LANDWIRTSCHAFTLICHES ZENTRALBLATT

ABT. TIERZUCHT · TIERERNÄHRUNG · FISCHEREI

1963

NR. 4

APRIL

SAMMELREFERAT

Aus dem Oskar-Kellner-Institut für Tierernährung Rostock der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

(Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. K. Nehring)

Über den Vitaminstoffwechsel im Pansen

H. H. Budzier

Manuskripteingang: 1.12.1962

Besonders in den letzten Jahren sind in zahlreichen, sehr zerstreuten und z. T. nicht allgemein zugänglichen Publikationen eine Reihe von Ergebnissen über Untersuchungen des Vitaminstoffwechsels im Pansen mitgeteilt worden. Da diese Befunde einen größeren Interessentenkreis, so vornehmlich aus den Gebieten der Tierphysiologie, Tierernährung, Veterinärmedizin, Mikrobiologie und Milchwissenschaft angehen, soll im folgenden versucht werden, das erreichbar gewesene neuere Schrifttum zusammenfassend darzustellen, wobei jedoch patho-physiologische Verhältnisse nicht in diesen Kreis einbezogen wurden.

Allgemeines

An wasserlöslichen Vitaminen werden im Pansen ohne Zweifel Thiamin (aber nicht nach 20), Riboflavin (auch 20, 25, 38), Pyridoxin, Cyanocobalamin, Biotin, Nicotinsäure, Pantothersäure (54) und Folsäure synthetisiert (14). Dasselbe wird ganz allgemein auch von den übrigen, eben nicht genannten Vitaminen der B-Gruppe gesagt (3, 55). Für Ascorbinsäure hält Cappa (10) eine ruminale Bildung für nicht ausgeschlossen, diese wird jedoch von anderer Seite angezweifelt (55) oder für nicht existent gehalten (14). Bei den fettlöslichen Vitaminen dürfte die mikrobielle Entstehung von Vitamin K als gesichert angesehen werden (54, 55), dagegen ist die Frage der generellen Möglichkeit einer intraruminalen Produktion von Vitamin A noch nicht so eindeutig geklärt (3, 14), obwohl Elhatw (19) an Schafen das Fehlen einer solchen experimentell nachweisen konnte.

Entwicklung der Pansenfunktion

Mit der ontogenetischen Entwicklung des Kalbes von der Geburt an und der damit verbundenen Veränderung der mikrobiologischen Vorgänge in den Vormägen geht ein sich verändernder Vitaminstoffwechsel im Pansen einher. Während der Gehalt an Thiamin von der 2. bis 14. Lebenswoche mit Werten zwischen ca. 8 μg und 11 $\mu\text{g/g}$ Tr.-Subst. annähernd gleich ist, ist sowohl bei Riboflavin als auch bei Nicotinsäure mit 34 μg auf ca. 20–25 μg und 72 μg auf ca. 50 $\mu\text{g/g}$ Tr.-Subst. eine fallende Tendenz im Vitaminspiegel zu erkennen (30). Andererseits stellten Buziassy und Tribe (9) fest, daß im Pansen von Lämmern von der Geburt bis zur Entwöhnung die Konzentration an Thiamin, Riboflavin sowie Nicotinsäure in den ersten 3 Wochen stark anstieg, bis zur Entwöhnung etwa konstant blieb, danach aber sehr schwankte, wobei der Gehalt an Nicotinsäure jedoch merklich zurückging. In ähnlicher Richtung liegen die Ergebnisse von Poppe (45), der während der Milchfütterungsperiode bei Kälbern eine starke ruminale Synthese an Thiamin und

Riboflavin feststellte und Vitaminkonzentrationen im Pansen bilanzmäßig nachweisen konnte, die schon im 2. Lebensmonat 4- bzw. 3mal so hoch lagen wie im Futter. Erst zur Zeit des Absetzens der Milchgaben, wenn sich der Zuckergehalt in der Gesamtration zugunsten von Stärke reduzierte, wurde ein Abfall in der Syntheseleistung verzeichnet. Es gibt aber auch Anzeichen, die dafür sprechen, daß einige Vitamine des B-Komplexes im Kälberpansen überhaupt in unzureichender Menge synthetisiert werden, wodurch bestimmte Vitamine bei jungen Wiederkäuern eine essentielle Stellung einnehmen können (3).

