

# Über die Wirkung einiger Sulfonamide und Antibiotika auf die Infusorien und die Gärgasbildung im Panseninhalt des Rindes

Autor(en): **Schumacher, E.**

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): **104 (1962)**

Heft 7

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-592613>

## **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.

Aus dem Veterinär-Pharmakologischen Institut der Universität Zürich  
(Direktor: Prof. Dr. H. Graf)

## Über die Wirkung einiger Sulfonamide und Antibiotika auf die Infusorien und die Gärgasbildung im Panseninhalt des Rindes

Von E. Schumacher

### 1. Einleitung

«But sweeping generalizations about the role of the rumen ciliates in general in the rumen are still unwise, and it is best not to be concerned about such terms as symbiosis, parasitism, commensalism, etc., in connection with them until we have accumulated a great deal more information about them as living individuals, and about their interactions with rumen bacteria. This may be a disappointing conclusion to arrive at more than a century after their discovery, but it is the only consistent with the facts at present available.»

Mit diesen Schlußfolgerungen aus einem eingehenden Literaturstudium charakterisiert Oxford [56] den heutigen Stand unserer Kenntnisse über die Funktionen der Infusorien im biologischen Gesamtgeschehen im Panseninhalt sehr deutlich. Wie so oft in der Forschung läßt sich gerade hier manche vorgefaßte Meinung allzu leicht beweisen, weil die grundlegenden Kenntnisse und exakten Untersuchungsmethoden noch weitgehend fehlen. Andererseits erfüllen aber nach Hungate [35] die Infusorien im Pansen doch eine nützliche, wenn auch vielleicht nicht lebensnotwendige Aufgabe. Somit ist es auch nicht gleichgültig, wie sich die Infusorien einem Wirkstoff<sup>1</sup> gegenüber verhalten.

Streng selektive Wirkstoffe gibt es nicht, also werden auch die von uns zu Versuchen herangezogenen Sulfonamide und Antibiotika im Panseninhalt einer Vielheit biologischer und physikalisch-chemischer Faktoren gegenüberstehen, die sie beeinflussen und von denen sie selber beeinflußt werden. Der Panseninhalt ist aber ein zu kompliziertes und noch zu unbekanntes Milieu, als daß alle diese Faktoren gesamthaft und auf einmal erfaßt werden könnten.

Wir erwarten von einem Wirkstoff nicht einfach, daß er zum angestrebten therapeutischen Erfolg ver helfe; er soll daneben möglichst unschädlich sein. Eine unerwünschte Nebenwirkung und ein Schaden wäre es aber, wenn durch einen Wirkstoff die Infusorien und damit die optimale Vormagen-

<sup>1</sup> In der gegenwärtigen Biologie werden unter Wirkstoffen Cofermente, prosthetische Gruppen, Hormone etc. verstanden. In der vorliegenden Arbeit gilt der Begriff «Wirkstoff» ganz allgemein für die pharmakologisch wirksame Substanz.

verdauung betroffen würden. Praktisch von Bedeutung für die Beeinträchtigung der Infusorien sind nur die *peroral* verabreichten Wirkstoffe. Wenn in die Versuchsreihen dennoch weitere Wirkstoffe einbezogen wurden, so geschah dies zum Teil zu Vergleichszwecken, zum Teil im Hinblick auf die heute – ob zu Recht, bleibe dahingestellt – so aktuellen Zusätze hochwirksamer Substanzen zu den Futtermitteln.

In allen früheren und auch in den eigenen sehr eingehenden Vorversuchen ist es nicht gelungen, in einem möglichst natürlichen Milieu die gesamte Infusorienpopulation mit Sicherheit gleichzeitig in einer Kultur überlebend zu erhalten. Die Versuche mußten deshalb beschränkt werden auf die Gattung *Isotricha*, im vollen Bewußtsein, daß damit erst ein Teilgebiet bearbeitet ist.

Die nachfolgenden Untersuchungen betreffen:

1. Die Zahlen- und Volumenbestimmung der Infusorien pro Volumeneinheit Panseninhalt. Diese bis heute umstrittenen Zahlen sind Grundlage und Ausgangspunkt für die Beurteilung jeder durch einen Arzneistoff oder ein Gift bedingten Abweichung im physiologischen Verhalten der Panseninfusorien.

2. Die Kulturmethode für Panseninfusorien. Die Überprüfung der bekannten Kulturmethode ergab, daß diese teilweise sehr unzuverlässig sind oder so weit vom natürlichen Milieu im Panseninhalt entfernt, daß die Grundlagen für ersprißliche, den physiologischen Verhältnissen möglichst angepaßte Versuche nicht mehr gewährleistet waren.

3. Die Zählmethode für lebende Kulturen. Die zuverlässige Beurteilung der Wirkung eines Arzneistoffes oder Giftes ist nur an der lebenden Kultur möglich. Eine Methode für die Zählung lebender Infusorien war bisher nicht bekannt.

4. Die Wirkung einiger Sulfonamide und Antibiotika auf die Lebensfähigkeit der Panseninfusorien in der Kultur.

5. Die Wirkung der untersuchten Stoffe auf die Gasproduktion des Pansensaftes im Zusammenhang mit den an den Infusorien festgestellten Wirkungen.

## 2. Allgemeines

### 2.1. *Stellung der Infusorien im zoologischen System und ihr Vorkommen beim Rind*

Die im Pansen des Rindes vorkommenden Infusorien gehören zum Tierkreis der *Protozoa* und sind hier in der Klasse der *Infusoria* (Liebetanz [40], Braune [7], Poche [60], Usuelli [70]) in drei Familien eingeordnet:

*Klasse:* Infusoria.

1. Unterklasse: Aspirotricha.

Ordnung: *Holotricha*; Unterordnung: Gymnostomata, Familie: *Bütschliidae*;

Unterordnung: Hymenostomata, Familie: *Isotrichinae*.

2. Unterklasse: Spirotricha.

Ordnung: *Heterotricha*, Unterordnung: Oligotricha, Familie: *Ophryoscolecidae*;

Gattungen: *Ophryoscolex*, *Diplodinium*, *Entodinium*.



