

# I.

## Stoffwechsel

von

W. Caspari und N. Zuntz in Berlin.

(Mit 45 Figuren.)

Im Anfange unserer modernen Stoffwechselphysiologie steht die wichtige Diskussion zwischen Seegen und Voit über die Frage, ob der gesamte Stickstoff der Nahrung den Organismus im Harn und Kot verläßt, oder ob ein Teil auch in der Atemluft zur Ausscheidung kommt. Nur durch subtile Technik, welche alle Verluste zu vermeiden verstand, konnte Voit den Nachweis führen, daß sich die Gesamtmenge des im Körper umgesetzten Stickstoffs in den Ausscheidungen wiederfindet. Schon diese historische Reminiszenz im Verein mit den immer wieder in der Literatur auftauchenden, auf vermeidbaren Versuchsfehlern beruhenden Irrtümern beweist uns, daß der Stoffwechselversuch einer ganz besonders sorgfältigen Innehaltung und umsichtigen Verwendung technischer Vorschriften bedarf, wenn er zu einem Resultate führen soll, das eine einigermaßen sichere Beantwortung der betreffenden Fragen bedeutet. Daß alle chemischen Manipulationen aufs exakteste von dem Experimentator selbst, nicht etwa von einem Laboratoriumsdiener vorgenommen werden müssen, bedarf leider auch heutzutage noch ausdrücklicher Erwähnung. Aber auch die Vorbereitung zur Gewinnung des Materials, das zur Beantwortung der speziellen Frage dienen soll, die rein methodische Anordnung eines Stoffwechselversuches erfordert Überlegung und Erfahrung. Wir beabsichtigen in dem Folgenden eine zusammenhängende Darstellung dieses Gegenstandes zu geben. Wir sind uns dabei bewußt, daß dieselbe nicht erschöpfend sein kann. Eine eingehende Behandlung dieser Art ist bisher unseres Wissens niemals unternommen worden. Die meisten diesbezüglichen Mitteilungen, welche die wissenschaftliche Literatur enthält, finden sich in den Publikationen der betreffenden Stoffwechselversuche verstreut und entgehen so häufig der Aufmerksamkeit, noch öfter der Erinnerung. Eine Fülle von Erfahrungen in der Methodik des Stoffwechselversuches ist überhaupt nie publiziert worden. Zahlreiche spezielle Einrichtungen und Kunstgriffe werden in den verschiedenen Instituten angewandt und allmählich usuell. Daher kann die folgende Darstellung auf Vollständigkeit in keiner Weise Anspruch erheben. Es soll vielmehr hier nur dasjenige gegeben werden, was sich entweder uns selbst in der Praxis der Versuche als gut erwiesen hat, oder uns nach den Erfahrungen anderer bewährt erschien.

Bei der Darstellung des Stoffwechselversuches wird man einen wesentlichen Unterschied zu machen haben zwischen den Versuchen an Menschen und an Tieren. Der Versuch an Menschen gestaltet sich einfacher und sicherer, weil der Mensch als vernunftbegabtes Wesen auf die Intentionen des Experimentators einzugehen vermag, bei gutem Willen zur gewünschten Tageszeit die vorgeschriebenen Speisen aufnimmt und den Harn zur festgesetzten Stunde lassen wird. Auf der anderen Seite jedoch bietet der Versuch an Menschen wesentliche Unsicherheiten, weil die unbedingt nötige ständige Überwachung außerordentlichen Schwierigkeiten begegnet, und ein nur kleiner Verstoß gegen den Plan des Versuches unberechenbare Komplikationen und Irrtümer erzeugen muß. Die idealste Form des Versuches am Menschen wird daher in allen Fällen, in denen es irgendwie durchführbar ist, der Selbstversuch sein. Jedenfalls erfordert es die besondere Stellung, welche den Versuchen am Menschen in der Technik des Stoffwechselversuches zukommt, daß ihm in jedem einzelnen Abschnitte unserer Abhandlung eine besondere Betrachtung geschenkt werde.

#### Auswahl des Versuchsindividuums.

Wenn man einen Stoffwechselversuch plant, so ist die Auswahl eines geeigneten Versuchsindividuums für das Gelingen von äußerster Wichtigkeit.

Was zunächst diejenigen Fragen betrifft, welche Probleme der Physiologie des Menschen zum Gegenstande haben, so muß in erster Linie darauf hingewiesen werden, daß die Resultate von Tierversuchen sich nur in seltenen Fällen vollgültig auf den Menschen übertragen lassen. Man tut daher am besten, in allen diesbezüglichen Fragen den Menschen selbst als Versuchsobjekt zu wählen oder wenigstens einen Versuch am Menschen an den Tierversuch anzuschließen, um sich von der Schlüssigkeit der Resultate des letzteren zu überzeugen. Natürlich muß das Versuchsindividuum, wenn nicht besondere Fragen aus dem Gebiete der Pathologie vorliegen, in jeder Hinsicht gesund sein. Bei der Auswahl eines Menschen zu Versuchszwecken haben wir auf das Lebensalter zu achten, da der Stoffwechsel des Kindes, des Erwachsenen, des Greises Unterschiede zeigt. Wenn man den betreffenden Versuch nicht an sich selbst auszuführen vermag, so tut man gut, zum Versuche ein gebildetes, sachkundiges Individuum zu wählen, welches die Fragestellung versteht und selbst Interesse an ihr nimmt; denn man darf nicht vergessen, daß ein solcher Stoffwechselversuch außerordentliche Anforderungen an die Gewissenhaftigkeit, Entsagungskraft und Energie des Versuchsindividuums stellt. Niemals kann man bei einem Versuchsobjekt, welches man für billiges Geld gemietet hat, erwarten, daß es das Nahrungsregime sorgfältig innehält und die Exkrete ohne jeglichen Verlust sammelt. Dies gilt besonders auch von Patienten in Krankenhäusern, wenn dieselben nicht unter strengster Klausur und sorgfältigster Bewachung gehalten werden. Für den Versuch eignen sich Männer besser als Frauen, weil das quantitative Auffangen des Harnes leichter gelingt und derselbe freier ist von Beimengungen, welche nicht aus der Niere, sondern aus den äußeren Harnwegen stammen. Zudem ist zu bedenken, daß auch bei gesunden Frauen der Versuch durch



Eintritt der Menstruation gestört werden kann, welche Stoffwechsel-Anomalien mit sich bringt.

Von Tieren eignen sich für die meisten Fragen im allgemeinen Karnivoren besser als Herbivoren. Das Kaninchen, welches sonst so vielfach als Versuchstier des Physiologen verwandt wird, kommt für den Stoffwechselversuch nur selten in Betracht. Der Grund ist darin zu suchen, daß die quantitative Gewinnung von Harn und Kot außerordentlichen Schwierigkeiten begegnet. Eine Dressur dieser Tiere ist nicht möglich, und es muß daher der Harn künstlich gewonnen werden, worüber später Näheres gesagt werden wird. Wie alle Herbivoren besitzt das Kaninchen einen außerordentlich langen Darm und besonders einen sehr langen und voluminösen Blinddarm. Das hat zur Folge, daß die exakte Abgrenzung des Kotes sehr schwierig ist. Weiter kompliziert wird die Aufgabe dadurch, daß diese Tiere Koprophagen sind. Auch hierauf wird später noch einzugehen sein.

Das Tier, an dem wir mit Vorliebe Fragen des Stoffwechsels zu lösen suchen, ist der Hund. Der Hund eignet sich so gut für diese Zwecke, weil er zunächst infolge seiner Intelligenz sich vorzüglich dressieren läßt, was besonders dann von fundamentaler Bedeutung ist, wenn wir in den Versuch Untersuchungen des respiratorischen Stoffwechsels einbeziehen. Die Gewinnung von Harn und Kot ist bei diesen Tieren verhältnismäßig leicht, die Abgrenzung des letzteren begegnet bei dem einfachen Bau des Darmkanals keinen wesentlichen Schwierigkeiten. Dies hängt ja damit zusammen, daß der Hund in seinem anatomischen Bau ein exquisit karnivores Tier ist, obgleich er durch lange Domestizierung sich der menschlichen Ernährung sehr angepaßt hat. Nichtsdestoweniger ist darin einer der Gesichtspunkte gegeben, die das unmittelbare Übertragen der am Hunde gewonnenen Resultate auf den Menschen und andere Tiere verbieten, denn der omnivore Mensch steht in bezug auf die Leistungen seines Darmkanales zwischen den Karnivoren und den Herbivoren. Er vermag daher in der Verdauung der Pflanzenbestandteile mehr zu leisten als der Hund. Sicher spielt bei ihm entsprechend dem längeren Aufenthalte der Nahrungsreste im Darm die unterstützende Tätigkeit der Darmbakterien eine nicht ganz unwesentliche Rolle, wenn sie auch keineswegs so ausschlaggebend für die Ernährung ist, wie dies bei den Herbivoren und besonders den Wiederkäuern der Fall ist.

Wegen der leichteren Gewinnung des Harnes bevorzugen wir für diese Versuche in neuerer Zeit Hunde weiblichen Geschlechts.

Die Stoffwechselversuche an anderen Tieren, Rindern, Pferden, Ziegen, Schweinen, mancherlei Geflügel werden wohl nur dann ausgeführt, wenn es sich um die Lösung spezieller auf die betreffende Tierspezies bezüglicher Fragen handelt. Die Versuche an Tieren dieser Art sind mit zum Teil ganz außerordentlichen Schwierigkeiten verknüpft. Manchmal sind selbst erhebliche operative Eingriffe notwendig, um einen Stoffwechselversuch zu ermöglichen. Exaktheit und Eindeutigkeit der Versuchsergebnisse sind bedeutend schwerer zu gewinnen als beim Hunde. Wegen der vielfachen Schwierigkeit bei der Einstellung dieser Tiere sind die Versuche auch oft mit sehr erheblichen Kosten verknüpft. So ist es gekommen, daß unsere

Kenntnisse des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere verhältnismäßig jüngeren Datums sind, und häufig noch an Hunden und Menschen gewonnene Erfahrungen einfach auf das Verhalten dieser Tiere übertragen werden.

