizung von Mechanorezeptoren in der Maulhöhle, im Rachenraum, im Ösophagus und im dorsalen Bereich von Haube und Pansen. Zu den Mechanorezeptoren im Hauben-Pansen-Bereich, deren Erregung zu einer Stimulation der Motorik führt, ist anzumerken, dass sie eine relativ niedrige Reizschwelle aufweisen. Ein Absinken des pH-Wertes im Labmagen und Duodenum führt über Stimulation von pH-Rezeptoren ebenfalls zu einer gesteigerten motorischen Aktivität der Vormägen. Eine Hemmung der Vormagenmotorik durch Überfüllung und Überdehnung des Pansen beruht auf der Erregung von Mechanorezeptoren, die allerdings im Unterschied zu den oben genannten Rezeptoren eine hohe Reizschwelle aufweisen. Auch ein starker, plötzlicher Anstieg der Konzentration an flüchtigen Fettsäuren im Pansen führt durch Erregung spezifischer Chemorezeptoren zu einer Hemmung der Motorik. Dies spielt z. B. bei Störungen der

Vormagenmotorik im Zusammenhang mit akuten Pansenazidosen eine Rolle. Die Stimulation von Mechanorezeptoren im Labmagen, die bei stärkerer Füllung des Labmagens ansprechen, führt auch zu einer reduzierten motorischen Aktivität der Vormägen. Schliesslich spielen auch Gastrointestinal-Hormone bei der Regulation der Vormagenmotorik eine Rolle. So bedingt z.B. eine vermehrte Sekretion von Gastrin, das aus dem Labmagen stammt, und Cholezystokinin aus der Schleimhaut des Duodenums eine Hemmung der Vormagenmotorik.

Psaltermotorik

Die Motorik des Psalters lässt sich mit relativ wenigen Worten beschreiben. Der Psalter besteht aus dem Psalterkanal und dem Psalterkörper mit den Psalterblättern. Der Psalterkanal dient dem Durchfluss von Haubeninhalt in den Labmagen, wobei grössere Partikel noch für längere Zeit zwischen den Psalterblättern zurückgehalten und weiter bakteriell abgebaut werden. Die Bewegungen von Psalterkanal und Psalterkörper lassen sich mit einer Saug-Druck-Pumpe vergleichen. Bei der Saugphase relaxiert der Psalterkanal und die Öffnung zwischen Haube und Psalter. Durch den so entstehenden Unterdruck wird flüssiger Haubeninhalt angesaugt. Der Übertritt von Nahrung wird dabei durch die Kontraktion der Haube unterstützt. In der sich anschliessenden ersten Druckphase kontrahiert sich der Psalterkanal, und die Hauben-Psalter-Öffnung verschliesst sich. In dieser Phase ist der Psalterkörper relaxiert, so dass der Nahrungsbrei zwischen die Psalterblätter gepresst wird. Bei der zweiten Druckphase, die mit der Kontraktion des Psalterkörpers und der Relaxation des Psalterkanals sowie der Psalter-Labmagen-Öffnung einhergeht, wird dann flüssiger Inhalt wieder in den Psalterkanal und den Labmagen befördert.

Labmagenmotorik

Generell kann man sagen, dass die Motorik des Labmagens der Motorik des einhöhligen Magens monogastrischer Spezies entspricht, wobei allerdings die Speicherfunktion beim adulten Wiederkäuer aufgrund der voluminösen Vormägen sowie des mehr oder weniger kontinuierlichen Nahrungsflusses aus denselben weniger ausgeprägt sein dürfte. Im Fundusbereich treten keine peristaltischen Wellen auf. Dagegen lässt sich in diesem Abschnitt das Phänomen der sogenannten «adaptativen Relaxation» beobachten, das über einen inhibitorischen vago-vagalen Reflex ausgelöst wird. Man versteht darunter die Tatsache, dass über einen relativ grossen Füllungsbereich bei zunehmender Füllung des Magens eine Dehnung der Magenwand ohne nennenswerten Anstieg des Druckes stattfindet. Die Kontraktionen, die im Fundusbereich auftreten, sind sogenannte tonische Kontraktionen, die über mehrere Minuten anhalten und einen kontinuierlichen Druck auf den Labmageninhalt ausüben. Im Gegensatz zum Fundus treten im distalen Drittel des Ma-