Tabelle 1

Größen der Infusorien (nach Usuelli)

Infusorienart	Länge in mü	Breite in mü
<i>Bütschlia parva</i> . . . . .	30-50	20-40
<i>neglecta</i> . . . . .	40-60	25-40
<i>lanceolata</i> . . . . .	40	20
<i>Isotricha prostoma</i> . . . . .	80-160	50-120
<i>intestinalis</i> . . . . .	100-130	70-90
<i>ruminantium</i> . . . . .	50-100	25-60
<i>Ophryoscolex inermis</i> . . . . .	180	90
<i>purkynei</i> . . . . .	200	80
<i>Diplodinium maggii</i> . . . . .	200	140
<i>bursa</i> . . . . .	100-140	60-70
<i>dentatum</i> . . . . .	92-101	44-60
<i>caudatum</i> . . . . .	100-120	60-70
<i>Entodinium bursa</i> . . . . .	55-115	35-80
<i>furca</i> . . . . .	60	35
<i>caudatum</i> . . . . .	70-100	30-50
<i>rostratum</i> . . . . .	60	24
<i>dentatum</i> . . . . .	70-80	40-50
<i>minimum</i> . . . . .	30-40	10-20

Ziegen mit gekochtem Heu keine Infusorien auftraten, 2. die perorale Infektion mit Infusorien von Tier zu Tier nicht gelang, und schloß daraus, daß Heu und Gras als alleinige Infusorienüberträger in Frage kommen. Er glaubte ferner, auf Heu Infusorienzysten gefunden zu haben, allerdings gelang es ihm nicht, daraus Infusorien zu züchten.

Zu gegenteiligen Ergebnissen kamen Becker u. a. [5] bei ihren Infektionsversuchen an Ziegen: 1. Die Infektion mit Infusorien kann weder durch Heu, Gras, Wasser, Getreide noch Kot oder getrockneten Panseninhalt erfolgen. 2. Es gibt keine Dauerformen. 3. Die Übertragung erfolgt von Tier zu Tier durch direkte Berührung der Mäuler, durch Fressen vom gleichen Futter und vielleicht Trinken aus dem gleichen Gefäß. 4. Im Maul kommen lebende Infusorien vor. 5. Zwischen Schaf, Ziege und Rind besteht eine teilweise Spezifität der Arten. 6. Infusorien vom Pferd sind nicht auf die Ziege übertragbar.

Mangold u. a. [45] schlossen aus Versuchen an Schafen, daß Heu keine Infusorienzysten enthält und somit als Infektionsquelle ausfällt. Auch eine Infektion durch Kot ist unmöglich, weil die Infusorien nach der Darmpassage zerstört sind. Die Infektion erfolgt von Maul zu Maul bei gemeinsamer Fütterung und Tränke. Später zeigten Mangold u. a. [44], daß die echten Panseninfusorien nicht durch Heu übertragbar sind, dagegen im Pansen Heuinfusorien vorkommen können.

Knoth [37] konnte bei seinen Züchtungsversuchen nie Enzystierungen oder Entwicklung von Infusorien aus Zysten beobachten. Winogradow u. a. [80] halten auf Grund von Versuchen an Schafen die Infektion durch Heu für möglich. Also muß es Übergangsformen geben, die aber per os ins Futter gelangen, das heißt sich aus Infusorien bilden, die mit dem Speichel nach außen gelangen. Kot enthält keine Infusorienzysten. Wird Panseninhalt 1 Std. lang bei 15°C aufbewahrt, sind alle Infusorien darin tot und kommen als Infektionsquelle nicht mehr in Frage. Neben der Infektion durch Heu ist auch die direkte Übertragung von Infusorien von Maul zu Maul möglich.

Strelkow u. a. [67] wiesen in Versuchen an Ziegen nach, daß die Übertragung der Infusorien nur durch Kontakt möglich ist. Es gibt keine Zysten. Unter günstigen Bedingungen können Infusorien bis  $1\frac{1}{2}$  Tage an der Außenwelt überleben, wobei die Isotrichen zu den unempfindlichsten Arten gehören. Beyrle [6] konnte auch bei langer Aufbewahrung von Infusorienkulturen im Brutschrank nie Anzeichen von Dauerformen feststellen.

Bei einer kritischen Wertung dieser widersprechenden Ansichten muß auffallen, daß niemals die Infusorienzysten nachgewiesen wurden. Was Liebetanz für solche Zysten hielt, identifizierte Braune [7] als Pflanzensporen; er selber hat nie Zysten oder Zystenbildung beobachtet. Ferner war oft auch die Separation der Versuchstiere so mangelhaft, daß ein gegenseitiger Kontakt nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden konnte; dennoch wurden aber die entsprechenden Schlüsse aus den Versuchen gezogen. Auch wurde oft vor Versuchsbeginn nicht der sichere Beweis erbracht, daß der Pansen keine Infusorien mehr enthielt. Becker [3] hat deshalb gefordert, daß nach einer Behandlung des Versuchstieres zur Abtötung aller Infusorien eine Wartefrist von 2 Wochen und dann eine Nachkontrolle einzulegen sei vor dem eigentlichen Versuchsbeginn.

Auf Grund der festgestellten Lücken in den Versuchsanordnungen einzelner Autoren lassen sich die Widersprüche weitgehend erklären. Letztlich darf angenommen werden, daß nur eine direkte Übertragung der Infusorien durch Kontakt stattfindet.

#### 2.4.2. Die Vermehrung

Es läßt sich durch eigene Beobachtung jederzeit zeigen, daß sich alle beim Rind vorkommenden Infusorienarten durch Querteilung vermehren. Nach Dogiel [16] folgt immer nach einigen vegetativen Teilungen wieder eine Geschlechtsphase, die aber nicht der Vermehrung, sondern nur der Regeneration dient.

Ferber u. a. [21] geben die tägliche Teilungsquote der Infusorien mit 4–15, im Mittel 7% an. Hungate rechnet mit einer durchschnittlichen Vermehrung der Infusorien um 69% pro Tag [33].

