

Zeitschrift: Schweizerische Lehrerzeitung

Herausgeber: Schweizerischer Lehrerverein

Band: 82 (1937)

Heft: 19

Anhang: Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht : Mitteilungen der Vereinigung Schweizerischer Naturwissenschaftslehrer : Beilage zur Schweizerischen Lehrerzeitung, Mai 1937, Nummer 3 = Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

Autor: Schüepp, H. / Hess, E. / Jecklin, L.

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.01.2025

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

ERFAHRUNGEN

IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Expériences acquises dans l'enseignement des sciences naturelles

MITTEILUNGEN DER VEREINIGUNG SCHWEIZERISCHER NATURWISSENSCHAFTSLEHRER
BEILAGE ZUR SCHWEIZERISCHEN LEHRERZEITUNG

MAI 1937

22. JAHRGANG • NUMMER 3

Die Coulombschen Untersuchungen über Magnetismus

Dr. H. Schüepp, Oberrealschule Zürich.

Die heute in der Schulbuchliteratur übliche Darstellung der Gesetze magnetischer Felder geht von den Arbeiten von Coulomb aus den Jahren 1780 und 1785 aus. Im Mittelpunkt der Darstellung steht der Begriff des Magnetpols und das Coulombsche Gesetz über die Kraftwirkung zwischen Polen. Dass dieser Zustand als unbefriedigend empfunden wird, zeigen neuere für die Hochschule bestimmte Lehrmittel, in denen nach anderen Wegen für den Aufbau der Lehre vom Magnetismus gesucht wird. In der Regel wird allerdings nicht auf den «Magnetpol» verzichtet, trotzdem derselbe in diesen Systemen nur noch als abstrakte Rechnungsgrösse und überdies nicht isoliert, sondern nur als «Dipol» auftritt. Bei dieser Sachlage ist es angezeigt, sich klar zu machen, welche Teile der Coulombschen Arbeiten Erfahrungsinhalte wiedergeben, die auch heute noch grundlegend sind, und welche andern Teile es nur einer alten Tradition verdanken, dass sie immer noch berücksichtigt werden, trotzdem sie im heutigen System als störende Fremdkörper wirken.

Die Coulombschen Arbeiten lassen sich nur verstehen, wenn wir uns die gewaltigen Erfolge der auf Newtons Prinzipien fussenden Mechanik und insbesondere der auf das Gravitationsgesetz aufbauenden Astronomie vor Augen halten. Diese Erfolge haben nach Coulomb noch ein volles Jahrhundert lang der theoretischen Physik ihren Stempel aufgedrückt. Zwei Zitate aus klassischen Arbeiten mögen zeigen, dass man sich eine Erklärung von Naturerscheinungen nicht anders als unter dem Bilde von Zentralkräften denken konnte. Die Arbeit von Ampère aus dem Jahre 1826, in der er seine Resultate über Elektrodynamik zusammenfasst, trägt den bezeichnenden Titel: «Théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques uniquement déduite de l'expérience». Schon die erste Seite enthält dann im Anschluss an eine Bemerkung über frühere Erklärungsversuche der Bewegung der Himmelskörper den Satz, den wir heute kaum mehr als vereinbar mit dem Titel betrachten würden: «Newton nous a appris que cette sorte de mouvement doit, comme tous ceux que nous offre la nature, être ramenée par le calcul à des forces agissant toujours entre deux particules matérielles suivant la droite qui les joint . . .» In der berühmten Arbeit von H. Helmholtz: «Ueber die Erhaltung der Kraft» vom Jahre 1847¹⁾ heisst es (Seite 6): «Es bestimmt sich also endlich die Aufgabe der physikalischen Naturwissenschaften dahin, die Naturerscheinungen zurückzuführen auf unveränderliche, anziehende und abstossende Kräfte, de-

ren Intensität von der Entfernung abhängt.» In den Zusätzen von 1881 zu einer späteren Ausgabe (I. c. Seite 53) erklärt Helmholtz allerdings, dass er einzelne seiner früheren Schlüsse nicht mehr als zwingend anerkenne. An der Erklärung aller Erscheinungen durch Zentralkräfte hält er jedoch auch zu dieser Zeit noch fest.