Mikrobielle Vitaminlokalisierung

Das im Panseninhalt vorhandene Thiamin soll nach Phillipson und Reid (42) in extrazellulärer Form zur Verfügung stehen. Demgegenüber sind Rérat, Molle und Le Bars (47) sowie auch Conrad und Hibbs (3) der Meinung, daß unter normalen physiologischen Verhältnissen alle oder zumindest einige Vitamine des B-Komplexes lediglich in nicht-resorbierbarem Zustand, nämlich intrazellulär in den Mikroorganismen vorliegen. Dieses trifft offenbar für das ganze oder doch für einen bedeutenden Teil des Vitamins B₁₂ zu, da es nach eingesetzter Lysis auf Grund des Autoklavierens von Pansen saft in erheblich größerer Menge nachzuweisen war als vorher (40). Von nicht geringer Bedeutung ist im Hinblick auf die in Lösung befindlichen Vitamine das quantitative Verhältnis von solchen Bakterien, die Vitamine synthetisieren, zu den Mikroorganismen im Pansen, die die Vitamine sofort als essentielle Nährstoffe konsumieren oder sie sogar zerstören, da nur der vorhandene Überschuß von extrazellulär erzeugten Vitaminen für eine ruminale Resorption in Frage kommen kann (5).

Ruminale Resorption

Die resorptive Verfügbarkeit wäre von entscheidender Bedeutung für eine schnelle Wirksamkeit der Vitamine im intermediären Stoffwechsel, wenn die Pansenwand für diese Produkte voll permeabel wäre. Obwohl namhafte Autoren dieses als experimentell bestätigt anzusehen glauben (3), gibt es doch gegenteilige Meinungen (43, 46), die die Resorption allgemein ablehnen bzw. deren Möglichkeit nur bestimmten Vertretern des B-Komplexes zusprechen. Letzteres trifft offenbar für das Thiamin, nicht aber für das Riboflavin (43) zu.

Mikrobielle Vitaminproduzenten

Recht unklare Vorstellungen herrschen heute noch über die als eigentliche Vitaminproduzenten anzusehenden Mikroorganismen. Cienciala (12) konnte von 68 Bakterienstämmen, die aus 190 Isolaten aus mehreren Schafpansen ausgewählt wurden, lediglich 4 ermitteln, die Vitamin B₁₂ (Escherichia-Test) zu synthetisieren vermochten. Für *Lactobacillus bifidus* wurde sicher festgestellt, daß er extrazellulär Thiamin, Pyridoxin, Nicotinsäure sowie Folsäure und intrazellulär Riboflavin erzeugen kann (41). Poppe (44) berichtet darüber, daß unter Vermehrung „runder Formen und Diplokokken“ bei gleichzeitiger Reduzierung der „Kettenförmigen“ die Syntheseleistung im Rinderpansen von Riboflavin bedeutend anstieg, während die des Thiamins parallel dazu stark abnahm. Die Pantothen säurebildung ist wohl nicht streng auf bestimmte Mikroorganismenarten beschränkt, da sie dem Keimgehalt und der Mikrobenaktivität parallel verläuft (26). Nach Usuelli (14) dürften die Pansenprotozoen gar nicht in der Lage sein, irgendwelche Vitamine in nachweisbaren Mengen zu produzieren. Auf die Kompliziertheit des in-vitro-Nachweises einer Synthesemöglichkeit von Isolaten macht Nurmikko (3) aufmerksam. Zahlreiche Species sollen nämlich im Hinblick auf die Vitaminsynthese symbiotisch voneinander derart abhängig sein, daß gewisse Zwischen-

stufen dieses Stoffwechsels auf extrazellulärem Wege ausgetauscht werden die für den jeweils in Frage kommenden Partner für die Gesamtsynthese des Vitamins essentiell sind. Aus den doch relativ geringen konkreten Angaben unter Hinweis auf das Letztgesagte ergibt sich allgemein, daß man über die eigentliche ruminale Vitaminsynthese und deren Bedingungen praktisch kaum etwas Genaues weiß (54).