gens klassische peristaltische Wellen auf, die als ringförmige, zirkuläre Einschnürungen von proximal nach distal weitergeleitet werden und dabei an Geschwindigkeit und Kraft zunehmen. Die Auslösung dieser Kontraktionen erfolgt myogen durch sogenannte Schrittmacherpotentiale, die durch spontane, zyklische Depolarisation der Muskelzellmembranen entstehen. Nerven- und hormonelle Einflüsse haben in diesem Abschnitt des Magens nur einen modulierenden Effekt. Die wesentlichen Funktionen des distalen Magendrittels sind die Vermischung, die Separierung des Mageninhalts sowie die Entleerung des ausreichend verdauten Labmageninhalts in das Duodenum.

Abbau von Kohlenhydraten (KH) und N-haltigen Verbindungen in den Vormägen

Im folgenden wird kurz auf den Abbau von Kohlenhydraten in den Vormägen sowie den N-Stoffwechsel im Pansen eingegangen.

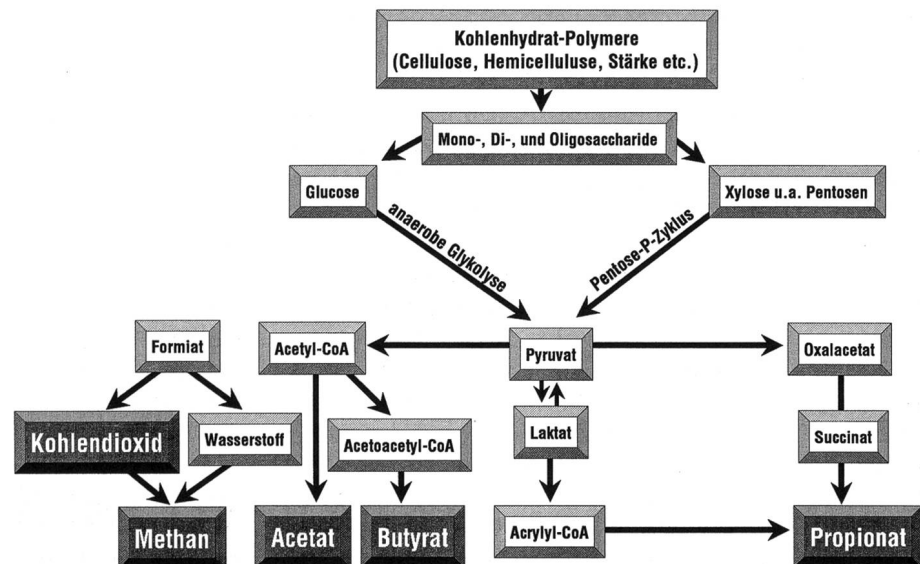
Kohlenhydratabbau

Die wichtigsten Punkte des mikrobiellen KH-Abbaus in den Vormägen sind in Abbildung 1 zusammengefasst. Komplexe Kohlenhydrate wie Cellulose, Stärke usw. werden zunächst zu Oligo-, Di- und Monosacchariden abgebaut. Diese Bruchstücke werden dann im weiteren Verlauf des bakteriellen KH-Stoffwechsels zu den flüchtigen Fettsäuren bzw. deren Anionen Acetat, Propionat und Butyrat umgesetzt. Diese Fettsäuren stellen bakterielle Stoffwechselendprodukte dar. Sie werden in grossem Umfang bereits aus den Vormägen absorbiert und im intermediären Stoffwechsel des Wiederkäuers zur Energiegewinnung, Fettsynthese und Gluconeogenese genutzt. Daneben entstehen noch die sogenannten Pansengase, die sich im wesentlichen aus Kohlendioxid und Methan in einem Verhältnis von ca. 2:1 zusammensetzen. Die Gasproduktion kann dabei bei einer Kuh bis zu 500 l/Tag betragen.