Coulomb untersucht in seinen Arbeiten über Magnetismus Bewegungen und Gleichgewichtslagen von festen Körpern, von Magneten. Wirken auf einen festen Körper irgendwelche Kräfte, so lassen sich dieselben stets zu einer resultierenden Kraft im Schwerpunkt und einem Kräftepaar zusammenfassen. Kraftsysteme, welche gleiche resultierende Kraft und gleiches Kräftepaar ergeben, liefern die gleichen Bewegungen und Gleichgewichtslagen und es ist vollständig ausgeschlossen, allein durch deren Beobachtung mehr als die Grösse und Richtung der resultierenden Kraft und Ebene und Moment des Kräftepaares zu erschliessen. Alle weitergehenden Schlüsse bauen auf Hypothesen auf und sind nicht nur eine Darstellung der Beobachtungsergebnisse. So sind auch sehr viele Schlüsse, die Coulomb als zwingend betrachtet, hypothetischen Charakters. Die Anschauungen Coulombs entsprechen dabei vollständig denen von Ampère und Helmholtz.

In seiner ersten Arbeit über den Magnetismus vom Jahre 1780²⁾ geht Coulomb von zwei Experimenten von Musschenbroek aus: Das Quadrat der Schwingungsdauer einer Inklinationsnadel in irgendeiner Ebene ist proportional dem \cos des Winkels, welchen diese Ebene mit der Richtung einer im Schwerpunkt aufgehängten Magnetnadel im Gleichgewichtszustand bildet. Ein Stahlstück besitzt vor und nach seiner Magnetisierung das gleiche Gewicht. Coulomb erwähnt weiter folgende Experimente: Eine in nicht magnetisiertem Zustand horizontal liegende Deklinationsnadel neigt sich nach der Magnetisierung nach Norden; wird sie durch ein Gegengewicht wieder in horizontale Lage gebracht, so bleibt sie nach einer Drehung um eine vertikale Achse auch bei ihren Schwingungen in dieser horizontalen Ebene. Eine Deklinationsnadel, die auf einem Schwimmer ruht, führt nur Drehungen aus; es treten keine Verschiebungen ein. Eine Magnetnadel, die an einem Stab, der um eine vertikale Achse drehbar ist, horizontal und exzentrisch befestigt wird, stellt sich in der Nord-Südrichtung ein. Aus diesen Experimenten und Erwägungen, die ganz den oben angeführten von Ampère und Helmholtz entsprechen, glaubt Coulomb schliessen zu können, dass die magnetischen

²⁾ Recherches sur la meilleure manière de fabriquer les aiguilles aimantées. Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Académie royale des sciences. Tome IX. Paris 1780. = Mémoires des Savants étrangers. Mit den weiteren Arbeiten abgedruckt in: Collection de mémoires relatifs à la physique, publiés par la société française de physique. Tome I. 1884.

¹⁾ Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 1.

Kräfte der Erde unabhängig von der Lage eines Magneten in den verschiedenen Punkten desselben mit konstanter Stärke und mit parallelen Richtungen wirken, und dass die Summe der in einer Richtung wirkenden Kräfte gleich der Summe der in entgegengesetzter Richtung wirkenden sei. Diesen Schlüssen liegt bereits die Hypothese zu Grunde, dass die beobachteten Kraftwirkungen sich aus Teilkräften aufbauen, die auf einzelne im Magneten verteilte «Magnetpole» wirken, die Hypothese der magnetischen Fluida in der Ausdrucksweise jener Zeit.

Alle beschriebenen Experimente beziehen sich auf das magnetische Feld der Erde an einer bestimmten Stelle. In die gleiche Kategorie gehört ein Versuch in einer weiteren Arbeit von 1785³⁾, der sich, wie Coulomb selbst mit Recht hervorhebt, durch seine grosse Genauigkeit auszeichnet. An einem vertikalen Drahte, dessen oberes Ende um messbare Winkel verdreht werden kann, hängt horizontal ein 22 Zoll langer, dünner Stabmagnet. Durch Torsion des Drahtes wird der Magnet aus seiner anfänglichen Ruhelage, dem magnetischen Meridian, abgelenkt. Gemessen werden die Winkel zwischen dem magnetischen Meridian und der neuen Ruhelage und die zugehörigen Torsionswinkel. Die letzteren ergeben sich sehr genau den \sin der Ablenkungswinkel proportional. Es ist damit auch gezeigt, dass die Schwingungen der Deklinationsnadel genau den Pendelschwingungen entsprechen. Wenn Coulomb daraus weiter zwingend glaubt schliessen zu dürfen (l. c. p. 138): «La force résultante de toutes les forces aimantaires que le globe de la terre exerce sur chaque point d'une aiguille aimantée est une quantité constante, dont la direction, parallèle au méridien magnétique, passe toujours par le même point de l'aiguille, dans quelque situation que cette aiguille soit placée par rapport à ce méridien,» so ist das ein Irrtum. Es lässt sich nur zeigen, dass der Inhalt dieser Hypothese mit den beschriebenen Experimenten nicht in Widerspruch steht.