### Stallungen und Käfige.

Während bei Versuchen am Menschen das Unterbringen in strenger Klausur, wie bereits erwähnt, ein wesentliches Erfordernis der exakten Versuchseinrichtung ist, bereitet die Gewinnung von Harn und Kot im allgemeinen keine besonderen Schwierigkeiten. Dagegen sind wir bei den Tieren meist gezwungen, Käfige zu verwenden, in denen das getrennte und quantitative Auffangen von Harn und Kot durch besondere Einrichtungen gewährleistet ist. Für kleinere Tiere, Meerschweinchen, Kaninchen, Hunde ist das Prinzip im allgemeinen das gleiche. Es besteht darin, daß die Tiere in einem Käfig untergebracht werden, dessen Boden aus einem Drahtnetzwerk oder aus Eisenstäben besteht, die in geringen Intervallen angeordnet sind. Hierdurch wird bewirkt, daß der Harn abfließen und in geeigneter Weise aufgefangen werden kann, während der Kot auf dem Gitterwerk liegen bleibt und dort gesammelt wird. Es ist klar, daß unter diesen Bedingungen ein exakter Versuch nur dann durchgeführt werden kann, wenn kein diarrhoischer Stuhl entleert wird, denn dieser durchtränkt sich leicht mit dem Harn, fällt durch das Gitterwerk hindurch und wird so in das Harnsammelgefäß gelangen. Andererseits kann ein solcher Kot größere Quantitäten Harns aufsaugen, dessen Bestandteile dann beim Kot mit in Rechnung gestellt würden. Natürlich wird durch beide Fehler ein ganz falsches Bild des Stoffwechsels des betreffenden Tieres gegeben. Es ist daher unbedingt notwendig, daß die Tiere auch in derartigen Stoffwechselkäfigen unter ständiger Kontrolle gehalten werden und namentlich der Kot sofort nach der Entleerung entfernt wird.

Unbrauchbar sind selbstverständlich unsaubere Tiere, die sich in dem Kot wälzen oder ihn zertreten, wodurch natürlich Verluste entstehen müssen. Allerdings ist dies bei einigermaßen gut gewöhnten Hunden wohl recht selten, während bei normalen Kaninchen die harte Konsistenz des kleinballigen Kotes einem Verschmieren desselben vorbeugt. Wenn Reste des Harns an den Stäben hängen bleiben, entstehen unvermeidlich Verluste durch ammoniakalische Gärung. Der Käfig muß deshalb häufig mit schwach salzsaurem oder oxalsaurem Wasser gespült werden. Der Stickstoffgehalt des Spülwassers ist auf jeden Fall zu berücksichtigen.

Auch die Haare und Epidermisschuppen können zu einer Verzerrung der Versuchsergebnisse führen. Diese Gebilde werden sich sowohl dem Harn wie dem Kot beimischen. Sucht man sie durch Zerkleinerung und feine Verteilung im Kote zu berücksichtigen, so wird man zu einer unrichtigen Anschauung des Stoffwechsels gelangen, vernachlässigt man sie, so kann man sich in der Gesamtbilanz des tierischen Organismus nicht unwesentlich irren. Die meisten Hunde verschlucken die sich ablösenden Epidermisgebilde, indem sie ihre Haut durch Belecken reinigen. Die massenhaft im Kot ausgeschiedenen Haare können dann dessen Bearbeitung sehr erschweren und das Bild der Ausnutzung der Nahrung fälschen. Man soll daher langhaarige

Hunde überhaupt nicht zum Stoffwechselversuch benutzen. Selbstverständlich läßt sich die durch Haarverlust bedingte Unsicherheit vermeiden, wenn man die Tiere schert, bevor man sie in den Versuch einstellt. Doch bringt auch dies mancherlei Unzuträglichkeiten mit sich. Erstens erkälten sich die Tiere leicht, wenn sie ihres natürlichen Wärmeschutzes beraubt werden, zweitens bilden sich bei längerem Aufenthalte im Stoffwechselkäfig durch das andauernde Liegen auf den eisernen Latten häufig schmerzhaft Stellen, ja selbst Drucklähmungen aus, Schädigungen, die durch Entfernung des natürlichen Polsters der Tiere begünstigt werden. Man tut deshalb am besten, wenn man Haare und Epidermisabgänge durch tägliches Auskämmen der Tiere für sich sammelt und untersucht. Die Verluste an Epidermisgebilden sind zur Zeit des Haarwechsels besonders groß, man darf aber die während dieser Zeit abgestoßenen Epidermisgebilde nicht

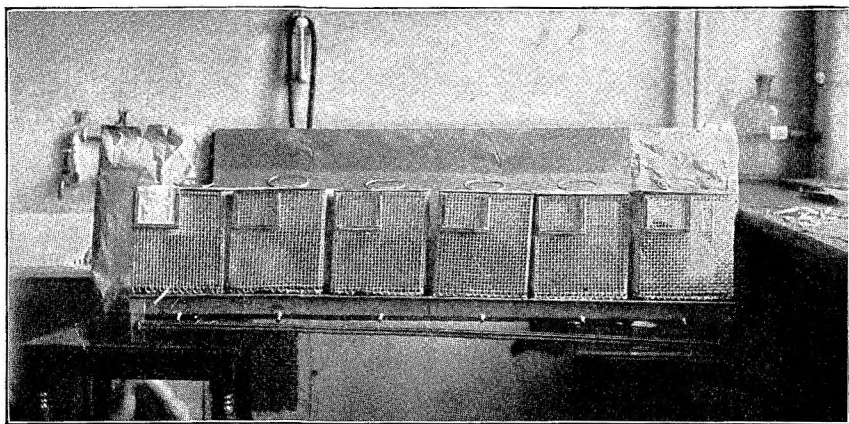


Fig. 1.

Rattenkäfig nach Wolff-Eisner.

auf den gleichzeitigen Stoffwechsel beziehen, da sie in viel längerer Zeit gewachsen sind.

Grouven<sup>1)</sup> stellte bei seinen Ochsen fest, daß der durchschnittliche tägliche Haarverlust besonders reichlich im Frühjahr war, indem er für die Monate Februar, März und April etwa 5 g betrug. In den übrigen Monaten betrug der Verlust nicht halb so viel, nämlich etwa 2 g. Bei einem Gehalt von 17 % N ergibt dies pro Tag in den Frühjahrsmonaten einen Verlust von 0,85 g N, in den übrigen Monaten von 0,34 g N, also immerhin nicht zu vernachlässigende Werte.

Ähnliches gibt Völtz<sup>2)</sup> für den Hund an. Er fand bei einer 11 kg schweren Hündin während der Sommermonate 0,42 g N in Haaren und

1) Grouven, Fütterungsversuche. Zweiter Bericht über die Arbeiten der agrikulturchemischen Versuchsstation zu Salzmünde, Berlin 1864.

2) Völtz, Über den Einfluß verschiedener Eiweißkörper und einiger Derivate auf den N-Verlust, mit besonderer Berücksichtigung des Asparagins. (Pflügers Archiv 1905, Bd. 107, S. 360.)

Epithelien pro Tag im Durchschnitt, während im Kot nicht ganz doppelt so viel, nämlich 0,7 g N ausgeschieden wurden. Im Herbst und Winter dagegen betrug der Stickstoffverlust in Epidermisgebilden bei demselben Tier nur durchschnittlich 0,08 g N täglich.

### Stoffwechselkäfige.

Kleinere Tiere, wie Mäuse, Ratten, Meerschweinchen, werden als Einzeltiere wohl niemals zu Stoffwechselversuchen verwandt, weil das quantitative Auffangen von Harn und Kot großen Schwierigkeiten begegnet, und ein geringer Fehler beim Aufsammeln schon sehr ins Gewicht fällt. Wohl aber ist es möglich, daß gelegentlich die Einwirkungen verschiedener Lebensbedingungen auf den Stoffwechsel gleichartiger Gruppen dieser Tiere geprüft werden. In diesem Falle lassen sich sehr gut Käfige verwenden, wie sie von Wolff-Eisner<sup>1)</sup> angegeben sind (Fig. 1 und 2). Diese bestehen

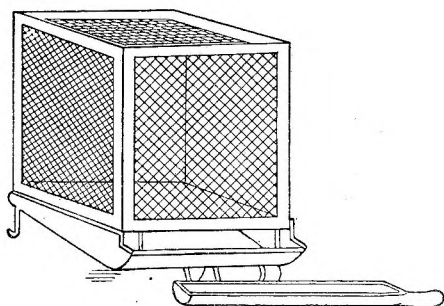


Fig. 2a.

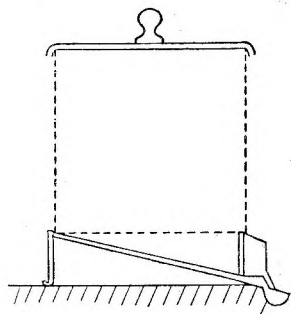


Fig. 2b

Rattenkäfige nach Wolff-Eisner.

aus einem verzinkten Eisendrahtgeflecht. Sie stehen mit Füßen auf einer geneigten Unterlage, welche automatisch den Abfluß des Harns bewirkt und so eingerichtet ist, daß der Käfig selbst horizontal steht. Von den Käfigen fließt der Harn in eine Rinne, die zu einem Sammelgefäß führt. Da eine größere Anzahl von Käfigen an eine derartige Rinne angeschlossen werden kann, so ist es möglich, auf solche Weise den Harn mehrerer Tiere gemeinsam aufzufangen. Natürlich kann aber auch andererseits der Harn eines jeden Käfigs für sich gewonnen werden.

### Käfige für Kaninchen.

Bei der Verwendung von Kaninchen zu Stoffwechselversuchen ist es ein wesentlicher Mißstand, daß diese Tiere, wie erwähnt, Koprophagen sind. Die Verhinderung der Koprophagie ist sehr schwierig, weil die Tiere viel-

1) Wolff-Eisner, Über einen Käfig mit automatischem Urinabfluß für mittelgroße Laboratoriumstiere. Zentralblatt für Bakteriologie, Bd. XLI, S. 301, 1906. Die Käfige sind zu beziehen bei Louis und H. Löwenstein, Berlin, Ziegelstr. 28.

fach die Kotballen vom After wegfressen. Auch sind wir über das Wesen der Koprophagie bisher nur sehr mangelhaft unterrichtet. Wir wissen nicht, ob das Kaninchen nur bei spärlicher Ernährung bezw. im Hungerzustande der Koprophagie frönt, oder ob die Wiederaufnahme des Kotes ein Analogon des Wiederkauens und damit ein Akt von physiologischer Bedeutung für die Ernährung des Tieres ist. Auch ist es unseres Wissens nicht bekannt, ob diese Tiere den Kot, welcher bereits einmal auf den Boden gefallen ist, wieder aufnehmen. Wir selbst wenigstens haben ein solches Verhalten nie beobachtet.