### 2.5. Die Bedeutung der Infusorien für das Wirtstier

#### 2.5.1. Allgemeines

Die Bedeutung der Infusorien für das Wirtstier ergibt sich aus den Funktionen, die ihnen im Gesamtgeschehen beim Abbau des Futters im Pansen zufallen. Hungate [33, 34] hat bei seinen Kulturversuchen keine Methode gefunden, bei der alle Infusorienarten lebensfähig waren. Diese Tatsache weist eindeutig darauf hin, wie mannigfaltig die Ansprüche und somit wohl auch die Funktionen der Infusorien sein müssen.

Braune [7] klassiert die Infusorien nicht als Schwimm-, sondern als Wühlformen. Scheunert [64] sieht den Nutzen der Infusorien darin, daß sie die Feinstzerkleinerung des Futters besorgen und dadurch den Verdauungsfermenten Angriffsflächen bereiten. Auch Mangold [43] schreibt den Infusorien mechanische Funktionen zu. Luow u. a. [41] stellten fest, daß der Zelluloseabbau nur an Bruch- und Verletzungsstellen beginnt und rascher vor sich geht, wenn die dabei entstehenden Säuren entweichen können.

Nach Ferber [20] besteht ein Zusammenhang zwischen Infusorienzahl und Eiweißbedarf des Wirtstieres. Trier [69] schreibt, daß bei bestem Wohlbefinden der Tiere auch die Infusorienzahl am größten sei. Pounten u. a. [61] beobachteten bei Jungrindern, daß zwar die Gewichtszunahme bei infusorienfreier Aufzucht nur unwesentlich zurückbleibt, dagegen das Haarkleid rauher wird. Nach Versuchen von Falaschini [19] an Schafen ist die Gewichtszunahme unabhängig davon, ob im Pansen

Infusorien vorhanden sind oder nicht. Becker u. a. [4] stellten in allerdings nicht abgeschlossenen Versuchen bei infusorienfreien Rindern größere Gewichtszunahmen fest als bei Kontrolltieren mit Infusorien. Nach Hedler [29] und Rolle u. a. [63] wird die Futterverwertung mit steigender Infusorienzahl verbessert; nach letzteren ist auf trockenen Weiden die Eiweißsynthese durch die Infusorien sogar eine Lebensvorsatzung, dagegen halten sie die Infusorien für überflüssig, wenn genügend leichtverdauliche Eiweiße vorhanden sind. Nach Ferber [20] geht die Infusorienzahl bei eiweißarmem Futter zurück, auch wenn genügend Kohlehydrate vorhanden sind. Koch [38] hält eine Verbesserung der Futterausnutzung durch Infusorien für möglich, weil er beobachtete, daß bei Hefefütterung die Infusorienzahl rapid ansteigt und gleichzeitig eine bessere Futterverwertung festzustellen ist.

### 2.5.2. Der Kohlehydrat-Stoffwechsel

Weller u. a. [76] fanden, daß von der im Panseninhalt enthaltenen Stärke 5–10% auf die Infusorien und 2–5% auf die Bakterien entfallen.

Sugden [68] beobachtete, daß die Infusorien Glukose aufnehmen. Forsyth u. a. [22] geben an, daß die Holotrichen aus Glukose, Fruktose und Saccharose ein intrazelluläres, nur aus Glukoseresten bestehendes Speicher-Polysaccharid synthetisieren.

Nach Guttierrez [26] nehmen *Isotricha prostoma* und *intestinalis* nur Glukose auf, *Isotricha ruminantium* daneben auch Zellobiose, aber keine Stärke.

Heald u. a. [28] stellten fest, daß die Holotrichen Glukose, Fruktose, Saccharose, Raffinose, Inulin und Zellobiose, aber keine andern Kohlehydrate aufnehmen. Nach Oxford [55] sind die Holotrichen die weitaus aktivsten Infusorien bezüglich Umbau von Glukose, Fruktose und Saccharose in körpereigene Polysaccharide, dagegen können sie Maltose und Zellobiose nicht umwandeln. Von 15 g gewöhnlichen hefe-vergärbaren Zuckern in 800 g Heu werden in 2–3 Std. mindestens 4 g zu Polysaccharid-Granulaten synthetisiert, die über 90% Kohlehydrate und weniger als 1% Protein enthalten. Nach Trier (69) bauen die Infusorien aus Stärke, Milch- und Traubenzucker Glykogen auf; die Stärke ist für sie nicht lebensnotwendig.

Masson u. a. [50] schlossen aus der Beobachtung, daß die Holotrichen Saccharose ebenso leicht wie Glukose in Stärke umbauen, daß diese eine Invertase enthalten müssen. Ferner besitzen sie auch eine Zellobiase, denn sie können auch Zellobiose in Stärke umwandeln. Bei den Oligotrichen erfolgt die Stärkeeinlagerung viel langsamer und tritt nicht ein bei Zellobiosefütterung. Nach Ferber [20] müssen die Infusorien eine Amylase enthalten, denn sie verdauen Stärke schneller, als dies sonst im Panseninhalt erfolgt.

Nach Weineck [75] bauen die Ophryoscoleciden Stärke zu Glukose ab, die sie teilweise für den eigenen Zellstoffwechsel verbrauchen, teilweise zu Paraglykogen als Speicherstoff aufbauen. Sie sind am Kohlehydratstoffwechsel wesentlich beteiligt.

Oxford [56] sieht eine wichtige Funktion der Infusorien darin, daß sie einen erheblichen Teil der Kohlehydrate speichern und damit deren Vergärung zu flüchtigen Fettsäuren über einen sehr langen Zeitraum verteilt wird. Mangold [43] erachtet es als sehr vorteilhaft für das Wirtstier, daß die Infusorien Stärke aufnehmen, weil sie diese nicht dem Wirt, sondern den Bakterien entziehen. Die Bakterien würden durch die Kohlehydrate von ihrer eigentlichen Aufgabe, Zellulose abzubauen, abgelenkt und bilden aus den Kohlehydraten Gase, was für den Wirt in doppelter Hinsicht nachteilig ist. Gutierrez [26] hat festgestellt, daß die Holotrichen pro Tag und 100 kg Panseninhalt total 240 g Milch-, Butter- und Essigsäure liefern oder rund 10% der Gesamtproduktion, wobei der restlichen Infusorienfauna nochmals 10% zufallen; nach Heald u. a. [28] entstehen daneben noch Spuren von Propionsäure und lösliche N-Verbindungen, die weder Ammoniak, Harnstoff noch Aminosäuren sind. Nach Huffman [31] entstehen diese Säuren zur Hauptsache in wenigen Stunden nach der Fütterung.