Die bisher beschriebenen Versuche sind nicht nur die genauesten, sondern auch, wie später gezeigt werden soll, die heute für den Aufbau der Theorie wichtigsten; es sind auch die am wenigsten bekannten Versuche. Die weiteren Untersuchungen Coulombs beziehen sich auf das Coulombsche Gesetz für Magnetpole, auf die Untersuchung von Magnetfeldern und auf den Zusammenhang dieser Felder mit den Magneten. Zunächst will Coulomb zeigen (l. c. p. 146), «que dans une aiguille de 20 à 25 pouces de longueur, aimantée par la méthode de la double touche, le fluide magnétique peut être supposé concentré à 10 lignes des extrémités de l'aiguille». Coulomb bringt in die Nähe einer Deklinationsnadel einen Stabmagneten und wählt dessen Stellung mit ost-westlicher Richtung der Stabaxe derart, dass keine Ablenkung der Nadel erfolgt, dass also die vom Magnetstab herrührenden Kräfte kein drehendes Kräftepaar an der Deklinationsnadel ergeben. Er bestimmt in moderner Ausdrucksweise Punkte des Magnetfeldes des Stabes, in

denen die Feldrichtung normal zur Stabaxe steht. Bei zwei weiteren Experimenten wird der Magnetstab in der Ebene des magnetischen Meridians der Deklinationsnadel in geringer Entfernung in verschiedenen Höhen senkrecht aufgestellt; es wird die Schwingungszahl der Deklinationsnadel beobachtet und mit der Schwingungszahl unter Einwirkung des Erdfeldes allein verglichen. Sie zeigt sich am grössten, wenn die Deklinationsnadel dem Ende des Magnetstabes gegenübersteht; sie beginnt bei 1 Zoll Verschiebung gegen die Stabmitte zuerst langsam, nachher rascher abzunehmen. In moderner Ausdrucksweise bestimmt hier Coulomb die Komponente der magnetischen Feldstärke normal zum Stab in kleiner Entfernung von demselben. Natürlich ist es Coulomb nicht möglich, auf Grund dieser Experimente seine Behauptung einwandfrei zu begründen; denn um von dem Magnetfeld, von dem diese Versuche einige Eigenschaften feststellen, auf die Lage der magnetischen Fluida schliessen zu können, müsste man wissen, wie der Feldverlauf mit der Verteilung dieser Fluida zusammenhängt, und dieser Zusammenhang ist gerade das, was die weiter folgenden Experimente erst liefern sollen. Es liegt hier wie so oft der Fall vor, dass eine Theorie nicht stückweise, sondern nur als Ganzes geprüft werden kann.

Den folgenden Abschnitt leitet Coulomb mit dem Satze ein: (l. c. p. 130) «Le fluide magnétique agit par attraction ou répulsion, suivant la raison composée directe de la densité du fluide et la raison inverse du carré des distances de ses molécules» und fährt fort: «La première partie de cette proposition n'a pas besoin d'être prouvée». In dieser Behauptung steckt insofern ein wahrer Kern, als ein Mass für die Quantität des magnetischen Fluidums erst durch das Coulombsche Gesetz definiert wird. Sie ist aber in ihrer allgemeinen Formulierung durchaus unzutreffend. Ob jedem Volumenteil einer Reihe von Magneten eine feste Menge magnetischen Fluidums so zugeordnet werden kann, dass für alle Lagen dieser Magnete die wirkenden Kräfte durch das Coulombsche Gesetz gegeben werden, kann nur durch Versuche entschieden werden. Das Entfernungsgesetz prüfte Coulomb zunächst mit den Schwingungen einer Deklinationsnadel von 1 Zoll Länge. Er bestimmte ihre Schwingungszahl im Erdfeld. Hierauf stellte er in der Ebene ihres magnetischen Meridians einen Magnetstab von 25 Zoll Länge senkrecht derart auf, dass sein unteres Ende 10 Linien tiefer lag als das untere Ende der Deklinationsnadel. Die Abstände des Stabes von der Nadelmitte betragen 4, 8 und 16 Zoll. Als Mass der Feldstärke wurde das Quadrat der Schwingungszahl verwendet. Mit einer Korrektur für die Wirkung des entfernteren Poles des Stabmagneten bei der grössten Entfernung findet Coulomb, dass Beobachtung und Experiment sehr nahe («très approchant» l. c. p. 133) übereinstimmen. Dabei beträgt im mitgeteilten Beispiel für die grösste Entfernung die Differenz zwischen dem beobachteten und dem aus dem Mittelwert berechneten Wert 8%! Ein zweites Experiment verwendet die Torsionswaage und prüft die Kräfte zwischen den Polen zweier dünner Stabmagnete von 24 Zoll Länge. Der Versuch entspricht den heute üblichen mit Polwaagen. Die Entfernungen werden nur variiert im Verhältnis 1 : 2. Die Fehler zwischen den beobachteten und den auf Grund der Mittelwerte berechneten Kräften betragen trotz des kleinen Intervalles bis 2%. Da bei allen diesen Versuchen nur Drehmomente an ganzen Magneten gemessen werden, sind natürlich zwingende