Mikrobielle Vitaminkonsumenten

Bryant und Robinson (6) untersuchten den Vitaminbedarf einiger Pansenmikroorganismen. Von 15 Ruminococcus-Stämmen benötigten 1 Thiamin, 1 Riboflavin, 8 Pyridoxin, 10 Biotin, 8 para-Aminobenzoessäure sowie 2 Folsäure zum Wachstum in vitro. Die Notwendigkeit der Thiaminversorgung für bestimmte Pansenkeime wird auch von anderer Seite (5) betont. Chu und Bryant (11) stellten an 4 Stämmen von *Bacteroides succinogenes* fest, daß Biotin für alle essentiell war, para-Aminobenzoessäure aber nicht, sie wirkte jedoch auf das Wachstum stark stimulierend. Allgemein sollen die Cellulolytischen Biotin unbedingt benötigen (17), andererseits konnte eine Celluloseverdauungsdepression durch perorale Vitamin-B-Supplementierung jedoch nicht behoben werden (49). Bei der Dextransynthese aus Saccharose ist Biotin zumindest in vitro auch für einige Stämme von *Streptococcus bovis* essentiell, für andere dagegen offenbar nur Pantothenensäure (39). Die Pantothenensäure kann ebenfalls von *Lactobacillus bifidus* nicht selbst erzeugt und muß exogen zugeführt werden (41). Weitere Literaturangaben beziehen sich auf das Vitamin B₁₂. Nach Johnson u. a. (25), Campbell u. a. (3) sowie Welch (3) ist die Frage noch nicht eindeutig entschieden, ob die im Pansen synthetisierten Komponenten des Vitamin-B₁₂-Komplexes eigentlich in erster Linie von bestimmten Pansenmikroorganismen essentiell benötigt werden und so eine Voraussetzung für den Ablauf des ruminalen Fermentationsprozesses darstellen oder ob vornehmlich das Tier direkt aus der ruminalen Synthese seinen B₁₂-Bedarf deckt. Vom Vitamin C ist durch Koser und Thomas (3) bekannt geworden, daß es bei *Lactobacillus casei* teilweise Cystein und bei einer Reihe von Milchsäurebakterien den Vitamin-B₁₂-Bedarf ersetzen kann. Die Pansenmikroorganismen besitzen offensichtlich einen nicht unbedeutenden Vitamin-C-Bedarf (55). Eingehend untersuchte Lev (32, 33) *Fusiformis nigrescens*, der größenordnungsmäßig in einer Menge von ca. 10⁵/g Panseninhalt anzutreffen ist, auf seinen essentiellen Vitamin-K-Bedarf. Neben den Vitaminen K₁, K₂ und K₅ ergaben ebenfalls 1,4-Naphthochinon, Menaphthon, Menaphthonbisulfit, 2,3-Dimethylnaphthochinon sowie Lapachol eine Vitamin-K-Aktivität, das Phthiochol und seine Derivate zeigten dagegen eine Antivitamin-K-Wirkung. In höheren Dosen (1–5 µg/ml) wirkten aber die meisten der genannten Substanzen auf *Fusiformis nigrescens* toxisch. Auf die Pansenprotozoen sollen nach D'Agostino Barbaro (3) hohe Konzentrationen der Vitamine A, D₃ und E gleichfalls von toxischer Wirkung sein.

Mikrobielle Vitamindestruktion

Von mikrobieller Seite kann der Vitaminvorrat allem Anschein nach nicht nur durch produktiven Verbrauch, sondern auch infolge direkten Vitaminabbaues angegriffen werden. So beobachteten Crossland u. a. (13) an Ziegen bei Futter, das reich an Riboflavin war, einen starken Vitaminabbau im Pansen. Bei peroraler Vitamin-B₁₂-Zufuhr wurde von Kercher und Smith (29) gleichfalls eine Inaktivierung in einem erheblichen Umfang festgestellt. In vitro zugesetztes Vitamin C wurde im künstlichen Pansen innerhalb relativ kurzer Zeit völlig abgebaut (10). Über die Bedeutung des Vitamins A für die Gärungsvorgänge im Pansen, namentlich im Hinblick auf seine mögliche Destruktion, ist so gut wie nichts bekannt (3). Vitamin E kann, wie Uselli (53) berichtet, im Pansen gleichfalls mikrobiell zerstört werden.

Einfluß der Futterzusammensetzung

Relativ viele Angaben liegen über den Einfluß der Futterrationen auf die ruminale Vitaminsynthese vor. Von verschiedenen Autoren wird auf einen gewissen Antagonismus zwischen dem Vitamingehalt des Futters und der Synthesepotenz im Pansen hingewiesen (5, 8, 13, 42, 54). Es bestehen zwischen dem Vitamingehalt der Ration und der im umgekehrt-proportionalen Verhältnis erfolgenden Synthese jedoch keine signifikanten Beziehungen, wohl aber zwischen der jeweiligen N-Gabe und dem ruminalen Vitamingehalt (8). Ganz allgemein fördern die leichter verwertbaren Kohlenhydrate die Vitaminsynthese (20, 45, 55).

Die Thiaminproduktion wurde bei Rindern vornehmlich durch Kartoffelzugabe (43), mit Grundfutter von Luzerneheu (50%), durch Weizenstroh- oder Maisstärkezulage und weniger durch Maisgluten bzw. Weidegang (48), durch SO_2 - sowie Melasse-Silage (51) merklich gefördert. Zu hohe Kohlenhydratgaben, die eine zu starke Milchsäurebildung resultieren ließen, wirkten dagegen stark hemmend (4). Casein oder Harnstoff als Rationszulage hatten keine unterschiedliche Wirkung (8).