N-Stoffwechsel in den Vormägen

Stickstoff wird in Form von Proteinen und den sogenannten Nicht-Protein-Stickstoff- oder kurz NPN-Verbindungen mit der Nahrung aufgenommen. Zu den NPN-Verbindungen zählen u. a. freie Aminosäuren, Nitrat, Nitrit und Harnstoff. Ungefähr 25% des in Pflanzen enthaltenen Stickstoffs liegt in Form solcher NPN-Verbindungen vor. Beim Wiederkäuer werden ca. 70% des Futterproteins bereits im Pansen abgebaut. Dabei hängt die Abbaubarkeit eines Proteins von seiner Löslichkeit im Pansen ab. Bestimmte pflanzliche Inhaltsstoffe wie Tannine, aber auch eine Behandlung von Proteinen mit Forma-

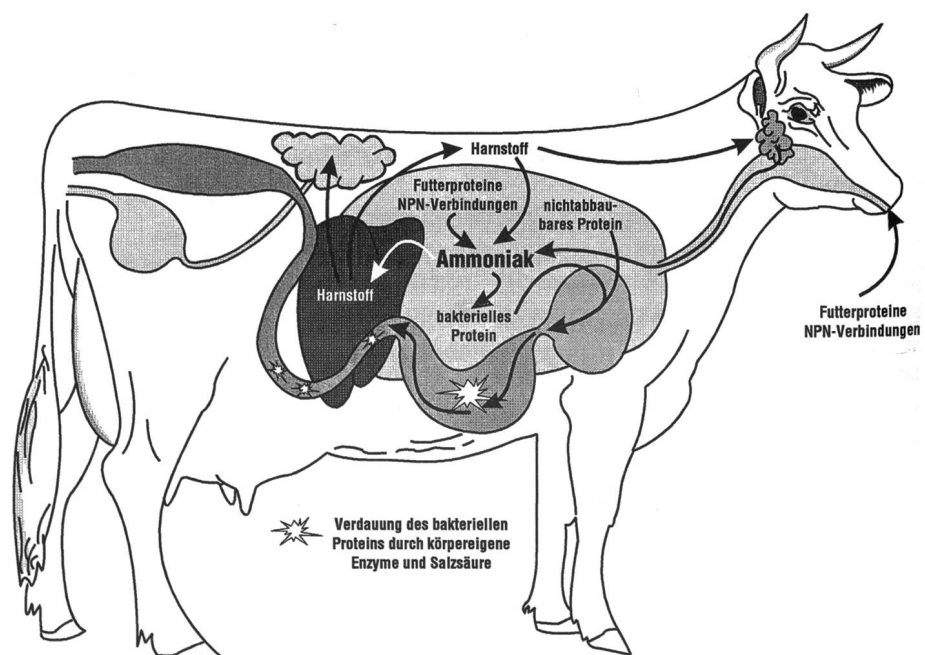
Abbildung 1: Schema des mikrobiellen Abbaus von Kohlenhydraten in den Vormägen. Weitere Einzelheiten s. Text.



lin oder Hitze, reduzieren die Wasserlöslichkeit von Proteinen und damit den intraruminalen Abbau. In den Vormägen werden abbaubares Protein und NPN-Verbindungen von den Mikroorganismen bis zu freien Aminosäuren und Ammoniak abgebaut, der aufgrund der pH-Verhältnisse in den Vormägen überwiegend als Ammonium-Ionen vorliegt. Freie Aminosäuren und Ammoniak werden von den Mikroorganismen zur Synthese von mikrobiellem Protein genutzt, wobei 40–68% des mikrobiellen N aus dem ruminalen Ammoniak-Pool stammen.

Ein Teil des Ammoniaks unterliegt einer rumenohepatischen Zirkulation, d. h. Ammoniak wird aus den Vormägen absorbiert, in der Leber zu Harnstoff entgiftet und über den Speichel und teilweise auch über das Blut wieder in die Vormägen rezirkuliert. Aus dem Pansen gelangt das mikrobielle Protein sowie das im Pansen nicht abgebaute Futterprotein letztendlich in den Labmagen und den Dünndarm, wo es durch Salzsäure und körpereigene, proteolytische Enzyme abgebaut wird. Die geschilderten Vorgänge sind in Abbildung 2 schematisch zusammengefasst.

Abbildung 2: Schema des N-Stoffwechsels im Gastrointestinaltrakt von Wiederkäuern. Weitere Einzelheiten s. Text.