³⁾ Mémoires sur l'électricité et le magnétisme. Histoire de l'académie royale des sciences; année 1785, p. 569—577, enthalten auch in dem zitierten Sammelband und übersetzt in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften Nr. 13. Die weiteren Arbeiten von Coulomb über Magnetismus sind enthalten in: Histories de l'académie royale... année 1789; Mémoires de l'institut des sciences, t. III 1801; t. VI 1806; Berichte über nicht veröffentlichte Arbeiten finden sich ferner in: Biot: Traité de physique expérimentale et mathématique, t. III, Paris 1816. Die weiteren Zitate beziehen sich auf den Sammelband.

Schlüsse auf Kräfte zwischen einzelnen Polen nicht möglich. Eine weitere Probe auf die Anwendbarkeit der Theorie ist enthalten in einer Anmerkung (1. c. p. 134)). Bei gegebener Lage zweier Pole liefert das Coulombsche Gesetz die Richtung der Feldstärke in irgend einem Punkt. Coulomb berechnet umgekehrt die Lage der beiden Pole, in denen er sich das magnetische Fluidum konzentriert denkt und findet Uebereinstimmung der Resultate für drei Beobachtungen am gleichen Stabmagneten. Erst im Rahmen der ganzen Theorie, unter Verwendung des Coulombschen Gesetzes, erhalten, wie sich hier zeigt, die oben erwähnten Vorversuche über die Lage von Magnetpolen ihren Sinn. Erst in diesem Zusammenhang sind eben Schlüsse vom magnetischen Feld auf die Verteilung des Magnetismus möglich. Natürlich sollen mit diesen Ausführungen die grossen Verdienste von Coulomb in keiner Weise herabgesetzt werden. Seine Arbeiten waren bahnbrechend und es vergingen Jahrzehnte, bis die Forschung seinen Erkenntnissen wesentlich Neues hinzufügen konnte.

(Fortsetzung folgt.)