Nicht für Thiamin, sondern nur für Riboflavin konnte bei Verfütterung leichtlöslicher Kohlenhydrate ein Synthesenachweis geführt werden (20). Orth und Kaufmann (37) verglichen an Milchkühen Heu-, Getreidemehl- sowie Silage-Rationen und stellten dabei keinen Einfluß auf die Riboflavinsynthese fest. Rérat u. a. (48) ermittelten bei Verfütterung von Luzerneheu als Grundfutter (50%) an Schafe, daß nach Zugabe von Maisgluten geringfügig, nach einer solchen von Weizenstroh oder Maisstärke die Riboflavinproduktion stärker anstieg. Auch wirkten SO_2 - und Melasse-Silage auf die ruminale Riboflavinbildung offensichtlich günstig (51). Wurde in der Ration Casein durch Harnstoff ersetzt, so änderte sich am Riboflavinspiegel des Panseninhaltes nichts (8). Besonders soll die Art des Saftfutters für den Umfang der Riboflavinsynthese entscheidend sein. Es wurde, verglichen mit dem Gehalt der jeweiligen Ration, bei Futterrüben- und Kartoffelfütterung das 5- bis 8fache, bei Futterkohl das ca. 5fache, bei Mais- wie Futterroggensilage das ca. 3fache und bei Wickhafergemenge das Doppelte an Riboflavin in den Vormägen nachgewiesen. In diesen Versuchen an Rindern wurden je nach Futterart täglich zwischen 35 mg und 306 mg Riboflavin im Pansen von den Mikroorganismen produziert (43).

In Fütterungsversuchen mit Schafen stellte Helwig (22) fest, daß durch den Übergang von Heurration (72 g Rohprotein/Tag) auf Kraftfütterration (215 g Rohprotein/Tag) nicht nur der Gehalt an Pyridoxin, sondern auch der an Vitamin B_{12} unverändert blieb.

Die Vitamin- B_{12} -Synthese im Pansen geht unter den Bedingungen des Hungerzustandes erheblich zurück (40). Baintner und Jécsai (2) beobachteten, daß nach Futterwechsel unter normalen Ernährungsbedingungen die Produktion von Vitamin B_{12} für einen Zeitraum von 5-6 Tagen zumindest vorübergehend spürbar abfällt. Nach diesen Autoren förderte die Verfütterung von Brauereigetreide die Vitamin- B_{12} -Bildung. Beim Vergleich der Rationen Heu, Getreidemehl und Silage scheint letztere im Hinblick auf den Vitamin- B_{12} -Spiegel im Pansen von Milchkühen einen ungünstigen Einfluß zu haben (37). Terri u. a. (52) stellten ebenfalls nach Versuchen an Milchvieh einen positiven Einfluß von Hafer sowie Mais auf den Vitamin- B_{12} -Gehalt fest. Nicht zu gleichen Resultaten kommen Rérat u. a. (48), die bei Schafen, welche als Grundfutter Luzerneheu (50%) erhielten, bei Weidegras-Zulage die höchste Vitamin- B_{12} -Zunahme mit 2,3 $\mu\text{g/g}$ Tr.-Subst. des Panseninhaltes feststellten, während Weizenstroh- (1,32 μg), Maisstärke- (1,25 μg) und Maisglutenzulagen (1,65 μg) wesentlich darunter lagen und keine großen Differenzen zeigten.

Die ruminale Nicotinsäure-Bildung wird unter den eben genannten Bedingungen nach Rrat u. a. (48) durch Weidegang (90,7 μ g) und besonders Maisstrkezulage (114,5 μ g) erheblich stimuliert. Whrend SO₂-Silage keinen negativen Einflu auf die Nicotinsureproduktion ausbte (51), wurde dieselbe erheblich reduziert, wenn in der Ration Casein durch Harnstoff ersetzt wurde (8).

Wurde die Eiweizufuhr in Form von Casein erhht, ohne da die brigen Futterkomponenten sich vernderten, stieg der Pantothensuregehalt von 1,0–1,3 μ g/g Panseninhalt auf 1,4–1,5 μ g. Desgleichen stellte Kaufmann (26) fest, da strkereiche Ftterung die hchsten Werte resultieren lie. Eine weitere zustzliche Steigerung des Eiweigehaltes hatte mit Ausnahme bei der Heuration keine Wirkung. Die alleinige Heuftterung zeigte von allen Rationen die niedrigste Pantothensurekonzentration im Pansen. Poppe (43, 45) untersuchte unter Prfung zahlreicher Futterrationen die Dynamik der ruminalen Vitaminsynthese. Der Vitaminspiegel im Pansen lag je nach Ration, wenn der Gehalt im Futter gleich 100% gesetzt wird, bei Thiamin zwischen 168% und 380%, der des Riboflavins zwischen 280% und 930%. An Riboflavin wurden im Pansen pro Tag zwischen 35 mg und 306 mg produziert. Es fllt hier die besonders hohe Schwankungsbreite der Riboflavinsynthesepotenz auf. Im einzelnen wurden vom gleichen Autor groe individuelle Differenzen festgestellt, wobei das Alter der Tiere aber keine Rolle spielte. Auerdem liegt offenbar ein Rhythmus im Hinblick auf die tgliche Vitaminproduktion vor (43). So war vornehmlich bei Riboflavin, in gewissem Umfang ebenfalls bei Thiamin zu beobachten gewesen, da das Maximum nachmittags sowie abends lag, die geringste Zunahme nachts zu verzeichnen war und morgens wieder eine ansteigende Tendenz resultierte. Crossland u. a. (13) beobachteten im Gegensatz zu Poppe (43, 45), da bei Ziegen unabhngig von der Ration sowie deren Riboflavinegehalt die tglich erzeugte Riboflavinnmenge praktisch gleich war und sich zwischen 5,0 mg und 6,9 mg bewegte.