Sekretionsprozesse im Labmagen

Zusammensetzung des Labmageninhalts

Der Inhalt des Labmagens setzt sich im wesentlichen aus dem aus den Vormägen stammenden Nahrungsbrei sowie den endogenen Sekretionen der Labmagenschleimhaut zusammen. Das Volumen des Labmagensekretes kann beim adulten Schaf 6 l/d, bei einer Kuh bis zu 60 l/d betragen. In Tabelle 1 sind die Konzentrationen der wichtigsten anorganischen Verbindungen sowie der flüchtigen Fettsäuren im Labmageninhalt aufgeführt, die bei Schafen kurz nach dem Schlachten bestimmt wurden. Es soll an dieser Stelle nur auf die Konzentration der flüchtigen Fettsäuren hingewiesen werden, die im Bereich von 10–15 mmol/l liegt. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes (1,7–5,5) werden diese schwachen organischen Säuren aus dem Labmagen sehr gut absorbiert, weshalb man im Labmageninhalt im Vergleich zu den Vormägen, wo die Konzentration flüchtiger Fettsäuren ca. 100 mmol/l beträgt, nur relativ niedrige Konzentrationen vorfindet. Da ja bereits aus den Vormägen ca. 70% der dort gebildeten flüchtigen Fettsäuren absorbiert werden, gelangen nur noch sehr kleine Mengen dieser Säuren in den Dünndarm.

Tabelle 1: Konzentrationen wichtiger Mineralstoffe sowie von Ammoniak und flüchtigen Fettsäuren im Labmageninhalt von Schafen¹

Substanz	Konzentration, mmol/l
Calcium	0,7– 28,3
Chlorid	92,3–144,5
Kalium	12,1– 32,7
Magnesium	0,6– 5,5
Natrium	53,0–115,0
Phosphat	7,9– 42,9
Ammoniak	3,5– 13,7
Azetat	0 – 10,1
Propionat	0 – 2,0
Butyrat	0 – 0,6

¹ Die Bestimmungen wurden unmittelbar nach der Schlachtung durchgeführt

Mechanismus und Regulation der HCl-Sekretion

Die Drüsenschläuche der Magenschleimhaut sind mit einem einschichtigen Epithel ausgekleidet, das aus verschiedenen Zelltypen besteht. Ein Zelltyp sind die Parietalzellen, die für die Sekretion von Salzsäure verantwortlich sind. Eine solche Zelle mit den für die HCl-Sekretion notwendigen Transportmechanismen ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt. Von der Blutseite her wird über ein spezifisches Transportprotein Chlorid im Austausch gegen Bikarbonat in die Zelle befördert. Dieses Chlorid kann über spezifische Kanäle in der lumenseitigen Membran ins Drüsenlumen sezerniert werden. Die zweite Komponente für die Bildung von Salzsäure sind Protonen. Die Protonen entstehen in der Zelle aus dem Zerfall

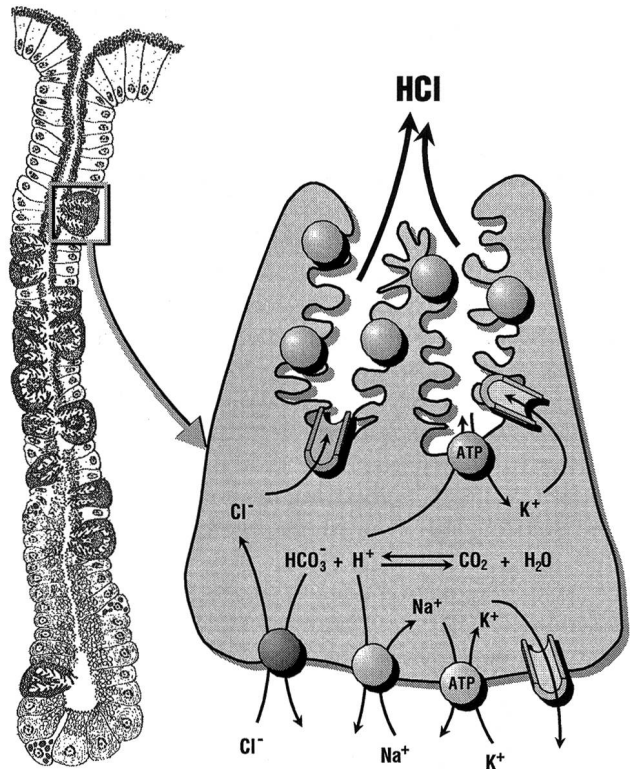


Abbildung 3: Mechanismus der HCl-Sekretion. Weitere Einzelheiten s. Text.