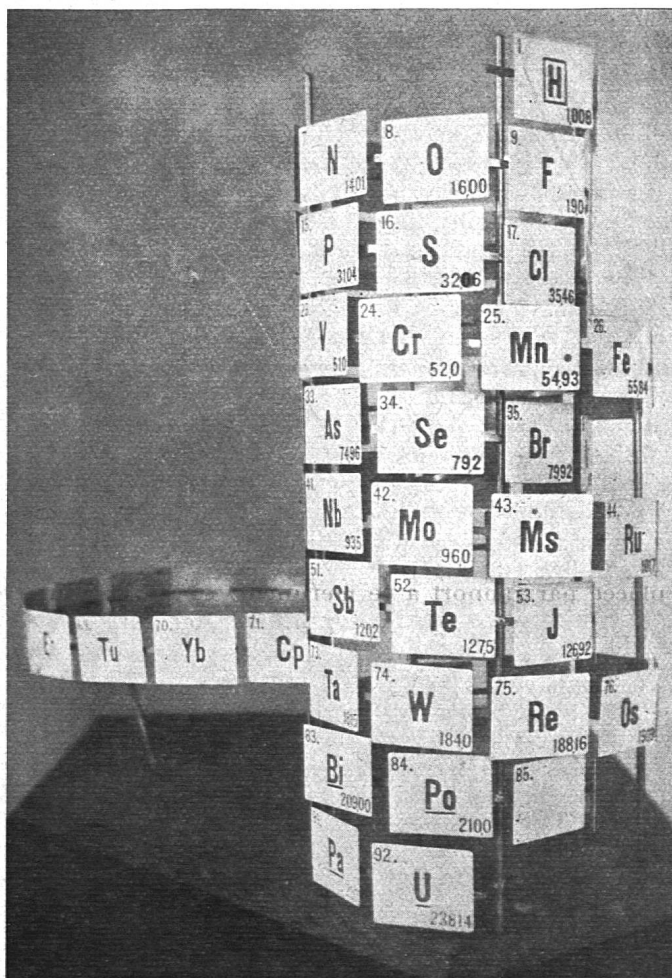
Das periodische System der Elemente

Von E. Hess, Kantonsschule Winterthur.

Seit seiner Entdeckung hat das periodische System der Elemente nicht aufgehört, die Chemiker zu beschäftigen. Neben andern Schwierigkeiten sah man sich vor die Aufgabe gestellt, jene Abweichungen von der strengen Periodizität, welche zur Abtrennung der Nebengruppen zwang, in die Ordnung einzubeziehen (z. B. Chrom-Molybdän neben Sauerstoff und Schwefel, Edelmetall neben Alkali). Aber keiner der vielen Versuche, die Unstimmigkeiten auf der Ebene des Papiers zu bemeistern, wirkt überzeugend. Eine gute Anschauung der Verhältnisse ergibt sich dagegen auch heute noch, wenn man die Reihe der Elemente — nach dem klassischen Vorbild Lothar Meyers — in einer Spirale über einen Zylindermantel hinunter laufen lässt. Eine solche Anordnung soll hier beschrieben werden.

Es wurden 92 Blechtäfelchen, welche die Namen, Ordnungszahlen und Atomgewichte der Elemente tragen, der Reihe nach in gleichen Abständen an einem Messingband befestigt. Dieses ist nun zu einer Schraubenspirale gebogen in der Art, dass die beiden kleinen Perioden von acht Elementen (Lithium bis Neon, Natrium bis Argon) je einen Umgang bilden. Die folgende Periode vom Kalium bis zum Krypton umfasst 18 Elemente; obschon man diese auf zwei Umgänge verteilen kann, hat es immer noch zwei Elemente zu viel, nämlich 18 anstatt 16; denn wo die beiden Umgänge miteinander verknüpft sind, müssen die drei Metalle Eisen, Nickel und Kobalt untergebracht werden, während weiter oben an der entsprechenden Stelle nur ein Edelgas (Neon oder Argon) auftritt. Man schafft sich nun den nötigen Platz, indem man den Radius dieser Windungen vom Vanadium (Nr. 23) bis zum Nickel (Nr. 28) etwas anwachsen, dann jedoch bis zum Germanium (Nr. 32) wieder auf das ursprüngliche Mass abnehmen lässt. Alle 10 Vertreter der «Nebengruppen» (Nr. 23—32) werden dadurch auf die erweiterte Windung herausgehoben, stehen aber dennoch so nahe bei den Gliedern der Hauptgruppen, dass ihre Zugehörigkeit in die Augen springt. Sie kann noch stärker betont werden durch übereinstimmende Färbung, welche sich in den Hauptgruppen auf die ganze, bei den Nebengruppen nur auf die halbe

Fläche erstreckt. Die acht Elemente vom Arsen (Nr. 33) zum Strontium (Nr. 40) bilden wieder eine *kleine Periode*, ebenso später Wismuth (Nr. 83) bis Thorium (Nr. 90). Kurz, alle Elemente der Hauptgruppen ordnen sich auf einem regelmässigen Zylindermantel ein, während die Angehörigen jeder Nebengruppe und alle neun Glieder der VIII. Gruppe — unter sich übereinstimmend — ein wenig darüber heraustreten. — Um auch für die seltenen Erden nicht von dem Grundsatz abzuweichen, dass jedem Element die gleiche Bedeutung (und daher im Modell der gleiche Raumanpruch) zukomme, wurde für diese Elemente (Lanthan Nr. 57 bis Cassiopeium Nr. 71) eine weite Ausstülpung nötig, welche zwar die ganze Zusammenstellung ein wenig unförmlich macht, aber



dafür die eigenartige Stellung dieser Gruppe besonders drastisch zur Anschauung bringt.