Mikronhrstoff-Wirkung

Nach Versuchen an Milchkhen, Ochsen sowie Hammeln sprechen offenbar und merkwrdigerweise nur die das Riboflavin erzeugenden Pansenmikroorganismen positiv auf zustzliche Gaben von Fe, Cu, Mn, Zn, Co sowie Mg an, nicht aber jene, die fr die Thiaminsynthese im wesentlichen verantwortlich sind (44). Der somit deutlich differenzierte Bedarf der spezifischen Mikroflora an irgendwelchen Mikronhrstoffen wird deshalb auch von Poppe (44) als mgliche Ursache der unterschiedlichen Wirkungsweise der verschiedenen Futterrationen auf die Vitaminsynthese angesehen. Da in diesen Versuchen bis auf CoCl₂ alle genannten Mikronhrstoffe als Sulfate verabreicht wurden, besteht auch durch den Sulfat-S eine weitere Stimulationsmglichkeit (55). Neben S soll auch Co ganz allgemein auf die Vitaminsynthese im Pansen von gnstiger Wirkung sein (55).

Besonders intensiv wurde der Einflu von Co auf die Synthese des Vitamin B₁₂ untersucht. Da Co in Form verschiedener Salze die B₁₂-Produktion frdert, konnte vielfach besttigt werden (21, 28, 31, 36). Wenn auch im hinteren Abschnitt des Verdauungstraktes der Schwerpunkt der Vitamin-B₁₂-Synthese (*Lactobacillus leichmannii*-Test) zu liegen scheint, wie Kercher (28) an Schafen feststellen konnte, werden doch im Pansen erhebliche Mengen gebildet. So wurden unter Co-Mangel im Pansen 4 μ g B₁₂/100 g Tr.-Subst., bei normalen Ftterungsbedingungen aber 60 μ g B₁₂ nachgewiesen. Mit Hilfe von radioaktiv markiertem Co konnte der Nachweis erbracht werden, da das Co von den Pansenmikroorganismen inkorporiert wird (15, 55), um zur B₁₂-Synthese verwendet zu werden. Davis u. a. (15) beobachteten dabei, da gleichzeitige Mo-Gaben den Syntheseproz begnstigen. Der frdernde

Effekt von Co-Zulagen auf die ruminale Vitamin-B₁₂-Produktion soll nach den genannten Autoren vom Mo-Spiegel abhängen, und in dieser Beziehung soll ein bestimmtes Co:Mo-Verhältnis von Bedeutung sein. Da nur wenig Co über die Blutbahn in den Pansen gelangen kann, ist die perorale Zufuhr ausschlaggebend (27).

Das Co wird nicht in jedem Falle von derselben Mikroflorapopulation verarbeitet. Wie Andrews u. a. (1) und Dewey u. a. (18) nachweisen konnten, wird die Dynamik der Pansenmikroflora schon allein durch starke Co-Konzentrationsunterschiede maßgeblich beeinflusst, so daß bei Co-Mangelernährung die Mikroflorazusammensetzung eine andere ist wie bei normaler Co-Versorgung.

Bürke und Schwartz (7) berichteten über interessante Ergebnisse im Hinblick auf den Wirkungsmechanismus des Co. Nach ihnen soll Co im Pansen auch zur Eiweißsynthese verwendet werden, zumal parenteral verabreichtes B₁₂ bei entsprechenden Pansenfunktionsstörungen unwirksam ist und Co die N-Retention erheblich verbessert. Da, wie von ihnen zitierte Autoren festgestellt haben, Methionin bei Säureamidverfütterung an Milchvieh N-sparend wirkt sowie andererseits Vitamin B₁₂ zur Methioninsynthese benötigt wird, ist ein Mechanismus $\text{Co} \rightarrow \text{B}_{12} \rightarrow \text{Methionin} \rightarrow \text{verbesserte Amidwertung} \rightarrow \text{verbesserte N-Retention}$ denkbar. In dieser Richtung liegen Beobachtungen, daß das Vitamin-B₁₂-Bedürfnis der Pansenbakterien bei Harnstoffverfütterung größer ist als wenn Aminosäuren oder natives Protein als N-Quelle dargeboten werden.

Antibiotica-Wirkung

Smith und Allen (50) beobachteten an Kälbern bei einer täglichen Aureomycin-Supplementierung von 40–80 mg keine Veränderung des Gehaltes des Blutes an Thiamin, Riboflavin, Vitamin B₁₂, Nicotinsäure sowie Pantothen-säure. Nach Mameesh und Johnson (24) steigerte eine Aureomycin-Zulage von 30 mg/kg, 9 Tage lang verabfolgt, die Thiaminsynthese um 11%. Auch Streptomycin, 30 mg/kg über 9 Tage angeboten, ließ den Thiamingehalt im Schafpansen von 18,8 µg auf 32,4 µg bzw. von 26,2 µg auf 43,6 µg/100 g Tr.-Subst. steigen (35). Poppe (44) wiederum fand, daß Chlortetracyclin-Hydrochlorid die Thiaminsynthese auf 35–40% der Norm der Vergleichsration ohne Antibioticazusatz senkte, während der Riboflavingehalt jedoch gleichzeitig um 50–100% stieg.