Man hat nun in verschiedener Weise versucht, die Tiere am Fressen ihres Kotes zu hindern. Nahe liegt es, einen Maulkorb zu verwenden, wie auch vielfach geschehen ist. Doch bleibt zu erwägen, ob nicht das durch den ungewohnten Maulkorb in seinem Wohlbehagen stark beeinträchtigte

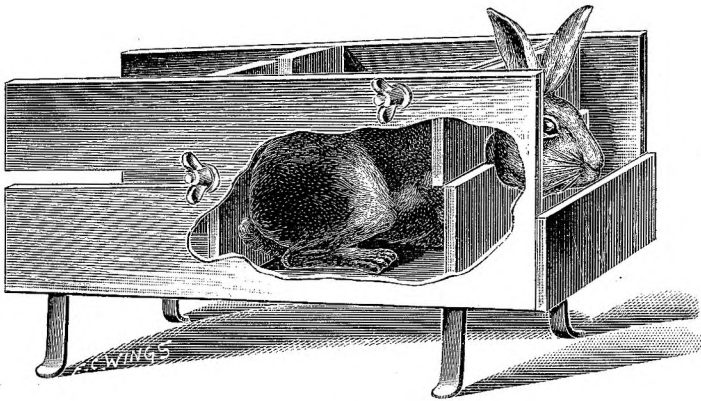


Fig. 3.

Zwangsstall für Kaninchen.

Tier unsichere Versuchsergebnisse gibt und z. B. der Nahrungsentziehung eher erliegt als ein Tier, von dem derartige schädigende Momente ferngehalten werden.

Wird ein solches Tier durch zu große Unruhe einen über die Norm gesteigerten Stoffwechsel zeigen, so kann das Umgekehrte eintreten, wenn man die Kaninchen in einen sogenannten Zwangsstall sperrt. In diesem wird durch Fixieren des Halses des Tieres ein Zurückbeugen desselben und Fressen des Kotes verhindert. Dies wird auf folgende Weise erreicht: Es befindet sich an der Vorderseite des Käfigs ein Ausschnitt, über welchen das Kaninchen seinen Kopf hinwegstreckt, um bequem an sein Futter zu gelangen. Ein mit entsprechender Vertiefung versehenes Holzbrett wird von oben über den Hals des Kaninchens geschoben und derart befestigt, daß ein Zurückbiegen des Halses unmöglich wird. Das Tier kann so sein Futter völlig ungehindert aufnehmen, ein Verzehren des Kotes jedoch und vollends ein Wegfressen desselben vom After wird vereitelt. (Fig. 3). Zweckmäßig wird auch das Hinterteil des Kaninchens durch ein verschiebbares



Brett derart fixiert, daß es keine allzu gewaltsamen Bewegungen mit dem Hinterkörper ausführen kann.

Die üblichen Stoffwechselkäfige für Kaninchen bestehen aus einem etwa 55 cm langen und etwa 30 cm breiten, 7 cm hohen Untersatz aus Zinkblech, dessen Boden leichtes Gefälle nach einem unten angelöteten Abflußrohr von etwa 1 cm Durchmesser hat. 2 cm über dem Boden hat der Untersatz eine innen ringsum laufende Leiste, auf der ein abnehmbares, feines Drahtnetz ruht. Das Drahtnetz ist durch untergelötete Blechstreifen so verstärkt, daß es sich unter der Last des Kaninchens nicht durchbiegt. (Fig. 4.) Der Kot bleibt auf diesem Drahtnetz liegen, während der Harn hindurchfließt. Seitenwände und Dach des Käfigs werden durch ein auf das Drahtnetz aufge-

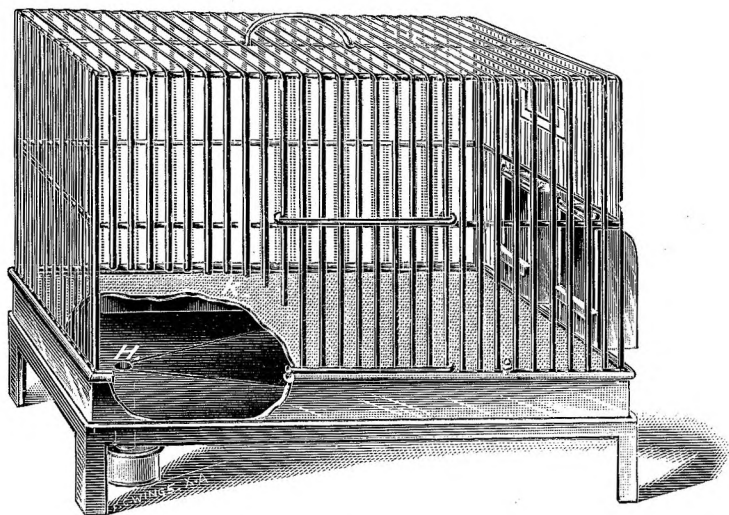


Fig. 4.

Stoffwechselkäfig für Kaninchen. K. = Kotnetz. H. = Harnabfluß.

setztes, weitmaschiges Gittergehäuse gebildet. Dasselbe ist abnehmbar und enthält Ausschnitte zum Einhängen der Futternäpfe. Die Firma Eberhard vorm. Nippe, Berlin NW., vertreibt Kaninchen-Käfige, welche einen doppelten Drahtboden besitzen. Auf dem engeren unteren bleibt der Kot liegen. Der Harn tropft durch die Drahteinlagen auf eine Zinkblechplatte, welche nach einem ca. 23 cm langen Zinkblechkasten, in dem der Harn aufgefangen wird, Gefälle hat. Der Käfig läßt sich durch Scheidewände von Zinkblech in mehrere Abteilungen teilen.

In letzter Zeit ist ein Stoffwechselkäfig für Kaninchen in den Handel gebracht worden, welcher in der Tat viele der geschilderten Unzulänglichkeiten vermeidet und es so ermöglicht, relativ exakte Stoffwechselversuche auszuführen. Der Käfig, der in nebenstehender Abbildung zur Darstellung gelangt, ist im Institute Salkowskis von Zelmanowitz angegeben worden. (Fig. 5.) Das Wesentliche besteht zunächst in einem länglich-ovalen Einsatz,



welcher annähernd der Körperform des ruhig sitzenden Kaninchens angepaßt ist. Er gestattet dem Tier, sich bequem zu hocken und den Kopf hin und her zu wenden. Jedoch ist es den Tieren unmöglich sich umzuwenden, so daß es ihnen sehr erschwert wird, den After zu erreichen. Ganz ausgeschlossen ist dies allerdings auch in derartigen Käfigen nicht, weil die Kaninchen, wie oft beobachtet worden ist, den Kopf unter dem Bauche hindurch zum After führen können.



Fig. 5.

Stoffwechselkäfig für Kaninchen nach Zelmanowitz.

Der ovale Einsatz hat vorn zwei Ausschnitte, durch welche das Kaninchen bequem den Kopf hindurchstrecken kann. Vor jedem derselben befindet sich ein Futternapf, so daß man dem Tiere verschiedene Nahrung getrennt reichen kann.

Der Boden des Käfigs ist mit einem grobmaschigen Sieb bedeckt, durch welches die Cybala hindurchfallen können, um erst auf einem zweiten engmaschigen Roste liegen zu bleiben. Dort sind sie natürlich für das Tier nicht mehr erreichbar, so daß das Fressen des einmal gelassenen Kotes ausgeschlossen ist.

Der Harn fließt durch beide Einlagen hindurch, gelangt auf den verzinkten Boden des Käfigs und von dort in ein untergestelltes Sammelgefäß.

Selbstverständlich bedarf es bei allen diesen Käfigen reichlichen Spülens, um Verluste an Harn und Harnbestandteilen zu verhindern, besonders da der alkalische Harn der Pflanzenfresser Ammoniakverluste begünstigt.

### Stoffwechselkäfige für Hunde.

Auch die Stoffwechselkäfige für Hunde sind nach dem oben erwähnten Prinzip der Trennung von Harn und Kot gefertigt. Sie werden meist aus

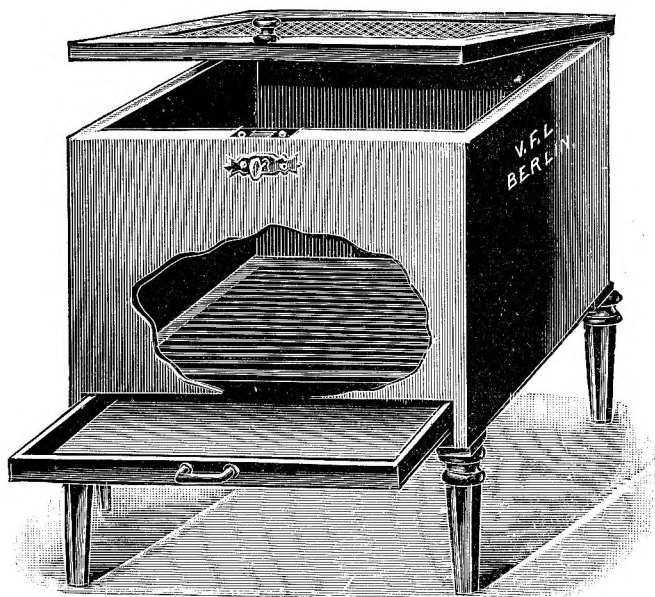


Fig. 6.

Stoffwechselkäfig für Hunde.

Holz hergestellt, und Boden sowohl wie Seitenwände werden mit Zinkblech belegt. Der Deckel besteht aus einem Holzrahmen, in welchen eine Reihe von Eisenstäben eingefügt ist, die etwas Licht zu dem Inneren des Käfigs hindurchlassen. Er ist aufklappbar und durch ein Schloß verschließbar. Über dem Boden befindet sich ein Metallrahmen mit Eisenstäben, auf welchem der Kot zurückgehalten wird. Der Boden läßt sich nach Art eines Schubkastens herausziehen, um die stets notwendige Abspülung mit sauerem Wasser ausführen zu können, durch welche er von restierenden Harnbestandteilen gesäubert und ein Ammoniak-Verlust des Harns verhindert wird.