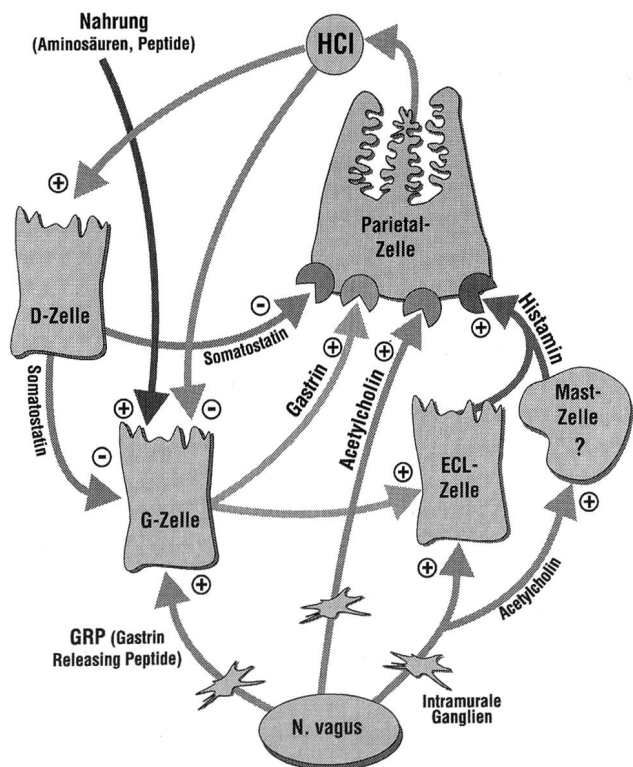


Abbildung 4: Regulation der HCl-Sekretion. Weitere Einzelheiten s. Text.

von Kohlensäure zu Protonen und Bikarbonat. Die so gebildeten Protonen werden über eine Pumpe in der luminalen Membran in Richtung Drüsenlumen aus der Zelle hinausgepumpt. Da die Protonenkonzentration im Drüsenlumen ca. 100000-fach höher als in der Zelle ist, wird für diesen Transportschritt Energie benötigt. Die Pumpe bezieht diese Energie aus der Spaltung von ATP. Im Austausch gegen die hinausbeförderten Protonen wird dabei Kalium in die Zelle zurücktransportiert. Eine Aktivierung der HCl-Sekretion durch entsprechende Stimuli bedeutet auf zellulärer Ebene, dass diese Protonenpumpen vermehrt in die luminalen Membran eingebaut werden. Dies geht sehr schnell, da diese Transportproteine bereits vorgefertigt in der Zelle vorliegen.

Zur Regulation der Salzsäuresekretion beim Wiederkäuer liegen praktisch keine Untersuchungen vor. Deshalb basiert die folgende Darstellung im wesentlichen auf Befunden, die an monogastrischen Tieren erhoben wurden. An der Regulation der Salzsäuresekretion sind eine Vielzahl neuronaler und hormoneller Mechanismen beteiligt, von denen die wichtigsten in Abbildung 4 dargestellt sind. Auf zellulärer Ebene sind die wichtigsten Stimuli das Acetylcholin, das Gastrin sowie das Histamin, die über jeweils spezifische Rezeptoren an den basolateralen Membranabschnitten der Parietalzellen wirken. Acetylcholin stammt aus cholinergen Neuronen der intramuralen Ganglien. Das Gastrointestinalhormon Gastrin wird von sogenannten G-Zellen in den Drüsen-schläuchen der Magenmukosa gebildet, wobei die Bildung und Freisetzung durch den N. Vagus stimuliert wird. Histamin wird von bestimmten Zellen der Magenschleimhaut – sogenannte Enterochromafin like cells (ECL cells) – sowie möglicherweise von subepithelialen Zellen wie z. B. Mastzellen freigesetzt. Auch die Histaminfreisetzung wird durch den N. vagus stimuliert.