Unter den Bedingungen eines Co-Mangels konnte weder Aureomycin-Hydrochlorid (10 mg) (28) noch Na-Penicillin G (3mal wöchentlich 50 000 IE über 9 Wochen) die ruminale Synthese von Vitamin B₁₂ erhöhen (1).

Varia

Über das Vitamin B₁₂ liegen noch eine Reihe weiterer Untersuchungen vor. Des qualitativen sowie quantitativen Nachweises wegen ist die Mitteilung von Baintner und Jécsai (2) wichtig, daß nämlich zwischen dem Vitamin-B₁₂-Gehalt der Panseningesta und dem des regurgitierten Bolus kein Unterschied besteht. Nach Terri u. a. (52) erscheinen 99% des vom Milchvieh ausgeschiedenen Vitamin B₁₂ im Kot, diese Menge stellt quantitativ das 40- bis 50fache der Einnahme mit dem Futter dar. Der Anteil an Cyanocobalamin am im Pansen synthetisierten Vitamin-B₁₂-Komplex ist relativ gering (14) und soll ca. 10% betragen (3). Der Vitamin-B₁₂-Faktor A, ein Purinanalogen, dürfte mengenmäßig bei der ruminalen Synthese vorherrschen, dessen Produzenten jedoch augenblicklich noch unbekannt sind (14)*. Hiermit hängt erklärlicher-

*Anmerkung: Erst während der Drucklegung wurde die Arbeit von Dryden u. a. (Dryden, L. P., Hartmann, A. M., Bryant, M. P., Robinson, I. M. und Moore, L. A. Nature [London] 195 (1962) S. 201–202.) über die Identifizierung von Vitamin B₁₂ produzierenden Pansenbakterien bekannt, die im Text nicht mehr berücksichtigt werden konnte.

weise zusammen, daß mit dem *Lactobacillus leichmannii*-Test (16) oder dem *Escherichia coli*-Nachweis (23) vom ruminal produzierten Vitamin B₁₂ mehr nachzuweisen ist als mit dem *Ochromonas malhamensis*-Test (16, 23). Diskutiert wird mehrfach die offensichtlich in gewisser Weise vorhandene dualistische Rolle des Vitamin B₁₂ im Pansen (3, 25), die dadurch zum Ausdruck kommt, daß einerseits eine vorwiegende Wirkung auf die Mikroorganismen beobachtet wurde, andererseits mehr ein direkter Effekt auf das Wirtstier ausgeübt zu werden scheint. In diesem Zusammenhang ist auch die Mitteilung zu sehen, daß peroral verabreichtes Pseudovitamin B₁₂ bei Kälbern nicht in der Lage ist, eine Vitamin-B₁₂-Avitaminose zu beheben (23). Völlig unklar ist noch die Funktion des Vitamin D, das bei der Regelung des ruminalen Reaktionszustandes eine Rolle spielen soll (3).

Schlußbetrachtung

Obwohl in den vergangenen Jahren, die in diesem Bericht im wesentlichen die Zeit von 1955 bis 1961 umfassen, zahlreiche Arbeiten erschienen sind, die sich mit dem Vitaminstoffwechsel im Pansen beschäftigen und in vielen Details unser Wissen auf diesem Gebiet vermehren konnten, bleiben nach zusammenfassender Sichtung des Materials doch noch viele Fragen unbeantwortet oder ungeklärt. Über das Vorliegen einer ruminalen Synthese der Vitamine A und C ist noch nicht endgültig entschieden. Dieses gilt ebenfalls über die Art der mikrobiellen Vitaminbildung, nämlich ob extra- oder intrazellulär. Es ist auch noch unklar, unter welchen Bedingungen welche Vitamine mit Sicherheit von der Pansenwand resorbiert werden können. Trotz der als gesichert anzusehenden und in größerem Umfang erfolgenden ruminalen Synthese einer ganzen Reihe von Vitaminen weiß man von den einzelnen Mikroorganismengruppen oder -arten, die hierzu fähig sind, kaum etwas. Während man über den mikrobiellen Vitaminbedarf schon mehr orientiert ist, liegen nur unzureichende Angaben über die ruminale Vitamindestruktion vor. Ein relativ großer Teil der Autoren befaßte sich mit dem Einfluß der Futterzusammensetzung auf die Vitaminsynthese im Pansen. Auch auf diesem Gebiet der Untersuchungen sowie bei der Prüfung des Einflusses von Mikronährstoffen und Antibiotica findet man keine übereinstimmenden Resultate. So ergeben ähnliche Rationen z. T. völlig abweichende, extrem gegensätzlich dagegen z. T. nahezu übereinstimmende Ergebnisse. Mit als wesentliche Ursachen muß man hier die wohl allem Anschein nach existierenden stark unterschiedlichen, individuellen ruminalen Fermentationsintensitäten (43) und die Heterogenität der Pansenmikroorganismenpopulation, deren natürliche Dynamik und der damit verbundenen Toleranz der Gärungsvorgänge (22) ansehen, wenn auch eine gewisse Differenzierungsmöglichkeit der Mikroorganismen (44) nicht abgestritten werden kann. Die ruminale Funktion der verschiedenen Vitamine im Hinblick ihrer Wirkung auf die Gärungsvorgänge im Pansen bedarf ebenfalls einer weiteren Klärung.