In besonderen Fällen muß man für die Auskleidung des Käfigs statt der Zinkblechplatten gut gekühlte Glasscheiben verwenden. Es ist dies z. B. dann notwendig, wenn man Versuche über den Eisen-Stoffwechsel des Tieres ausführen will. Natürlich muß dann auch der Eisenrost, der zum

Zurückhalten des Kotes dient, in Fortfall kommen. Dafür muß die Glasplatte des Bodens eine stärkere Neigung besitzen, damit der Harn sofort abfließt. Diese Käfige sind wesentlich teurer als diejenigen mit Metallbelag, und die Scheiben zerbrechen leicht.

Für Untersuchungen des Eisen-Stoffwechsels, namentlich bei jungen Hunden, sind auch hohe Zylinder aus Ton verwandt worden.<sup>1)</sup> Ein geson-

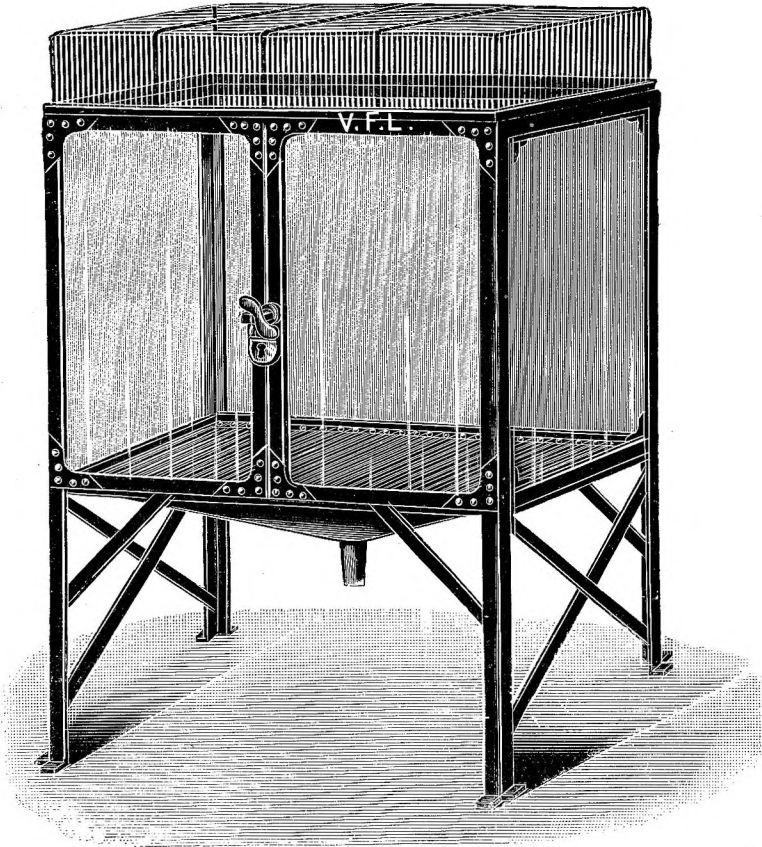


Fig. 7.

Stoffwechselkäfig für Hunde nach Hans Meyer.

deres Auffangen von Harn und Kot würden derartige Käfige nach Einlegen eines Porzellansiebes gestatten.

Es sind in neuerer Zeit vielfach auch Stoffwechselkäfige etwas anderer Art in Verwendung gelangt, die von Hans Meyer angegeben worden sind. (Fig 7.) Dieselben bestehen ganz aus Glas und zeigen ein verhältnismäßig starkes Gefälle nach der Mitte hin, so daß der gelassene Harn sogleich abfließt.

1) Fr. Müller: Experimentelle Beiträge zur Eisentherapie. Deutsche med. Wochenschrift. 1900. Nr. 55.

Natürlich können auch diese Käfige mit einem Eisenrost versehen werden, und so die sichere Trennung von Harn und Kot gewährleisten. Diese Käfige bieten dann gegenüber den gewöhnlichen Stoffwechselkäfigen aus Holz den Nachteil größerer Zerbrechlichkeit und nicht unerheblich höheren Preises. Der große Vorteil dieser Käfige ist darin zu sehen, daß eine ständige und unauffällige Beobachtung des Tieres ermöglicht ist, die natürlich in den undurchsichtigen Holzkäfigen mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft ist. Außerdem ist die gute Belichtung dem Wohlbefinden der Tiere förderlich.

Derartige Stoffwechselkäfige werden auch seit kurzer Zeit von den vereinigten Fabriken für Laboratoriumsbedarf hergestellt. Wie Fig. 7 zeigt, werden dieselben dort mit einem Drahtaufsatz hergestellt, der die Bedachung bildet. Nach Entfernung desselben können die Glasscheiben leicht nach oben herausgezogen werden.

Wir haben gefunden, daß sich ein solcher Käfig auch sehr gut für die Beobachtung des Stoffwechsels säugender Hündinnen adaptieren läßt. Man braucht zu diesem Zwecke nur die Jungen in einem kleinen Behältnis aus Zinklech innerhalb des Käfigs zu betten. Die Alte entleert Harn und Kot stets möglichst entfernt von dem Lager der Jungen.

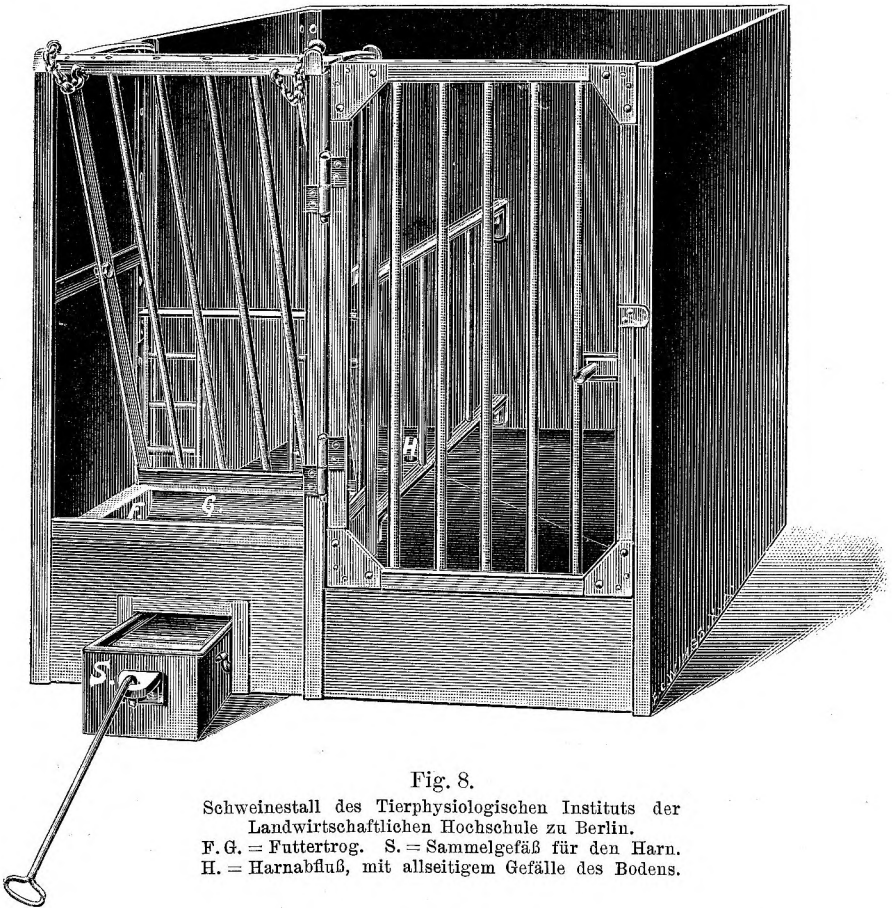
### Käfige für Schweine.

Für Versuche an Schweinen erscheinen immer noch die Einrichtungen vorbildlich, welche Meissl<sup>1)</sup> bei seinen klassischen Untersuchungen benutzt hat. In diesen Versuchen erwies sich das getrennte Aufsammeln von Harn und Kot als besonders schwierig. Alle Maßnahmen, den Harn mit Vorrichtungen verschiedenster Konstruktion direkt aufzufangen, scheiterten teils an der Bauart der Schweine, teils aber auch daran, daß sie in ihrer Widerstandsfähigkeit und Zerstörungslust alle Teile des Apparates, die nicht aus Metall bestanden, ganz oder teilweise auffraßen.<sup>2)</sup> Da andererseits eine Fesselung der Tiere eine zu weit gehende Beeinträchtigung ihres Wohlbefindens hätte bedingen müssen, so konstruierte Meissl einen Zwangsstall, in welchem Harn und Kot aufgefangen wurden, ohne daß am Körper des Tieres selbst besondere Vorrichtungen angebracht werden mußten. Dieser Stall war 140 cm lang und 60 cm breit. Die Dimensionen waren derartig gewählt, daß das Tier sich in dem Stalle bequem legen und sich auch etwa  $\frac{1}{2}$  m vor- und rückwärts bewegen konnte. Dagegen war es ihm unmöglich, sich umzudrehen. Diese Vorsichtsmaßregel war deswegen notwendig, weil auch das Schwein zuweilen seinen Kot wieder frißt. An der Stirnseite des Käfigs befand sich ein Ausschnitt, durch den das Tier bequem

1) Meissl, Untersuchungen über den Stoffwechsel des Schweines. Ztschr. f. Biologie Bd. XXII, 1886. S. 63.