Prabucki [62] weist den Infusorien im Kohlehydratstoffwechsel eine untergeordnete Rolle zu, und nach Van der Wath u. a. [71] bauen sie überhaupt keine Stärke ab.

### 2.5.3. Der Eiweiß-Stoffwechsel

Die Infusorien wurden besonders aktuell im Zusammenhang mit der Frage nach der Bedeutung nichteiweißartiger N-Verbindungen als Eiweißersatz bei Wiederkäuern. Ferber [20] stellte fest, daß die Infusorien Eiweiße benötigen, nach Ferber u. a. [21] können die Infusorien nichteiweißartige N-haltige Substanzen nicht als Eiweißersatz verwerten; ebenfalls Mangold [43] verneint die Fähigkeit der Infusorien, aus sonst nicht mehr verwertbaren Amidn Eiweiße aufbauen zu können. Oxford [56] vermutet, daß die Infusorien für den Proteinaufbau von den Bakterien vorgebildete Aminosäuren verwenden.

Ferber u. a. [21] schätzen den Infusorienanteil am Gesamt-N-Gehalt im Pansen auf 10-20%, nach Hungate [33] liefern sie etwa 20% des N-Bedarfes des Wirtstieres, nach Crasemann [11] sind etwa 20% des Eiweißes gut verdauliches Protozoeneiweiß. Nach Gutierrez [26] liefern die Holotrichen pro 100 kg Panseninhalt und Tag 33g Protein. Während Mangold u. a. [46] und Trier [69] die Infusorien noch als unbedeutende N-Quelle für das Wirtstier bezeichneten, gibt Mangold [43] später den Infusorieneiweißgehalt pro kg Panseninhalt mit 50 g an und sieht dabei den Wert der Infusorien vor allem darin, daß sie Pflanzeneiweiße veredeln. Prabucki [62] bezeichnet die Infusorien als Eiweißquelle von hoher biologischer Wertigkeit.

Mc Naught u. a. [52] geben die Zusammensetzung getrockneter Bakterien und Infusorien wie folgt an:

	Bakterien %	Infusorien %
Wassergehalt . . . . .	11,2	8,2
Protein . . . . .	41,8	26,5
Polysaccharide . . . . .	32,0	62,1
Asche . . . . .	6,7	2,3
Lipide . . . . .	2,4	1,4
Rohfaser . . . . .	2,2	1,7

Die biologischen Wertigkeiten im Fütterungsversuch mit Ratten ergaben:

Protein von	Biologische Wertigkeit	Wirkliche Verdaulichkeit
getrockneten Pansenbakterien . . . . .	81	74
getrockneten Infusorien . . . . .	80	91

Nach Schwarz [66] entfallen vom Gesamt-N-Gehalt des frischen Panseninhaltes beim Rind bei Heufütterung (durchschnittlich 1,3 g N in 1 kg) auf:

Bakterien-N	11,7%	} total Mikroorganismen
Infusorien-N	20,0%	
N in Lösung	8,6%	= 0,11 g
N in Futterresten	59,7%	= 0,77 g



Daraus berechnete er, daß in 1 kg Panseninhalt 20,8 g Infusorien und 7,5 g Bakterien enthalten seien oder total 2,83 kg Mikroorganismen in 100 kg Panseninhalt, was 256 g Eiweiß entspreche. Nach Völtz [72] ist dieses Eiweiß zu 80–90% resorbierbar, die Infusorien enthalten somit 7,4–8,3% verdauliches Eiweiß gegenüber 3% im Heu.

#### 2.5.4. Der Zellulose-Abbau

Nach Van der Wath u. a. [71] und Sugden [68] bauen die Infusorien keine Zellulose ab. Nach Margolin [49] wird die Zellulose von Bakterien abgebaut, die Infusorien nehmen erst bestimmte Abbauprodukte auf. Prabucki [62] hält eine zellulolytische Wirkung der Infusorien für möglich. Trier [69] erachtet den Zelluloseabbau durch Infusorien als sicher; nach Weineck [75] geschieht dieser Abbau durch die Infusorien mit Hilfe einer Zytase oder Zellulase bis zu Glukose. Braune [7] beobachtete die Zelluloseverdauung bei Entodinium-Arten, Hungate [33, 34] bei Entodinium neglectum und Diplodinium-Arten; er isolierte ein zelluloseabbauendes Ferment und als Endprodukt dieses Abbaues Glukose.

#### 2.5.5. Verschiedene Beobachtungen

Nach Trier [69] und Ferber [20] entscheidet der Chlorophyllgehalt des Futters über die Lebenskraft der Infusorien. Weineck [75] schreibt dem Chlorophyll eine noch unbekannte Katalysatorenwirkung zu.

Weineck [75] und Ferber [20] haben die Aufnahme von Pflanzen- und Milchfett und deren Zersetzung durch Infusorien beobachtet, wobei nach Ferber die Verdauung aber durch Bakterien erfolgt.

Conrad u. a. [10] stellten bei den Infusorien einen Thiamingehalt (3,34 gamma/g Trockensubstanz) fest, der unbedeutend höher liegt als im Futter (2,53 gamma/g), dagegen ist der Riboflavingehalt der Infusorien relativ hoch (59,0 gamma/g gegenüber 6,9 gamma im Futter und 39,2 gamma in den Bakterien). Da aber die Infusorien keine Vitamine aufbauen, beziehen sie diese aus dem Futter und den Bakterien.