Es harren also der weiteren Forschungsarbeit auf dem Gebiet des Vitaminstoffwechsels des Pansens noch viele lohnenswerte Aufgaben, deren systematische und klärende Bearbeitung aber wegen der metabiotischen Natur (22) der Gärungsvorgänge im Pansen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden sein wird.

1. Andrews, E. D., Gall, L. S., Hart, L. I. und Anderson, J. P. New Zealand J. Sci. Technol., Sect. A 38 (1957) S. 654-663. (zit. n. LZ. Abt. III 4 [1959] Nr. 3. S. 632.)
2. Baintner, K. und Jécsai, Gy. Bull. Fac. Agric. Sci. [Gödöllő] 1958 S. 449-455. (zit. n. Nutrit. Abstr. Rev. 30 [1960] S. 462.)
3. Barnett, A. J. G. und Reid, R. L. Reactions in the rumen. Edw. Arnold Ltd., London 1961.
4. Broberg, G. XVI. int. tierärztl. Kongr., Abh., Madrid 2 (1959) S. 867-868. (zit. n. LZ. Abt. III 6 [1961] Nr. 2. S. 319.)

5. Broberg, G. Acute overeating with cereals in ruminants. Diss. Tierärztl. Hochschule, Stockholm 1960.
6. Bryant, M. P. und Robinson, I. M. J. Dairy Sci. **43** (1960) S. 876.
7. Bürkc, R. P. und Schwartz, H. M. Landwirtschaft. Forsch. **13** (1960) S. 330-336.
8. Buziassy, C. und Tribe, D. E. Austral. J. agric. Res. **11** (1960) S. 989-1001. (zit. n. LZ. Abt. III 6 [1961] Nr. 9. S. 1609.)
9. Buziassy, C. und Tribe, D. E. Austral. J. agric. Res. **11** (1960) S. 1002-1008. (zit. n. LZ. Abt. III 6 [1961] Nr. 9. S. 1609.)
10. Cappa, V. Riv. Zootecn. **31** (1958) S. 199-200. (zit. n. LZ. Abt. III 4 [1959] Nr. 3. S. 625.)
11. Chu, H. und Bryant, M. P. J. Dairy Sci. **41** (1958) S. 729-730.
12. Cienciala, M. Badania nad mikroflora żwacza owice z uwzględnieniem biosyntezy kobalaminy. Diss. Landwirtschaft. Hochschule, Kraków 1960.
13. Crossland, A., Owen, E. C. und Proudfoot, R. Brit. J. Nutrit. **12** (1958) S. 312-329.
14. Cuthbertson, D. P. The Advancement of Sci. **25** (1958) S. 140-154.
15. Davis, G. K., Jack, F. H. und McCall, J. T. J. Animal Sci. **15** (1956) S. 1232.
16. Dawbarn, M. C., Ilinc, D. C. und Smith, J. Austral. J. exp. Biol. med. Sci. **35** (1957) S. 273-276. 321-325. (zit. n. Nutrit. Abstr. Rev. **28** [1958] S. 466-467.)
17. Dehority, B. A., El-Shazly, Khaled und Johnson, R. R. J. Animal Sci. **19** (1960) S. 1098-1109.
18. Dewey, D. W., Lee, H. J. und Marston, H. R. Nature [London] **181** (1958) S. 1367 bis 1371.
19. Elhatw, I. A. E. Magyar Állatorvosok Lapja [Ung. veterinärmed. Bl.] **15** (1960) S. 455-457. — Aus: Ung. Agrar-Rdsch. **1961** Nr. 3. (zit. n. LZ. Abt. III 7 [1962] Nr. 1. S. 143.)
20. Hamilton, P., Plummer, B. E. und Dickey, H. C. Maine agric. Exp. Stat., Bull. **543** (1955) (zit. n. J. Sci. Food Agric. **8** [1957] S. 1-90.)
21. Harper, A. E., Richard, R. M. und Collins, R. A. Arch. Biochem. Biophysics **31** (1951) S. 328-329. (zit. n. CZ. **127** [1956] S. 7861.)
22. Helwig, R. Z. Tierphysiol., Tierernähr. Futtermittelkunde **15** (1960) S. 128-135.
23. Hopper, J. H. und Johnson, B. C. J. Animal Sci. **14** (1955) S. 272-275.
24. Horwitz, M. K. Ann. Rev. Biochem. **28** (1959) S. 411-438.