2) Einer freundlichen Mitteilung des Herrn Geheimen Hofrats Prof. Dr. Kellner in Möckern verdanken wir die Kenntnis, daß es ihm inzwischen gelungen ist, einen Harntrichter für Schweine zu konstruieren, welcher sich praktisch gut verwenden ließ. Näheres ist noch nicht publiziert. Auch in dem landwirtschaftlichen Institut zu Göttingen (Fr. Lehmann) werden Harntrichter und Kotbeutel bei Schweinen verwendet, allerdings auch häufig genug von den Tieren lädiert.

den Kopf und Hals herausstrecken konnte, nicht aber die Beine. An diesen Ausschnitt ließ sich von außen der Futtertrog anschließen. Dieser war in einen Kasten eingeschlossen, der nach oben zu öffnen und mit Blech ausgeschlagen war. Das Tier konnte bequem stehend das Futter aufnehmen, ohne jedoch, wie es die Schweine so gern tun, in den Futtertrog hineinsteigen oder das Futter verzetteln zu können. Der Boden des Käfigs bestand



aus zwei von vorn bzw. hinten gegen die Mitte etwas geneigten starken Glasplatten, um dem Harn so ein bequemes Abfließen zu gestatten. Auch die Seitenwände waren mit je zwei 35 cm hohen Glasplatten bekleidet, um ein Benagen des Holzes zu verhindern. Die Fugen zwischen den horizontal liegenden und aufrecht stehenden Glasplatten waren mit Glaserkitt verstrichen. Die etwas breiteren Querfurchen zwischen den beiden Bodenplatten dienten zum Ablaufen des Harns. Letzterer wurde durch einen Rohransatz in die seitlich unter dem Stalle stehende Sammelflasche geführt. Die Dimensionen waren derartig gewählt, daß beim Harnlassen der Strahl

gewöhnlich die Fuge direkt treffen mußte. Ein Herumspritzen des Harns fand wegen der geringen Höhe, aus der der Strahl kam, nicht statt. Um ein Haftenbleiben von Harn zu verhindern, wurde die untere Kante der Platten eingefettet, überdies der Boden nach jedem Harnlassen, oder mindestens mehrere Male am Tage, mit destilliertem Wasser abgespült. Diese Arbeit wurde dadurch wesentlich erleichtert, daß die Schweine nur selten Harn lassen. Zahlreiche Versuche ergaben, daß von je 1000 ccm Flüssigkeit, die auf die Bodenplatte ausgegossen wurden, nur höchstens 5–6 ccm nicht abflossen.

Das Spülwasser wurde unter Oxalsäure-Zusatz eingeeengt und für sich verarbeitet. Man kann aus dem Stickstoff-Gehalt des Spülwassers auf die darin enthaltene Harnmenge und damit auch auf sämtliche darin enthaltenen Bestandteile schließen.

Die Gewinnung des Kotes ist bei Schweinen erheblich durch die Sauberkeit dieser Tiere vereinfacht. Das Schwein entfernt sich zum Kotlassen stets möglichst weit von dem Orte, an dem sich seine Nahrung befindet. So stellte Meissl auch fest, daß die Tiere zum Koten möglichst weit rückwärts gingen und ihren Kot erst dann absetzten, wenn sie mit ihrem Hinterteil an ein Hindernis stießen.

Wesentlich im Anschluß an die Angaben von Meissl sind die Käfige für Schweine im neuen Tierphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin konstruiert. Von ihnen mag Fig. 8 eine Anschauung geben. Neu ist eine Vorrichtung, die Tiere mit Hilfe von Gurten, wenn nötig, am Niederlegen zu verhindern. Die Gurte werden durch Schnüre getragen und gespannt, welche über Rollen an der Decke laufen. Ähnliche Vorrichtungen verwenden wir auch bei Pferden und Rindern.

#### Käfige für Hammel, Ziegen und Schafe.

In ähnlicher Weise wie die Käfige für Schweine sind auch Zwangsställe für Hammel, Ziegen und Schafe eingerichtet worden.

Den ersten Zwangsstall für Schafe, Hammel und Ziegen haben unseres Wissens Hellriegel und Lucanus<sup>1)</sup> konstruiert. Er wurde mit den denkbar geringsten Mitteln in primitivster Weise hergestellt, hat sich aber trotzdem auf das vorzüglichste bewährt. Verwandt wurden zwei Kästen aus starkem Holz, die mit Brettern ausgeschlagen waren und auf ca. 24 cm hohen Füßen standen. Die Länge betrug 105 cm, Breite 78 cm, Höhe 79 cm. An der schmalen Vorderseite und oben blieben die Kästen offen. An der offenen Vorderseite wurde eine kleine Brücke angesetzt, um den Tieren den Zugang zu erleichtern. Dieselbe diente auch als Standort für Futtertrog und Trinkgefäß. Durch das Aufstellen dieser Geräte wurde zugleich ein Verschluß des Standes herbeigeführt. Um die Tiere vor dem Wundwerden zu schützen und ihnen den Aufenthalt im Käfige möglichst angenehm zu machen, wurde eine Einrichtung getroffen, die wohl nicht verdiente, der Vergessenheit anheimzufallen. Der Boden des Stalles wurde nämlich mit

1) Hellriegel und Lucanus: Über den Nährwert des durch Selbsterhitzung bereiteten Bruchhäckselns im Vergleich zu trockenem und angebrühtem Stroh. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen Bd. VII. 1865. S. 242.



Sackleinewand und Heu gepolstert, und zwar so, daß das Polster nach der rechten Seitenwand des Kastens sich allmählich erhöhte, während in der Mitte ein Raum von ca. 25 cm Durchmesser von der Polsterung frei blieb. Letzterer diente dem Harntrichter (siehe unten) zum Durchtritt. Durch das ansteigende Polster wurden die Schafe sehr bald gewöhnt, sich nach der rechten Seite zu lagern und den nach der entgegengesetzten Seite führenden Schlauch des Harntrichters frei zu lassen.

In Anlehnung an den eben beschriebenen hat dann Henneberg<sup>1)</sup> einen auf 40 cm hohen Füßen ruhenden, oben offenen Behälter von 105 cm Länge, 65 cm Breite und 70 cm Höhe als Stall für Hammel benutzt. Die gesamte Einrichtung war viel weniger primitiv als die Hellriegels. Die Langseiten bestanden aus Blechwänden, die Hinterseite war durch eine Gittertür verschlossen. An der Vorderseite war zu unterst ein handhohes Stück Blechwand angebracht, darüber die schräg nach einwärts gerichtete Vorderwand des Futtertrogs, und darüber eine aus zwei Teilen bestehende Klappe. Diese Klappe war in der Mitte mit einem ovalen Ausschnitt versehen und lehnte mit ihrer unteren Kante gegen den vorderen Rand der Unterwand des Futtertrogs. Dieser nahm die ganze Breite des Zwangsstalles ein, und über ihm an seiner Hinterwand war eine Raufe angebracht. Die Seitenwände des Futtertrogs und der Raufe wurden durch eine ununterbrochene Verlängerung des Stalles gebildet. Infolge dieser Einrichtung war ein Herabfallen des Futters auf die Erde verhindert. Einem Verzetteln des Futters durch das Tier selbst war tunlichst dadurch vorgebeugt, daß dasselbe den Kopf durch den erwähnten, verhältnismäßig schmalen Ausschnitt der Klappe hindurchstecken mußte.

Zum Tränken diente ein Kasten aus verzinnem Eisenblech, welcher von einer in dem Boden des Futtertroges befindlichen, für gewöhnlich mittels einer Klappe geschlossenen Öffnung zugänglich war.

Der Stallboden war folgendermaßen eingerichtet: Die Mitte bestand aus einer flach trichterförmigen, 57 cm langen, 52 cm breiten, glasierten Steingutplatte. Der übrige Raum war mit 4 fugenlosen, bis zur völligen Sättigung mit Öl getränkten Sandsteinplatten ausgelegt, welche nach der Trichterplatte hin einiges Gefälle hatten. Der ganze Belag ruhte auf einer durch Eisenbahnschienen verstärkten und gesteiften Blechplatte. Die obere Fläche der Tonplatte war mit einem symmetrisch angeordneten System von etwa 5 mm tiefen, 10 mm breiten und 1,5–2 cm voneinander entfernten Rillen durchzogen, welche auf die Mitte, als die tiefste Stelle der Platte, zuführten. Hier war die Platte durchbohrt, und ein nach unten hinausragendes Messingrohr eingekittet, das in eine untergestellte Harnflasche eintrat.

Der Kot wurde in einem einfachen, unten zugebundenen Leinwandsack aufgefangen, der an dem After der Hammel befestigt war.

Stohmann<sup>2)</sup> hat auf Anbringen eines Kotbeutels verzichtet und seinen Zwangsstall für Ziegen in ähnlicher Weise wie die oben beschriebenen Stoffwechselkäfige für Hunde auch zum Auffangen des Kotes eingerichtet.

1) Henneberg, Neue Beiträge zu einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer, Göttingen 1870.

2) Über die Ernährungsvorgänge des Milch produzierenden Tieres. Zeitschrift für Biologie Bd. 6, S. 204, 1870.

Der Zwangsstall bestand aus einem eisernen viereckigen Kasten, welcher auf hohen Füßen ruhte. Die Breite des Standes betrug 67 cm, die Länge 116,5 cm, die Höhe der Wände 94 cm. Auch der Boden bestand aus Eisenblech, und zwar der vordere Teil aus gewöhnlichem Blech, während der hintere aus einer starken Blechtafel gebildet war, welche sich behufs Reinigung leicht entfernen ließ. In diese Blechtafel waren in Abständen von annähernd 5 mm lange Schnitte eingestanzt, von denen jeder 4 mm breit und 3,5 cm lang war. Auf 100 qcm Fläche kamen 27 solcher Öffnungen. Der Harn sollte durch die Schlitzte vollständig abfließen, während

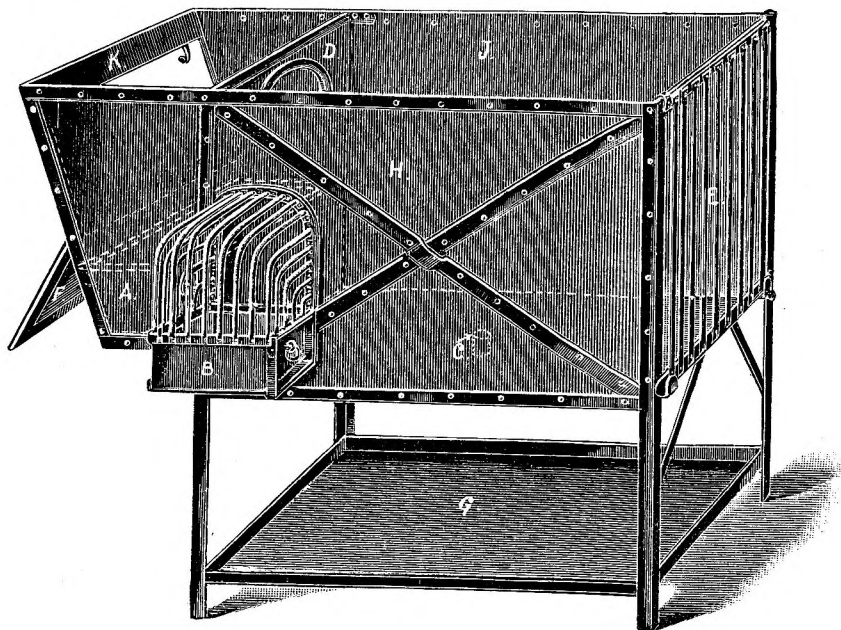


Fig. 9.