Nach D'Agostino Barbaro [14] sind die Infusorien für die Erhaltung ihres Lebens auf das Vitamin B<sub>1</sub> der Bakterien angewiesen; dasselbe vermutet auch Oxford [56]. Im Gegensatz zu Manusardi [48] glaubt Mangold [43], die Infusorien könnten in geringem Maße an der Vitamin-B-Bildung (welches?) beteiligt sein.

### 3. Zahl und Volumen der Infusorien

Nachdem bereits vor 30 Jahren Mangold und seine Schüler und seither noch eine Reihe anderer Autoren sich intensiv mit den Panseninfusorien befaßt haben, müßte es eigentlich überflüssig sein, sich hier noch mit der scheinbar lapidaren Frage nach der Zahl und dem Volumen der im Pansen der Wiederkäuer vorkommenden Infusorien auseinanderzusetzen. Die ersten Angaben beziehen sich aber auf die Verhältnisse bei Schaf und Ziege, und die wenigen Angaben über das Rind liegen um rund das 10fache auseinander.

#### 3.1. Bisherige Angaben

Nach Ferber [20] liegt die Infusorienzahl beim Schaf im Mittel bei 900/mm<sup>3</sup> Pansensaft bei normaler Fütterung, wovon auf die Isotrichen 9,7% entfallen; bei der Ziege fand er nach dem Lammen bis 2300 Infusorien/mm<sup>3</sup>. Ferber u. a. [21] stellten

bei Schaf und Ziege als Normalwerte 800–1000 Infusorien/mm<sup>3</sup> fest. Falaschini [19] fand bei 4 Lämmern im Mittel etwa 1000/mm<sup>3</sup> und Willing [79] zählte beim Schaf 560–700 Infusorien/ml frischen Pansensaft. Nach Usuelli [70] enthält der Panseninhalt 600–1200, im Mittel 1000 Infusorien/mm<sup>3</sup>. Van der Wath u. a. [71] fanden beim Schaf 1000–3500 Infusorien/mm<sup>3</sup>, wovon 95% auf Entodinium-Arten entfielen.

Winogradowa u. a. [81] zählten im Pansen-Haubeninhalte von 9 etwa 6 Monate alten Ziegen 121 000–391 000, im Mittel 268 000 Infusorien/ml. Rolle u. a. [63] geben die Infusorienzahl im Panseninhalt mit 1–2 Mill./ml an.

Die ersten Zählungen beim Rind führten Winogradowa u. a. (81) durch. Sie fanden bei 13 Ochsen 69 500–117 000 im Mittel 94 000 Inf./ml Pansen-Haubeninhalte, oder umgerechnet auf den Gesamteinhalte (56–871) 4,2–9,5 Milliarden. Hedler [29] fand bei 1/2–3/4-jährigen Rindern etwa 1500 Inf./mm<sup>3</sup>, bei jüngeren Tieren, die aber keine Milch mehr erhielten, im Mittel 2500, davon 80% Diplodinium-Arten. Gutierrez [26] schätzt beim Rind die Zahl der Isotricken auf 300–4000, im Mittel 3000/ml, die Zahl der Dasytricken auf 2700–10000, im Mittel 5000/ml. Beyrle [6] hat folgende Infusorienzahlen festgestellt:

gutgenährte erwachsene Rinder:

Sommerfütterung 840–1910, Mittel 1226/mm<sup>3</sup>

Winterfütterung: 720–1350, Mittel 1011/mm<sup>3</sup>

gutgenährte Jungrinder (bis 9 Monate alt):

Sommerfütterung 830–1310, Mittel 1098/mm<sup>3</sup>

Winterfütterung: 920–1370, Mittel 1137/mm<sup>3</sup>

Nach Prabucki [62] können im Gramm Panseninhalt bis 1 Mill. Infusorien enthalten sein.

### 3.2. Eigene Versuche

Beim Arbeiten mit Panseninfusorien muß es auffallen, wie rasch mindestens die großen Arten im Pansensaft absinken und daß diese von bloßem Auge leicht sichtbar sind. Muß man sich nun vorstellen, daß – nach der vorherrschenden Meinung – rund 1000 solcher Individuen in einem mm<sup>3</sup> Panseninhalt enthalten sein sollen, schienen Zweifel an der Richtigkeit dieser Zahlen berechtigt, zumal in diesem Volumen noch einige Millionen Bakterien, die flüssige Phase, also der Lebensraum aller Mikroorganismen, und die zugehörigen festen Futterbestandteile enthalten sein sollen. Dem Begriff «Panseninhalt» oder «Pansensaft» scheint überhaupt wenig Beachtung geschenkt worden zu sein; die Autoren geben ihre Zahlen meist bald für das eine und bald für das andere Milieu an ohne jegliche Begriffsbestimmung, dabei spielt doch gerade die feste Futtermasse volumenmäßig eine bedeutende Rolle.

#### 3.2.1. Definition des Versuchsmateriales

Ausgangsmaterial für eine richtige Bestimmung der Infusorienzahlen muß der Panseninhalt sein. In Vorversuchen konnte nämlich festgestellt werden, daß beim Abpressen des Panseninhaltes nicht alle Infusorien in den Pansensaft übergehen und beim Aufrahmenlassen des Pansensaftes, das für die Gewinnung der Isotrickenkulturen vorteilhaft war, auch ein erheblicher Teil der Infusorien aufstieg.

Unter *Panseninhalt* (PI) ist der gesamte, unveränderte Inhalt des Pansens in seiner natürlichen Durchmischung zu verstehen.

Als *Pansensaft* (PS) definieren wir den flüssigen Anteil des PI, von Hand abgepreßt und durch ein Sieb von etwa 1 mm Maschenweite von Futterbestandteilen gereinigt.

Als *Preßrückstände* (PR) gelten die feuchten Futteranteile des PI nach Abpressen des PS.