Um eine sinnvolle Regulation der Säuresekretion zu erzielen, existieren neben stimulierenden auch inhibitorische Einflüsse (Abb. 4). Ein wichtiger Hemmer der Salzsäuresekretion ist das Somatostatin, das von den sogenannten D-Zellen in der Magenschleimhaut gebildet wird. Somatostatin hemmt einerseits direkt an der Parietalzelle die Salzsäuresekretion, andererseits wird durch Somatostatin auch die Gastrinproduktion der G-Zellen und somit ein wichtiger stimulierender Faktor gehemmt. Zwischen dem Mageninhalt und den an der Regulation der Salzsäuresekretion beteiligten Prozessen existieren auch bestimmte Feedback-Mechanismen. So führt z. B. ein starkes Absinken des pH-Werts zu einer Hemmung der Gastrin- und zu einer Stimulierung der Somatostatin-Freisetzung. Bestimmte Nahrungskomponenten, wie z. B. Aminosäuren und Peptide, stimulieren die Gastrinausschüttung (Abb. 4).

Mechanismus der Enzymsekretion

Neben der Salzsäure enthält das Magensekret auch verschiedene Enzyme, die von einem anderen Zelltyp, den sogenannten Hauptzellen, produziert und sezerniert

werden (Abb. 5).

Die Synthese der Enzyme erfolgt am endoplasmatischen Retikulum der Zellen. Im Golgiapparat werden diese Enzyme mit einer Membran umhüllt und können so in Form von Granula gespeichert werden. Die Ausschleusung aus der Zelle verläuft über Exozytose. Dabei verschmilzt die Membran der Granula mit der luminalen Membran der Zellen, und die Enzyme werden ins Drüsenlumen freigesetzt. Die Membranen der Granula werden rezirkuliert. Die wichtigsten Enzyme, die als Proenzyme in inaktiver Form sezerniert werden, sind die proteolytischen Enzyme Pepsinogen und beim Kalb das Prorennin. Die inaktiven Vorstufen werden im Drüsen- bzw. Magenumen durch Salzsäure aktiviert.

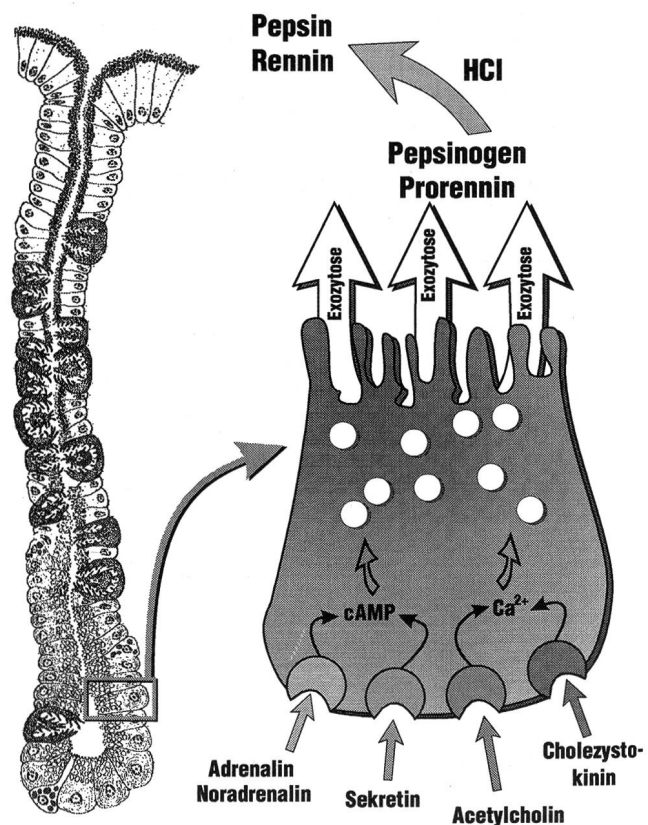


Abbildung 5: Mechanismus der Enzymsekretion. Weitere Einzelheiten s. Text.