Stoffwechselkäfig für Schafe usw. nach Lehmann-Göttingen.

A. Raufe für Rauhfutter durch Klappe F. von außen zugänglich. B. Trog für Körnerfutter.

D. Ausschnitt für den Kopf. C. Harnabfluß. E. Gittertür zum Einhängen.

von den Kotballen nichts hindurchfallen konnte. Unter dem Bleche befand sich ein viereckiger Blechtrichter, der den unteren Rand des Kastens mit seinen Rändern umgriff. Von diesem wurde der Harn in ein gläsernes Sammelgefäß geleitet. Am Kopfende war in einem Abstände von 39 cm vom Boden eine 21 cm weite und 43 cm hohe Öffnung zum Anbringen des Futterkastens. Dieser war ein Blechkasten, 25 cm lang, 36 cm breit, 71 cm hoch. An seinem dem Kopfe des Tieres zugekehrten Ende hatte er in einem Abstände von 10 cm vom Boden einen 21 cm weiten und 24 cm hohen Ausschnitt, durch den das Tier bequem seinen Kopf einführen konnte. Der Kasten war durch Schrauben an dem Stande befestigt und ließ sich mittels derselben auf einer der Größe des Tieres entsprechenden Höhe anbringen. Dem Ausschnitte gegenüber war in dem

Futterkasten eine ebenso große, durch eine Tür verschließbare Öffnung angebracht, um das Tier beobachten, den Futterkasten reinigen und etwaige Reste des Futters sammeln zu können. Unmittelbar neben der Futteröffnung befand sich in gleicher Höhe ein Trinkbehälter. Die Tiere wurden mittels leichter Ketten am Kopfende befestigt, so daß sie sich mit Bequemlichkeit legen, aber sich nicht umwenden konnten, und so den Harn und Kot stets an den geeigneten Stellen entleerten. Der ganze Apparat war an einem eisernen Gestell 58 cm über dem Erdboden montiert, so daß Sammelgefäße für den Harn bequem darunter Platz hatten.

In neuerer Zeit ist dieser Apparat im Göttinger Landwirtschaftlichen Institut etwas modifiziert worden und hat sich auch uns in dieser neuen Form vorzüglich bewährt. Ein wesentlicher Unterschied gegen das ältere Stohmannsche Modell besteht darin, daß die Öffnung für den Kopf nicht an dem Futtertrog selbst, sondern in einer besonderen davor befindlichen Blechplatte angebracht ist, welche aus zwei in Scharnieren beweglichen Teilen besteht. Ferner besitzt der Göttinger Käfig außer dem Futtertrog eine Raufe, um das Rauhfutter gesondert dem Tiere geben zu können.<sup>1)</sup> (Fig. 9 S. 16.)

#### Harntrichter und Kotbeutel.

Bei der oben geschilderten Stalleinrichtung nach Stohmann sucht man, wie erwähnt, Harn und Kot in ähnlicher Weise zu sammeln, wie in den bei Hunden bewährten und gebräuchlichen Stoffwechselkäfigen.

Doch bietet bei den größeren Herbivoren dieses Verfahren wesentlich größere Schwierigkeiten, die besonders durch den massigen und vielfach auch weichen Kot dieser Tiere bedingt sind. Der Kot kann sich leicht mit Harn imbibieren, und so die Trennung der Ausscheidungen illusorisch werden. Hinzu kommt bei Schafen und Ziegen, daß ein Teil des Harns durch die Wolle beim Niederlegen der Tiere aufgesogen wird, eine Fehlerquelle, unter der bereits Henneberg<sup>2)</sup> bei seinen Versuchen zu leiden hatte. Infolgedessen wendet man bei den größeren Herbivoren meist Apparate an, um Harn und Kot getrennt aufzufangen: Harntrichter und Kotbeutel. Diese Apparate werden an dem Tiere selbst befestigt und sind auch besonders deswegen bei den größeren Herbivoren gut zu verwenden, weil diese Tiere wesentlich geduldiger sind als Hunde und Schweine, und durch das Anbringen dieser Vorrichtungen weniger geniert werden als die genannten lebhaften Tiere.

Natürlich wird es in vielen Fällen genügen, nur einen dieser Apparate, etwa den Harntrichter, zu verwenden, während man den Kot von dem Boden des Stalles sammelt.

Harntrichter wie Kotbeutel müssen natürlich in Dimensionen und Anordnung je nach der Tiergattung, nach Geschlecht, Alter und dem speziellen Bau des Einzelindividuums variiert werden. Durch den anatomischen Bau der Tiere ist es bedingt, daß die Anlegung des Harntrichters bei männlichen Tieren, bei denen die Öffnung der Harnröhre von der des Darmes weiter entfernt ist, wesentlich leichter und einfacher ist als bei weiblichen.

1) Dieser Käfig ist zu beziehen bei Hermann Klapproth, Göttingen, Gothmarstr. 13.  
2) l. c. S. 75.

Der erste Harntrichter, der bei Wiederkäuern zur Verwendung kam, wurde unseres Wissens von Julius Lehmann<sup>1)</sup> für ein fünf Monate altes Ochsenkalb konstruiert. Er bestand aus einem Gummibeutel, der mit einem



Fig. 10.

Grouvens Harntrichter für Ochsen.

Gurt versehen war, und unmittelbar unter der Mündung der Harnröhre fest um den Leib des Tieres geschnallt wurde. Doch waren die Erfahrungen, welche Hellriegel und Lucanus mit diesem Apparat machten, keineswegs befriedigend. Darum entschlossen sich die genannten Autoren zur Verwendung des oben beschriebenen Zwangsstalls und kombinierten dann diese Einrichtung mit Apparaten zum Auffangen von Harn und Kot. Für den Harn kam ein Gummibeutel von bauchiger Form zur Verwendung, in dessen oberen Rand ein starker Eisenring eingelegt war. Die Trichterröhre lief von der Mündung der Harnröhre auf den Boden des als Stall dienenden Kastens hinab und trat dort in einen Kanal ein, der durch eine verkehrt aufgenagelte Holzrinne gebildet wurde. Der Kanal diente sowohl zum Schutze wie zur Führung der Gummiröhre. Diese gelangte dann durch den Boden des Kastens in die zum Sammeln des Harns bestimmte Flasche.

Der Kotbeutel war ein einfacher Leinwandbeutel von 35 cm Länge und 16 cm Weite. Um ihn nicht bei jeder Entnahme von Exkrementen ab- und wieder anschnallen zu müssen, war der Boden nicht zugenäht, sondern nur mit einem Bindfaden zugebunden.

Harntrichter und Kotbeutel waren durch ein Geschirr von elastischen Gurten am Tiere befestigt. Sämtliche Gurte waren mittels Schnallen miteinander verbunden, so daß der gesamte Apparat den körperlichen Formen eines jeden Tieres angepaßt werden konnte.

Einen Harntrichter für männliche Rinder gibt Grouven<sup>2)</sup> an und erläutert ihn durch zwei Abbildungen. (Fig. 10 und 21, S. 28.) Abbildung 10

1) Julius Lehmann: Über die mineralischen Nährstoffe, insbesondere über die Erdphosphate als Nährstoffe des jungen tierischen Organismus. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. I, S. 68, 1859.

2) Grouven, Physiologisch-chemische Fütterungsversuche. Zweiter Bericht über die Arbeiten der agrikulturchemischen Versuchsstation zu Salzmünde. Berlin 1864, Wiegandt & Hempel.

ist in  $\frac{1}{8}$  natürlicher Größe ausgeführt. Wie aus der Figur ersichtlich, wird der Harntrichter durch einen breiten Gurt über dem Rücken des Ochsens befestigt. Der Trichter besteht aus 3 mm starken Gummiplatten, die obere Öffnung ist etwa 42 cm weit und durch einen etwa 13 mm starken Eisenring gebildet, der zum Schutz des Gummis beim Liegen der Tiere mit Kalbleder überzogen ist. Zu gleichem Zweck hat auch das starke Abflußrohr von seinem freien Ende bis etwa  $\frac{2}{3}$  seiner Höhe einen losen Überzug von Kalbleder. Ohne diesen würden die scharfen Hufränder der Ochsens beim Auftreten den Schlauch leicht schadhafte machen. Am Ausfluß hat der Schlauch ein etwa 21 cm langes, 13 mm weites Kupferröhrchen, welches in den Kork der Harnflasche gesteckt wird. Das Röhrchen befand sich vollkommen unterhalb eines massiven eisernen Deckels, der die Harnflasche bedeckte (siehe Fig. 10).

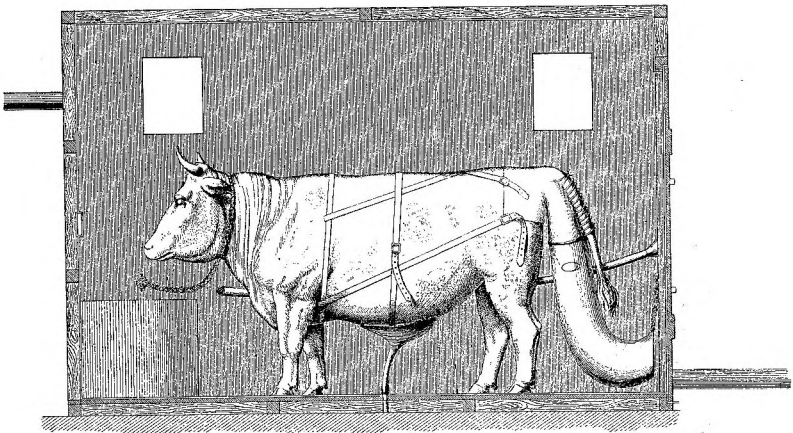


Fig. 11.