Aus einer Untersuchungsreihe an 20 Schlachtrindern ergaben sich folgende Eigenschaften des PI:

<i>PI</i> : Spez. Gewicht:		Mittel	0,953 ± 0,023
		Min.	0,909
		Max.	1,005
	Trockensubstanz:	Mittel	11,4%
		Min.	9,9%
		Max.	14,5%
<i>PS</i> : Spez. Gewicht:		Mittel	1,010
		Min.	1,007
		Max.	1,012
	Anteil des PS am PI:	Gew.-%	Mittel 47,4 ± 5,0%
			Min. 33,1%
			Max. 54,9%
		Vol.-%	Mittel 44,5 ± 4,8%
			Min. 30,8%
			Max. 51,8%
<i>PR</i> : Anteil der PR am PI:		Gew.-%	Mittel 52,6 ± 5,0%
			Min. 45,1%
			Max. 66,9%
		Vol.-%	Mittel 55,5 ± 4,8%
			Min. 48,2%
			Max. 69,2%

### 3.2.2. Vorbereitung des Versuchsmateriales, Zählmethode

Für die Zählungen wurde von frisch geschlachteten Rindern (nur erwachsene Tiere) Panseninhalt entnommen und davon soviel abgepreßt, als zur Gewinnung von 100 ml PS nötig war. Diesem PS wurden 80 ml der ebenfalls für die Kulturen (siehe 4.2.2.2.) verwendeten Salzlösung und 20 ml konz. Formalin zugesetzt. Diese Verdünnung des PS empfiehlt sich deshalb, weil sonst die Infusorien in der Zählkammer oft kaum sichtbar sind. Das Formalin tötet die Infusorien ab und fixiert sie.

Die von der Gewinnung des PS herrührenden PR wurden gewogen und davon etwa 15 g abgewogen und mit 90 ml Salzlösung in einem Erlenmeyer einige Minuten lang kräftig geschüttelt. Dann wurden die Rückstände abgesiebt und die Salzlösung, in die mindestens noch ein sehr großer Teil der Infusorien aus den Rückständen übergegangen ist, mit 10 ml Formalin versetzt.

Aus diesen beiden Komponenten, abgepreßter PS und Aufschwemmung aus den Rückständen, wurde die Infusorienzahl pro *Volumeneinheit Panseninhalt* berechnet. Die Versuche wurden teilweise bei Gras- und teilweise bei Heufütterung durchgeführt.

Für die Zählungen wurde die Zählkammer nach Fuchs-Rosenthal benutzt. Als entscheidendes Moment für die Erreichung zuverlässiger Resultate ist zu beachten, daß die Infusorienaufschwemmung sehr gut durchmischt und die Probe für die Zählkammer sofort entnommen wird. Die Aufschwemmung darf nach dem Mischen nicht einen Augenblick stehengelassen werden, ehe die Zählprobe entnommen wird, weil die toten Infusorien sofort absinken und dadurch das Bild verfälscht wird. Ebenfalls muß darauf geachtet werden, daß die lichte Weite der für die Beschickung der Zählkammer verwendeten Pipette bis zur Spitze streng zylindrisch bleibt; konische Verengung verursacht Stauung der Infusorien, besonders der größeren Arten, so daß das Resultat absolut zu klein ausfällt mit einem zu hohen Anteil kleiner Formen.

Von jedem Pansensaft und der zugehörigen Aufschwemmung aus den PR wurden je 2–3 Proben gezählt. Je eine dieser Proben wurde für die Größmessungen und in den Vorversuchen für die Bestimmung des Anteiles der Isotricha-Arten benützt, das heißt, von jeder Zählprobe wurde die größte Länge (ohne Stachelfortsätze) und die größte Breite von 100 Infusorien, also 200 pro PI, auf ganze mü genau (immer abgerundet) gemessen.

### 3.2.3. Ergebnisse

#### 3.2.3.1. Zahl der Infusorien

In einer Reihe von Vorversuchen im Zusammenhang mit den Kulturversuchen wurden vorerst die Infusorienzahlen festgestellt im PS nach Entfernung des aufgerahmten Anteiles, teilweise unter Mitberücksichtigung der PR. Insbesondere sollte auch der Isotrichenanteil an der Gesamtinfusorienzahl, der für die Kulturversuche maßgeblich war, festgestellt werden. Es enthielten:

6 Proben unter	50 000 Infusorien/ml	(Min. 11 600)
4 Proben von	50–100 000 Infusorien/ml	
4 Proben von	100–150 000 Infusorien/ml	
4 Proben von	150–200 000 Infusorien/ml	
2 Proben über	200 000 Infusorien/ml	(Max. 261 000)
<hr/>		
Mittel	103 000 Infusorien/ml	

Der Isotrichen-Anteil betrug im Mittel 14% (Min. 5, Max. 24%).

Ganz wesentlich höhere Infusorienzahlen ergaben sich bei der Auszählung des gesamten PI, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

<i>Infusorienzahl pro ml Panseninhalt . . . . .</i>	<i>Mittel</i> 206 500
	Min. 99 600
	Max. 318 000

Auf die einzelnen Gruppen verteilen sich die Infusorien in % wie folgt (Tabelle 2, Gruppeneinteilung siehe 3.2.3.2.):

Tabelle 2

Prozentuale Verteilung der Infusorien nach dem Durchmesser (Gruppeneinteilung siehe 3.2.3.2.)

Gruppe	Mittel %	Minimum %	Maximum %
1	58	48	69
2	20	15	29
3	10	3	17
4	7	1	17
5	3	1	4
6	1	0	2
7	1	0	4
Total	100	—	—

Bei dem für die Infusorienzählung benutzten Material ergab sich folgende Verteilung des PI und dessen Infusorienzahl auf PS und PR:

Anteil des PS am PI in Vol.-%:

Mittel 43,8  
Min. 32,1  
Max. 60,3

Anteil der Gesamtinfusorienzahl pro ml PI im PS-Anteil in %:

Mittel 42,2  
Min. 29,3  
Max. 58,4

Für die PR gelten die entsprechenden Komplementärwerte.