Wie in Abbildung 5 dargestellt, wird auch die Enzymproduktion und Sekretion durch eine Vielzahl von Faktoren stimuliert. Dazu zählen adrenerge Substanzen wie Adrenalin und Noradrenalin, die Gastrointestinalhormone Sekretin und Cholezystokinin und auch der Neurotransmitter Acetylcholin. Nach Bindung an jeweils spezifische Membranrezeptoren wird die Wirkung über sogenannte intrazelluläre Botenstoffe oder «second messengers» weitergeleitet. Im Fall der Adrenergika und des Sekretins fungiert cyclisches Adenosinmonophosphat (cAMP) als second messenger, während die Wirkung von Acetylcholin und Cholezystokinin über einen Anstieg der Konzentration des freien Calciums in der Zelle vermittelt wird.

Mukosale Barriere

Wie man sich leicht vorstellen kann, handelt es sich beim Magensaft aufgrund des niedrigen pH-Wertes sowie der proteolytischen Enzyme um eine recht aggressive Flüssigkeit. Um sich vor der Selbstverdauung zu schützen, muss

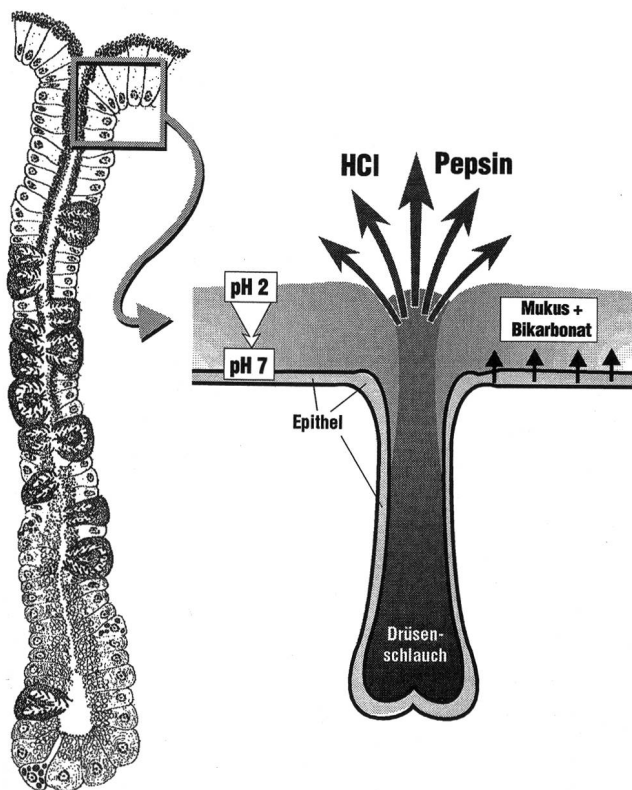


Abbildung 6: Schema der mukosalen Barriere. Weitere Einzelheiten s. Text.

die Magenschleimhaut daher entsprechende Vorkehrungen treffen. Man bezeichnet dies als die mukosale Barriere.

In Abbildung 6 ist der Aufbau der mukosalen Barriere schematisch dargestellt. Zellen im oberen Bereich der Drüsen-schläuche sowie das Oberflächenepithel der Magenschleimhaut sezernieren Schleim und Bikarbonat. Diese Schleim-Bikarbonatschicht, die eine Dicke von einigen 100 µm aufweist, stellt eine sehr effiziente Diffusionsbarriere für die Salzsäure und auch die im Magensaft enthaltenen Enzyme dar. An der Oberfläche dieser Schicht beträgt der pH-Wert ca. 2, während unmittelbar am Epithel ein pH-Wert von ca. 7 vorherrscht. Schwerwiegende Störungen dieses Schutzmechanismus führen letztendlich zur Selbstverdauung der Magenschleimhaut in Form von Ulcera. Neben der Bikarbonat-Schleim-Schicht spielt auch die Durchblutung der Magenschleimhaut eine wichtige Rolle für den Schutz der Magenwand.