So stehen also, sei es im engern, sei es im aufgeblähten Zylinder, nur vollkommen ähnliche Elemente übereinander. Dies könnte man noch deutlicher hervorheben, wenn man auf den Täfelchen die Zahl der Valenz-Elektronen und die Differenz bis zur nächsten Edelgasschale vermerkte.

Das beschriebene Modell ist 60 cm hoch; der Durchmesser des engern Zylinders beträgt 22 cm.

Ueber das Wiederkäuen des Rindes

Von L. Jecklin, Töchterinstitut Fetan.

Da in den meisten Lehr- und Schulbüchern das Wiederkäuen des Rindes ungenau, teilweise sogar unrichtig beschrieben wird, scheint es mir gerechtfertigt, darüber kurz zu berichten.

Stellen wir uns zuerst die Frage: Welchen Weg durchläuft die Nahrung in einem Wiederkäuermagen? Der Magen der Rinder besteht bekanntlich aus vier Teilen: Auf die Speiseröhre folgen *Pansen* und *Haube* (Netzmagen) und daran schliessen sich *Blätter- und Labmagen* an. Nur der Labmagen ist mit Verdauungsdrüsen ausgestattet, die andern drei Magenteile vermögen nur Schleim abzusondern. Es muss noch erwähnt werden, dass ein Kanal, die sog. *Schlundrinne*, die Speiseröhre direkt mit dem Blättermagen verbindet.

Bis vor kurzem wurde allgemein angenommen, dass beim Wiederkäuer die aufgenommene Nahrung grob zerkleinert durch die Speiseröhre in Pansen und Haube gelange, um hierauf zu kleinen Ballen geformt nach und nach wieder in das Maul zurückbefördert zu werden. Nach abermaligem sorgfältigen Kauen werde die Nahrung dann durch Speiseröhre und Schlundrinne direkt in den Blätter- und hierauf in den Labmagen überführt. Im Jahre 1929 wurde nun mit Hilfe der Röntgentechnik (Verabreichung von Wismutpräparaten) diese Auffassung nachgeprüft. Es zeigte sich bei jungen, noch saugenden Kälbern, dass die Milch direkt via Schlundrinne in den Blättermagen übergeführt wird. Pansen und Haube werden *nicht* benützt und auch ein Wiederkäuen findet nicht statt. Dagegen gelangt beim älteren Tiere die aufgenommene Nahrung stets zuerst in Pansen und Haube. Sind diese Magenteile gefüllt, dann ziehen sie sich infolge von Nervenreizen zusammen — die Nahrung wird in ihnen hin- und hergerüttelt, geknetet und durchgewalkt. In grossen Mengen wird ihr Speichel beigemischt und dann steigt sie, zu Ballen geformt, wieder in die Mundhöhle hinauf. Welcher Mechanismus dieses Aufsteigens der Nahrung besorgt, ist uns bis heute völlig rätselhaft. Es handelt sich weder um ein Erbrechen noch um Muskelzusammenziehungen, und es muss der Zukunft überlassen werden, diesen einzigartigen Vorgang des Zurückbeförderns der Nahrung zu erklären. Die nochmals zerkleinerte Nahrung gelangt nun *wieder* in *Pansen* und *Haube* und erst nach und nach auch in den Blätter- und Labmagen, wo sich dann die eigentliche Verdauung vollzieht.

Die Schlundrinne wird also nur in der frühen Jugend, später aber nicht mehr als Nahrungsweg benützt. Damit ist die erste Frage nach dem Gang der Nahrung im Wiederkäuermagen beantwortet.

Die zweite, wichtige Frage ist die nach der Bedeutung des Wiederkäuens. Bekanntlich besitzen die wenigsten Tiere (und dies gilt auch für den Menschen) die Fähigkeit, die Zellwände der Pflanzen durch Verdauung aufzulösen. Da aber diese Zellwände die wichtigsten pflanzlichen Nährstoffe (Eiweiss und Stärke) einschliessen, gehen unserem Körper sehr viele dieser Stoffe verloren. Nur durch eine gründliche Zerkleinerung der Nahrung mit den Zähnen ist es den Tieren möglich, wenigstens einen kleinen Teil der Zellmembranen zu zerreiben und so gewisse Nährstoffe für den Körper nutzbar zu machen. Die pflanzliche Ernährung ist deshalb sehr kostspielig, d. h. es sind grosse Mengen nötig, um dem Körper die gebrauchten Nährstoffe zu liefern.