Aus diesen Zahlen darf der Schluß gezogen werden, daß die Infusorienzahl pro Volumeneinheit PS mit der effektiven Zahl pro Volumeneinheit PI weitgehend übereinstimmt. Die praktische Schlußfolgerung aus dieser Tatsache wäre die Möglichkeit, aus mit Hilfe der Schlundsonde entnommenem PS die Infusorienzahl annähernd genau bestimmen zu können. Tatsächlich ist dieses Vorgehen bei normaler Fütterung und unter Beachtung einer Streubreite von  $\pm 20\%$  zulässig (Tabelle 3, Beispiele a-c). Unzuverlässig wird diese vereinfachte Methode bei an sich weit unter dem Durchschnitt liegenden Infusorienzahlen (Beisp. d). Die Verhältnisse sollen an einigen Zahlenbeispielen aus der eigenen Untersuchungsreihe (Tabelle 3) dargestellt werden:

Tabelle 3

Verteilung der Infusorien auf PS und PR

	Beispiele			
	a	b	c	d
Anteil PS in % . . . . .	53.3	46.8	42.8	49.3
Inf. pro ml PS . . . . .	221 000	199 000	219 000	71 000
Inf. pro ml PR . . . . .	222 000	274 000	157 000	117 000
Inf. pro ml PI . . . . .	221 500	234 000	183 000	95 000
Differenz PS:PI in %, bezogen auf PS .	0.5	17.6	16.4	33.8

### 3.2.3.2. Volumen der Infusorien

Für die Berechnung des Volumens wurden die Infusorien ungeachtet ihrer Artzugehörigkeit nach ihrer größten Breite in sieben Gruppen zusammengefaßt:

Gruppe	größte Breite
1	bis 28 mü
2	29–42 mü
3	43–56 mü
4	57–69 mü
5	70–83 mü
6	84–97 mü
7	über 97 mü

Aus den Mittelwerten der gemessenen Breiten, der zugehörigen Längen und der Zahl der Infusorien der betreffenden Gruppe wurde, das Einzelindividuum als Rotationsellipsoid betrachtet, das Volumen der Infusorien pro ml PI berechnet nach der Formel:

$$\text{Volumen einer Gruppe} = V = Z \cdot \frac{ML}{2} \cdot \left(\frac{MB}{2}\right)^2 \cdot \frac{4}{3} \pi \mu^3$$

wobei bedeuten

- Z = Anzahl Infusorien pro Gruppe,
- ML = Mittlere Länge der Infusorien in mü,
- MB = Mittlere Breite der Infusorien in mü.

Gesamtvolumen der Infusorien pro ml PI =  $\Sigma V$  aller Gruppen

In Berücksichtigung des häufig nicht kreisrunden Querschnittes der Infusorien wurde immer mit abgerundeten ganzen Zahlen gerechnet. In der folgenden Tabelle 4 sind die pro Zählprobe von 100 Infusorien errechneten Mittelwerte für alle Versuche gesamthaft sowie für die beobachteten Minima und Maxima zusammengestellt.

Tabelle 4

Größe der Infusorien nach Gruppen (Einteilung siehe 3.2.3.2.)

Gruppe	Breite in mü			Länge in mü			Mittlere Inf.zahl in % Inf.zahl in % (Tab. 2)
	Gesamt- mittel	Einzelproben Max.   Min.		Gesamt- mittel	Einzelproben Max.   Min.		
1	22	23	22	34	36	32	58
2	35	37	34	54	62	47	20
3	51	53	49	79	93	69	10
4	64	67	61	101	118	86	7
5	77	83	73	121	130	108	3
6	93	97	89	145	164	119	1
7	126	144	111	171	212	133	1

Das den Mittelwerten dieser Zahlen entsprechende Volumen von 100 Infusorien beträgt  $6\,986\,000\text{ mü}^3$ . Es verteilt sich auf die einzelnen Gruppen wie folgt:

Gruppe	Volumen in %
1	7.1
2	9.8
3	15.4
4	21.7
5	16.2
6	9.4
7	20.4
Zusammen	100.0 %

Die in 1 ml PI durchschnittlich enthaltenen 206 500 Infusorien stellen somit ein Volumen von  $0,0144\text{ ml}$  dar, oder in besser geläufigen Größenordnungen ausgedrückt: in 100 ml PI sind 1,44 ml Infusorien enthalten oder rund  $\frac{1}{70}$  des Gesamtvolumens.

Das größte Infusorienvolumen wurde mit 2,12 ml pro 100 ml PI oder rund 2% berechnet bei einer Zahl von 147 000 Infusorien/ml, deren zahlen- und volumenmäßige Verteilung auf die einzelnen Gruppen in Tabelle 5 (Max.) dargestellt ist.

Das ungünstigste Resultat ergab 0,66 ml/100 ml PI bei 121 000 Infusorien/ml mit der in Tabelle 5 (Min.) dargestellten Verteilung.

Aus diesen beiden Extremresultaten ist deutlich ersichtlich, daß die Zahl an sich kein sicherer Maßstab für das Volumen der Infusorien pro Volumeneinheit PI ist. In beiden Fällen liegt die Infusorienzahl weit unter dem Durchschnitt. Weit maßgeblicher als die Infusorienzahl ist deren Verteilung auf die

Tabelle 5

Prozentualer Zusammenhang zwischen Infusorienzahl und Volumen

Gruppe	Anzahl in %		Volumen in %	
	Max.	Min.	Max.	Min.
1	48	54	3.5	8.9
2	15	25	4.0	18.5
3	10	12	8.3	27.4
4	17	8	25.5	31.4
5	4	1	11.4	13.8
6	2	—	11.1	—
7	4	—	36.2	—

verschiedenen Gruppen, das heißt praktisch auf die Anteile der einzelnen Infusorienarten an der im Einzelfall vorhandenen Infusorienfauna. Die Artenverteilung und damit das Verhältnis Anzahl: Volumen strebt mit zunehmender Infusorienzahl keineswegs zwingend einem bestimmten ausgeglichenen Verhältnis zu, was an einigen Beispielen (Tabelle 6) gezeigt sei.