Funktionen der Magensekrete

Zum Abschluss der Ausführungen soll die Funktion der Magensekrete noch einmal kurz zusammengefasst werden. Die Salzsäure wirkt bakterizid und spielt daher u. a. auch eine Rolle für den Schutz des Gastrointestinaltrakts vor pathogenen Keimen. Ferner werden durch die Salzsäure die inaktiven Vorstufen der proteolytischen Enzyme Pepsinogen bzw. beim Kalb das Prorennin in ihre aktiven Formen überführt. Daneben werden durch die Salzsäure Proteine denaturiert und so leichter für die proteolytische Spaltung zugänglich. Das Pepsin leitet im Magenlumen die Proteinverdauung ein und ist auch in der Lage, ähnlich wie das Rennin, Kasein auszufällen. Das Rennin, das beim jungen Wiederkäuer eine wichtige Rol-

Motorique, fonctions digestives et sécrétoires des pré-estomacs et de la caillette – un bref article de synthèse

Dans cet article de synthèse quelques aspects physiologiques de la digestion des pré-estomacs et de la caillette sont présentés sous une forme simple. La motorique des différentes sections de l'estomac est traitée en premier lieu. Ensuite, sous une forme très comprimée, la décomposition des hydrates de carbone par les bactéries ainsi que le métabolisme de l'azote dans les pré-estomacs sont discutés. Les paragraphes qui suivent présentent quelques fonctions de la caillette. Les éléments qui sont présentés plus en détail sont la composition du liquide sécrété par la caillette, les mécanismes et la régulation de la sécrétion de l'acide chlorhydrique et des enzymes ainsi que la protection de la muqueuse de la caillette contre une autodigestion.

Motorica, processi digestivi e secretori del proventriglio e dell'abomaso – una breve panoramica

Nel lavoro qui esposto vengono rappresentati, in forma semplice, alcuni aspetti fisiologici del proventriglio (rumine, omaso, reticolo) e dell'abomaso. Dapprima viene spiegata brevemente la motorica delle varie componenti del proventriglio. In seguito vengono trattati in forma molto concisa la decomposizione batterica dei carboidrati ed il metabolismo dell'azoto nel proventriglio. I paragrafi seguenti si occupano di alcune funzioni dell'abomaso. I punti che vengono approfonditi sono la composizione del secreto dell'abomaso, i meccanismi e la regolazione della secrezione dell'acido muriatico (HCl) e degli enzimi e della protezione della mucosa dell'abomaso dall'autodigestione.

le spielt, führt relativ spezifisch zur Ausfällung des Kaseins, das in der Milch der Wiederkäuer die Hauptkomponente der Proteinfraction ist. Der vom Oberflächenepithel bzw. den Zellen an den Drüsenmündungen produzierte, Bikarbonat-reiche Schleim erhöht die Gleitfähigkeit des Mageninhalts, stellt auch einen gewissen mechanischen Sutz dar und verhindert in Form der «mukosalen Barriere» die Selbstverdauung der Magenschleimhaut.

Literatur

- Church D. C.* (1988). The ruminant animal. Digestive physiology and nutrition. Reston, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Czerkawski J. W.* (1986). An introduction to rumen studies. Pergamon Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford, England.
- Hobson P. N.* (1988). The rumen microbial ecosystem. Elsevier Science Publisher Ltd., Crown House, Linton Road, Barking, England.
- Johnson L. R., Christensen J., Jackson M. J., Jacobson E. D., Walsb J. H.* (1987). Physiology of the gastrointestinal tract, second edition, Raven Press, New York, USA.
- Parker D. S., Lomax M. A., Seal C. J., Wilton J. C.* (1995). Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. Proc. Nutr. Soc. 54, 549-563.
- Svendsen P.* (1969). Etiology and pathogenesis of abomasal displacement in cattle. Nord. Vet. Med. 21, Suppl. 1, 1-60.

Korrespondenzadresse: PD Dr. S. Wolfram, Institut für Veterinärphysiologie, Universität Zürich, Winterthurerstrasse 260, CH-8057 Zürich

DIE EDV-LÖSUNG FÜR GROSS- UND KLEINTIERPRAXEN:



WINDOWS, MAC, DOS

Deutsch, Français, Italiano. Vielseitig, einfach, übersichtlich
...besser.

Amacker & Partner
I N F O R M A T I K

Amacker & Partner, Aemtlerstrasse 30, CH-8003 Zürich, Telefon: 01/463 12 36 - Telefax: 01/463 18 53

**«DER SERVICE
ENTSCHEIDET»**