25. Johnson, R. R., Bentley, O. G., Hibbs, J. W. und Gonrad, H. R. J. agric. Food Chem. **4** (1956) S. 627-631. (zit. n. LZ. Abt. III 3 [1958] Nr. 4. S. 701.)
26. Kaufmann, W. Kieler milchwirtsch. Forsch.-Ber. **12** (1960) S. 419-433.; **13** (1961) S. 61-76. S. 121-128. S. 243-266.
27. Keener, H. A., Baldwin, R. R. und Percival, G. P. J. Animal Sci. **10** (1951) S. 428-433.
28. Kercher, C. J.: The metabolism of cobalt, vitamin B₁₂, intrinsic factor, leucovorin, and aureomycin by cobaltdeficient lambs. Diss. Abstr. **14** (1954) S. 1869. (zit. n. J. Sci. Food Agric. **6** [1955] S. 1-192.)
29. Kercher, C. J. und Smith, S. E. J. Animal Sci. **14** (1955) S. 458-464.
30. Kesler, E. M. und Knott, C. B. J. Dairy Sci. **34** (1951) S. 145-148.
31. Koval'skij, V. V. und Raczka, Ju. I. (Kowalski, W. W. und Rajczkaja, Ju. I.) Doklady Akademii nauk SSSR, Moskva **100** (1955) Nr. 3. S. 1131-1134. (zit. n. LZ. Abt. IV. **4** [1959] Nr. 4. S. 602.)
32. Lev, M. Nature [London] **181** (1958) S. 203-204.
33. Lev, M. Biochem. J. **71** (1959) S. 3 P.
34. Lev, M. J. gen. Microbiol. **20** (1959) S. 697-703.
35. Magnani, G. Veterinaria [Milan] **1957** S. 91-94. (zit. n. Chem. Abstr. **52** [1958] S. 20486.)
36. Modjanov, A. V. (Modjanow, A. W.) Kukuruz, Moskva **5** (1960) Nr. 11. S. 50-53. (zit. n. LZ. Abt. III 7 [1962] Nr. 1. S. 163.)
37. Orth, A. und Kaufmann, W. Kieler milchwirtsch. Forsch.-Ber. **9** (1957) S. 253-279.
38. Owen, E. C. und Proudfoot, R. Proc. Nutrit. Soc. **18** (1959) S. XIX.
39. Oxford, A. E. J. gen. Microbiol. **19** (1958) S. 617-623.
40. Patel, B. M. und Allen, N. N. J. Dairy Sci. **35** (1952) S. 505-506.
41. Peter, A. Vitamine u. Hormone **8** (1960) S. 421-430.
42. Phillipson, A. T. und Reid, R. S. Brit. J. Nutrit. **11** (1957) S. 27-41.
43. Poppe, S. Arch. Tierernähr. **8** (1958) S. 9-21.
44. Poppe, S. Arch. Tierernähr. **8** (1958) S. 99-111.
45. Poppe, S. Arch. Tierernähr. **8** (1958) S. 259-270.
46. Rérat, A., Le Bars, H. und Molle, J. C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **246** (1958) S. 1920-1922. (zit. n. Nutrit. Abstr. Rev. **28** [1958] S. 1065.)
47. Rérat, A., Molle, J. und Le Bars, H. C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **246** (1958) S. 2051-2054. (zit. n. Nutrit. Abstr. Rev. **28** [1958] S. 1065.)
48. Rérat, A., Boccard, R. und Jacquot, R. C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **247** (1958) S. 1786-1788. (zit. n. Chem. Abstr. **53** [1959] S. 14254.)
49. Salsbury, R. L., Hoefler, J. A. und Luecke, R. W. J. Dairy Sci. **43** (1960) S. 874.
50. Smith, Q. T. und Allen, R. S. J. Dairy Sci. **37** (1954) S. 1190-1197.
51. Terri, A. E., Josselyn, D., Colovos, N. F. und Keener, H. A. J. Animal Sci. **12** (1953) S. 15-18. (zit. n. J. Dairy Sci. **36** [1953] S. A 58.)
52. Terri, A. E., Enos, H. F., Pomerantz, E. und Colovos, N. F. J. Animal Sci. **14** (1955) S. 268-271.
53. Usucelli, F. VII. Congr. int. Zootecn. Madrid 1956 S. 107-114. (zit. n. LZ. Abt. III 3 [1958] Nr. 1. S. 152.)
54. Anonym. Agradata [Terre Haute] **2** (1958) Nr. 5.
55. Anonym. Agradata [Terre Haute] **3** (1959) Nr. 4.