Man hat nun in Pansen und Haube der Wiederkäuer schon vor längerer Zeit Wimpertiere (Ciliaten) gefunden. Nirgends im Tierreich treten sie in so gewaltiger Zahl auf wie hier, finden sich doch in Pansen

und Haube zusammen etwa 2—2¹/₂ Milliarden Wimpertierchen. Diese Einzeller besitzen nun aber interessanterweise die Fähigkeit, Pflanzenzellwände aufzulösen. Sie haben ein Enzym, die Zellulase, das diese Membranen «verdaut». Man sagte sich nun: die Bedeutung dieser Wimpertierchen und damit auch die Bedeutung des Wiederkäuens ist leicht durchschaubar. In Pansen und Haube wird die Nahrung gründlich mit diesen einzelligen Tieren durchmischt. Die Wimpertierchen lösen nun die Zellwände der Pflanzen auf und nehmen Eiweiss und Stärke in sich auf. Mit dem Nährstrom gelangen sie aber selbst in den Labmagen und werden hier vom Wiederkäuer verdaut, denn der Labmagen besitzt Verdauungsdrüsen, die imstande sind, tierische Substanz aufzulösen.

Streng genommen wären also unsere Wiederkäuer gar keine Pflanzen-, sondern Fleischfresser (sie fressen ja Wimpertierchen). In Pansen und Haube vermehren sich diese Einzeller so rasend schnell, dass trotz der grossen Zahl von täglich «Verdauten» ihre Menge nicht abnimmt. Diese Annahme war so genial durchgedacht, dass sie bis vor kurzem nicht angezweifelt wurde. Erst im letzten Jahrzehnt waren es namentlich Amerikaner und Russen, die diese Theorie widerlegt haben. Zuerst wurde die Frage nach der Herkunft der Wimpertierchen untersucht und es zeigte sich, dass diese nicht etwa mit der Nahrung (Gras) in den Körper gelangen, sondern durch das gegenseitige Belecken der Tiere übertragen werden. In festen Kapseln eingeschlossen, finden sich diese Einzeller in grosser Zahl auf der Haut unserer Rinder. Besonders reichlich sind sie in der Eutergegend vorhanden, weshalb schon das Kalb beim Saugen damit infiziert wird. Im warmen Magen springen die Kapseln dann auf und die Vermehrung der Wimpertierchen beginnt.

Auf Grund dieser Erkenntnis wurde nun einer Anzahl von Jungtieren der Magen gründlich ausgespült und so von Wimpertieren gereinigt. Danach wurden diese Tiere mit Maulkörben versehen, so dass es ihnen also vollkommen unmöglich war, neue Wimpertierchen aufzunehmen. Eine gleiche Zahl von andern, gleichaltrigen Tieren wurde völlig normal aufgezogen (ohne Maulkorb usw.). Die tägliche Ration Heu war für beide Teile genau dieselbe. Es zeigt sich nun überraschenderweise, dass sich beide Tiergruppen in jeglicher Hinsicht (Grösse, Gewicht, Muskulatur usw.) völlig gleich verhielten. Damit war aber die alte Auffassung, dass die Wimpertiere dem Wiederkäuer bei der Verdauung der Nahrung einen Nutzen erwiesen, widerlegt. Man muss heute vielmehr annehmen, dass die Wimpertierchen nur Tischgenossen der Rinder sind, d. h. im Magen der Wiederkäuer wohnen, diesen aber in keiner Weise bei der Verdauung ihrer Nahrung unterstützen.

Dadurch wird aber die Bedeutung des nochmaligen Kauens der Nahrung nur erhöht, denn je intensiver die mechanische Zermahlung der Pflanzenteile ist, um so grösser ist die Zahl der zerstörten Zellmembranen und damit die Menge der für den Körper erschlossenen Nahrung.

Literatur: Stigler Robert: Die Verdauungsorgane der Wiederkäuer im Röntgenbild. *Umschau*, Bd. 33, 1929. — Mangold E.: Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere (Bd. 2, p. 107—237). 1929, Springer, Berlin. — Becher, Schultz und Emerson: Arbeit über das Problem der Wiederkäuerinfusorien in *Jowa State College Journ. of Sci.* Bd. 4, 1930.