Ochse mit Harntrichter und Kotbeutel in Grouvens Respirationskammer.

Auf einen Kotbeutel hat Grouven im allgemeinen verzichtet und nur durch bestimmte Vorrichtungen des Standes dafür gesorgt, daß der Kot leicht und vollständig gesammelt werden konnte. Hierauf wird bei der Besprechung der Stallung für Rindvieh näher eingegangen werden. Dagegen verwandte er bei Versuchen im Respirationskasten einen derartigen Beutel, um zu vermeiden, daß die Luft mit den Ausdünstungsprodukten des warmen Kotes geschwängert wird. Es war dies ein Sack von starkem mit Leinwand überzogenem Gummi, der unten 26 cm Durchmesser hatte. Der obere Teil bestand aus gutem Kalbleder. (Fig. 11.) Da, wo letzteres mit dem Gummi zusammengenäht war, befand sich ein 26 cm weiter runder Eisenring, der, den Sack oben offen haltend, zugleich dazu diente, noch einen kleinen Ledertrichter zu halten, der inmitten des Sackes mündete. (Auf der Abbildung gestrichelt gezeichnet.) Der Lederansatz war so zugeschnitten, daß er bequem am oberen Schwanzende des Tieres und den Brustgurten befestigt werden konnte. Der eine dieser Riemen, der auf der Zeichnung nicht ersichtlich ist, zieht sich zwischen den Hinterbeinen und



dem Bauche bis zu dem Brustgurt hin. Durch seinen Zug sowie durch die Hebung des Schwanzes, die jeder Ochse beim Kotlassen ausführt, wurde

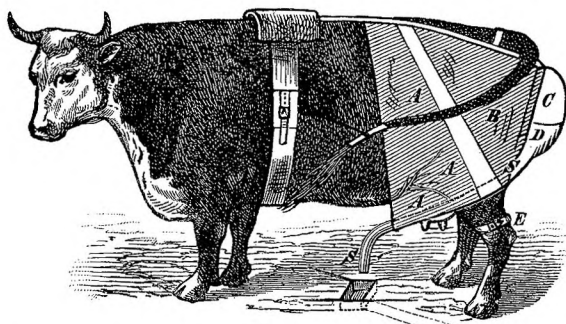


Fig. 12.

Apparat zur getrennten Sammlung der Exkremente von Kühen nach Kühn und Fleischer.

Tiere wurden durch das Anlegen des Kotbeutels nach den Ausführungen Grouvens in keiner Weise gehindert.

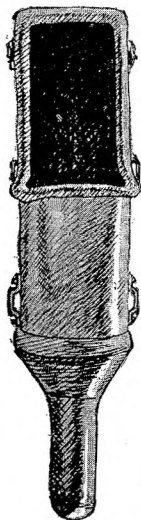
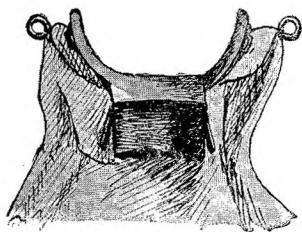


Fig. 13.

Harntrichter für Kühe nach Hagemann.

das Afterloch derartig frei, daß der Kot stets direkt in den Kotsack hineinfiel und quantitativ aufgefangen wurde. Um ein Zerren des belasteten Kotsacks an dem Tiere zu verhindern, wurde das Ende des Sackes in geeigneter Höhe mit der Hinterwand des Kastens durch einen Riemen verbunden. Dadurch wurde auch verhindert, daß das Tier mit den Hinterfüßen auf den Sack trat. Die

Wie bereits erwähnt, bietet das gesonderte Auffangen von Kot und Harn bei Kühen weit größere Schwierigkeiten als beim männlichen Rinde.

Kühn und Fleischer<sup>1)</sup> haben zuerst diese Aufgabe bei Kühen zu lösen versucht. Sie konstruierten einen komplizierten Apparat, welcher wohl am besten durch vorstehende Abbildung veranschaulicht wird. (Fig. 12.) Doch erwies sich diese Einrichtung nicht in jeder Beziehung als ausreichend. Wenn sich das Tier lagerte, verschob sich leicht die Öffnung des Trichters, und es drang Kot in den Harntrichter hinein, der dann häufig mit Harn vermischt wurde. Kühn und Fleischer waren daher genötigt, den irgend wie verdächtigen Kot als „Harnkot“ gesondert in Rechnung zu stellen.

Infolgedessen hat Hagemann<sup>2)</sup> einen Harnfänger konstruiert und ihn mit einem Kotfänger und einer aus glattem Leder gefertigten Kotschürze verbunden, welche verhindert, daß der Kot zur Erde fällt. Der Harnfänger bestand aus

1) Kühn und Fleischer: Versuche über den Einfluß wechselnder Ernährung auf die Milchproduktion, sowie über die Ausnutzung des Rauhfutters (Wiesenheu) und deren Veränderung durch Zugabe leicht verdaulichen Beifutters. Landwirtschaftliche Versuchsstation, Bd. XII. 1869. S. 203 ff.

2) Hagemann: Beiträge zur rationellen Ernährung der Kühe. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Bd. XXIV. 1895. S. 283.



1 mm starkem, innen und außen verzinnem Kupferblech. (Fig. 13.) Sein unteres Ende lief in einen Ansatz aus, an welchem ein starkwandiger, außen mit Stahlspiralen versehener Schlauch befestigt war, der zu der Harnflasche führte. Die Metallränder der Öffnung des Harnfängers wurden allseitig mit Gummi übernäht, um ein Wundscheuern der Tiere zu verhindern.

Am Tierkörper wird der Harnfänger durch ein System von Riemen in Verbindung mit stählernen Spiralfedern und Gummigurten derartig festgehalten, daß er die Öffnung der Vulva fest umschließt und auch während des Liegens der Tiere seine Lage nur außerordentlich wenig verändert.

Diese Befestigung wird dadurch erreicht, daß unmittelbar hinter den Schulterblättern ein 10–20 cm breiter Brustgürtel fest umgeschnallt wird. Von diesem Brustgürtel laufen zwei Riemen längs des Rückens und des oberen Teiles des Schwanzes zu dem Harnfänger, an dem sie mittels Ösen befestigt sind. Zwei weitere Ösenpaare dienen zur Befestigung von Riemen, von denen das eine Paar an den Seitenflächen des Tieres entlang läuft, während das andere, aus Gummi gefertigt, um je ein Hinterbein des Tieres dicht unterhalb des Kniegelenkes befestigt ist.

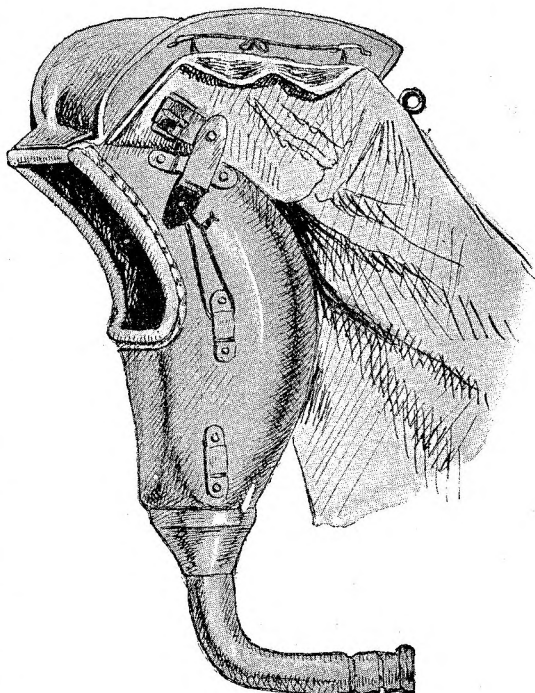


Fig. 14.

Harntrichter mit Kotfänger für Kühe nach Hagemann.

Dicht vor dem vorderen Rande der Darmbeine verläuft parallel zu dem Brustgürtel ein circa 10 cm breites und etwa 1,5 m langes Querstück aus Leder, welches für die 4 Rückenriemen an den entsprechenden Stellen mit Schlaufen versehen ist. Die beiden Enden dieses Querstückes sind mittels Ringen und Schnallen an den Gummigurten befestigt, die um die Hinterbeine gehen. Es dient also dieses Querstück dazu, die 6 Befestigungsriemen des Harnfängers in der gewünschten Lage zu erhalten. Alle diese Teile sind in weiten Grenzen verschnallbar, so daß das Geschirr bei großen und kleinen Tieren gebraucht werden kann.

Zwischen den Endteilen eines jeden der 4 Rückenriemen und dem Rückenquerstück ist je eine stählerne Spiralfeder angebracht. Durch diese 4 Spiralfedern und die erwähnten Gummigurte an den Hinterbeinen wird es ermöglicht, daß das Tier alle Bewegungen ausführen kann, ohne daß der Harnfänger sich verschiebt.