Tabelle 6

Zahlenmäßige Abhängigkeit des Volumens von der Verteilung der Infusorien auf die verschiedenen Gruppen

Gruppe	Beispiele der Verteilung der Infusorienzahl in %		
	a	b	c
1 . . . . .	69	60	56
2 . . . . .	15	15	21
3 . . . . .	11	6	17
4 . . . . .	3	12	1
5 . . . . .	1	3	2
6 . . . . .	1	2	2
7 . . . . .	—	2	1
Infusorienzahl pro ml PI	318 000	99 000	299 400
Infusorienvolumen pro ml PI in ml	0.0125	0.0077	0.0203

Diese Erscheinung ist damit zu erklären, daß die Infusorienpopulation des einzelnen Tieres einerseits durch die Population des oder der Überträger, andererseits durch die Milieufaktoren im Pansen des Empfangstieres bestimmt wird und somit von vielen Zufällen abhängt.

Als Überblick über die theoretisch möglichen Schwankungen der Infusorienzahl bei gleichbleibendem Volumen mögen die folgenden Zahlen von Interesse sein:

Voraussetzung: Infusorienvolumen = 0,0144 ml/ml PI

Annahme:	Infusorienzahl/ml PI
a) alle Infusorien gehören zu Gruppe 1	1 674 400
b) alle Infusorien gehören zu Gruppe 4	67 300
c) alle Infusorien gehören zu Gruppe 7	10 220

(Berechnungsgrundlagen: Gesamtmittel der Tabelle 4)

Stellen wir uns umgekehrt ein aus einer einzigen Art bestehendes Infusorienvolumen von 1 ml vor, wären darin enthalten:

- von Gruppe 1 116 052 360 Infusorien
- von Gruppe 4 4 662 500 Infusorien
- von Gruppe 7 708 600 Infusorien



Setzt sich dieses Volumen zusammen aus:

- a) gleichen Volumenanteilen der drei Gruppen, so sind im Gesamtvolumen enthalten. . . . . 40 474 500 Infusorien
- b) gleichen Zahlenanteilen der drei Gruppen, so sind im Gesamtvolumen enthalten . . . . . 1 835 700 Infusorien  
oder pro Gruppe . . . . . 611 900 Infusorien

Es wird somit unverständlich, wie Beyrle [6] einerseits rund 1000 Infusorien/mm<sup>3</sup> (= 1 Million/ml) zählen konnte, wobei die wichtigsten großen Arten nach ihren eigenen Bestimmungen über 60% der Gesamtzahl ausmachen sollen. Das Resultat ihrer Angaben sei hier noch demonstriert unter Verwendung der Größenangaben von Usuelli (vergl. 2.3, Tabelle 1), die nach eigenen Beobachtungen innerhalb richtiger Grenzen liegen (Tabelle 7).

Wir können uns von den durch diese Zahlen gegebenen Verhältnissen vielleicht noch ein lebendigeres Bild machen, wenn wir uns diese 628 Infusorien als Einzelindividuen, betrachtet als Rotationsellipsoide mit einer mittleren Länge von 110 mü und einem mittleren Durchmesser von 60 mü, aufeinandergeschichtet denken: sie füllen dann bereits einen Viertel ihres

Tabelle 7

Infusorienvolumen, berechnet nach Literaturangaben  
Annahme: 1000 Infusorien/mm<sup>3</sup>, davon berechnet 628

	Diplodinium bursa	Entodinium bursa	Isotricha prostoma	Isotricha intestinalis	Total
<i>Artenanteil nach Beyrle</i>					
in % . . . . .	25,8	19,1	14,0	3,9	62,8
Anzahl . . . . .	258	191	140	39	628
<i>Größen nach Usuelli</i>					
a) Länge in mü . .	100–140	55–115	80–160	100–130	
Angenommenes Mittel für die Vo- lumenberechnung in mü	120	80	120	110	
b) Breite in mü . .	60–70	35–80	50–120	70–90	
Angenommenes Mittel für die Vo- lumenberechnung in mü . . . . .	60	50	80	70	
Volumen in mü <sup>3</sup> pro mm <sup>3</sup> PI . . .	58 358 360	20 001 520	56 297 470	11 006 600	145 663 950

Volumen (63% der Gesamt-Infusorienzahl) pro 100 ml Pansensaft: 14.5 ml.

gesamten Lebensraumes aus, in dem aber auch noch die restlichen Infusorien, Bakterien und feste Futterbestandteile Platz finden müssen.

Daß diese Verhältnisse der Wirklichkeit in keiner Weise entsprechen, steht wohl außer Diskussion. Damit lassen sich auch die Infusorienzahlen von rund 1 Million/ml PI, wie sie von Ferber, Usuelli, Hedler, Beyrle u. a. angegeben werden, nicht vertreten.

Schließlich seien als Vergleich noch die Volumina der Erythrozyten und Panseninfusorien des Rindes einander gegenübergestellt:

*Berechnungsgrundlagen*

- a) Erythrozyten: Durchmesser 5,6 mü  
 Dicke = Höhe = 2 mü  
 Volumen berechnet als Zylinder
- b) Infusorien: Größen = Gesamtmittel der Tabelle 4, S. 19  
 Volumen berechnet als Rotationsellipsoid nach der Formel S. 19.

Volumen

	Volumen in mü <sup>3</sup>	Volumenverhältnis Erythrozyt : Infusorien 1 : x
Erythrozyt . . . . .	49.27	
Infusorien der Gruppe 1 . . . . .	8 616	1 : 175
Infusorien der Gruppe 2 . . . . .	32 685	1 : 663
Infusorien der Gruppe 3 . . . . .	102 100	1 : 2071
Infusorien der Gruppe 4 . . . . .	214 470	1 : 4350
Infusorien der Gruppe 5 . . . . .	362 920	1 : 7361
Infusorien der Gruppe 6 . . . . .	638 106	1 : 12943
Infusorien der Gruppe 7 . . . . .	1 413 200	1 : 28 665

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß im Panseninhalt des Rindes im Mittel rund 200 000 Infusorien pro ml enthalten sind, wobei Schwankungen von mehr als 50% ± leicht möglich sind. Das Infusorienvolumen ist viel stärker von der artmäßigen Zusammensetzung der Infusorienfauna als von der Zahl abhängig und beträgt im Mittel etwa 1/70 der Volumeneinheit Panseninhalt.

Fortsetzung folgt