Auf den letzteren ist nun der Kotfänger mittels Drahtligaturen derart befestigt, daß derselbe eine sich erweiternde, nach hinten schräg abfallende

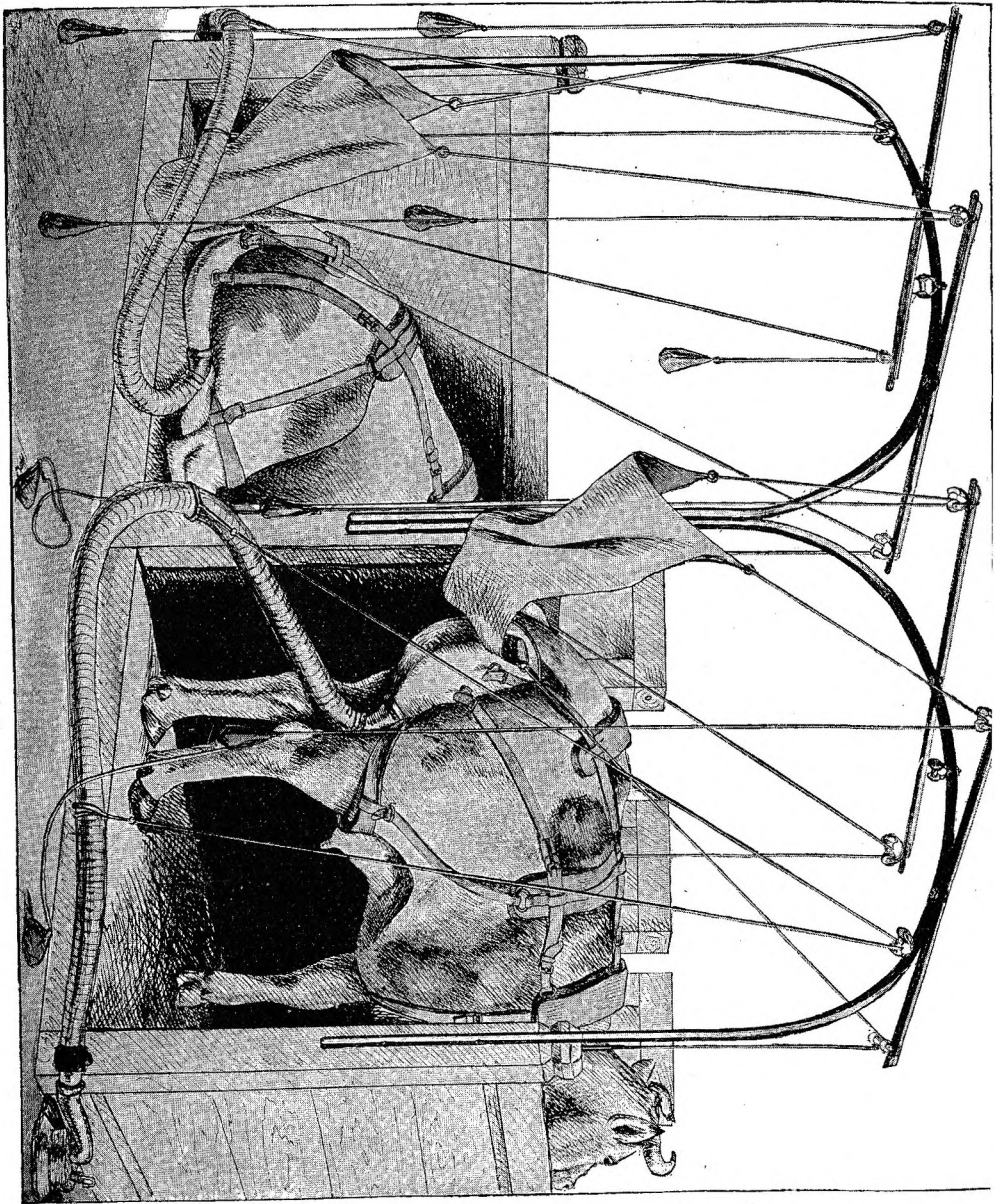


Fig. 15.  
Stalleinrichtung für Kühe nach Hagemann.

offene Rinne darstellt. Der Kotfänger ist aus starkem Zinkblech zusammengelötet. (Fig. 14.) An den Seitenwandungen des Kotfängers und unterhalb desselben, also zwischen seiner unteren Fläche und der oberen des Harnfängers ist die Kotschürze befestigt.

Dieselbe besteht aus mehreren dicht zusammengefügten Stücken Leder-  
tuch, die derartig zugeschnitten sind, daß der hineingleitende Kot bei Fest-

stellung der 4 Ecken der Kotschürze in der mittleren Partie aufgefangen wird und nicht herausfallen kann.

Hagemann hat dann einen ziemlich umfangreichen Aufhänge-Apparat für Kotbeutel und Harnfänger konstruiert, welcher ebenfalls auf nebenstehender Abbildung dargestellt ist (Fig. 15). Im wesentlichen besteht er aus 4 starken Schnüren, welche von einem eisernen Gestell herabhängen. Die Schnüre gleiten dort über Rollen. Sie tragen an ihrem einen Ende je einen der 4 Zipfel der Kotschürze, am anderen mit Schrot gefüllte Drillichbeutel. Die Beutel sind derartig angeordnet, daß die vorderen Zipfel des Kotfängers dauernd gehoben werden, so daß kein Kot herausfallen kann. Die hinteren

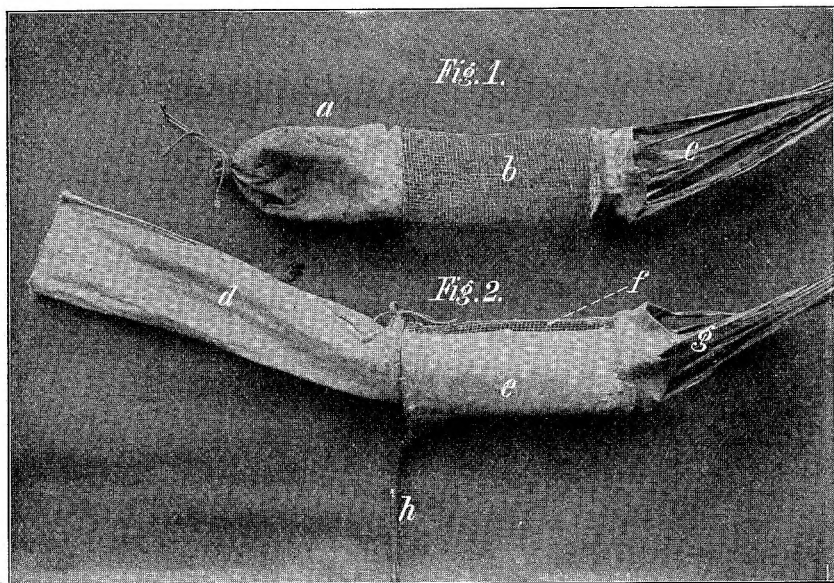


Fig. 16.

Harn- und Kotfänger für Ziegen und Schafe nach Fingerling.  
1. von oben, 2. von der Seite gesehen.

Schnüre tragen je zwei Beutel, von denen die oberen, leichteren, stets ziehend wirken, die unteren aber erst dann in Aktion treten, wenn der hintere Teil der Kotschürze sich dem Boden auf etwa 60 cm genähert hat. Durch diese Einrichtung ist ein Sinken der Kotschürze auch beim Niederlegen der Tiere völlig ausgeschlossen.

Auch das Harnableitungsrohr wird durch einen Gummischlauch, der über eine an dem erwähnten eisernen Stativ befestigte Rolle läuft, äquilibrirt und derart festgehalten, daß es allen Bewegungen des Tieres sicher folgt. Das Abfließen des Rohres wird durch eine starke eiserne Klammer fixiert.

Unter Verzicht auf den umfangreichen Apparat zum Auffangen des Kotes haben Ostertag und Zuntz<sup>1)</sup> einen dem Hagemannschen ähnlichen

1) Vorläufige Mitteilung: Studien über die Lecksucht der Rinder. Ztschr. f. Infektionskrankh. d. Haustiere 1906, Bd. II, Heft 6.

Harntrichter mit gutem Erfolge bei weiblichen Kälbern verwandt<sup>1)</sup>. Der Kot wurde auf den blanken Holzboden des Standes entleert, meist aber, bevor er zu Boden fiel, von der stets vorhandenen Stallwache mit einer Schaufel aufgefangen.

Die beschriebene Apparatur hat Hagemann bei seinen Versuchen an Kühen gute Dienste geleistet. Zweifellos erscheint sie empfehlenswert, wenn man auch zugeben muß, daß die ganze Einrichtung recht kompliziert ist.

Dagegen konnte Fingerling<sup>2)</sup> bei Ziegen und Schafen die Hagemannsche Einrichtung nicht mit Erfolg verwenden. Das Perinäum erwies sich bei diesen Tieren so schmal, daß sich der Apparat trotz aller Vorichtsmaßregeln ständig verschob, so daß Kot in den Harntrichter, Harn in

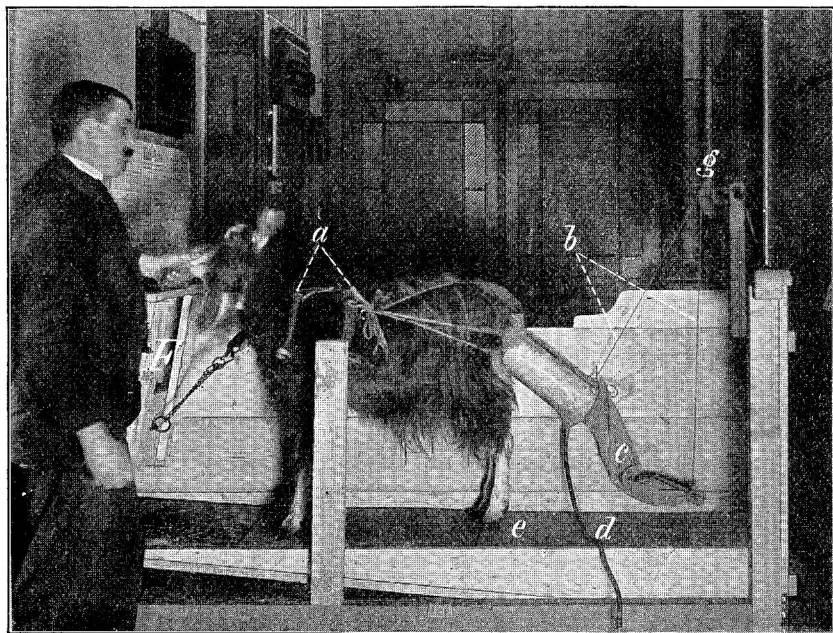


Fig. 17.

Harn- und Kotfänger für Ziegen und Schafe nach Fingerling in situ.

den Kotbeutel gelangte. Wollte man dies verhindern, so mußte man den Apparat derartig fest schnüren, daß ein Wundscheuern der Tiere nicht zu vermeiden war.

Auch mit dem oben erwähnten Zwangsstall nach Stohmann hatte Fingerling bei den weiblichen kleineren Herbivoren keine guten Resultate, denn der Harn wurde von ihnen in so kleinem Bogen entleert, daß stets der gesamte Kot damit durchtränkt war.

Fingerling hat daher für diese Tiere einen besonderen Apparat konstruiert, dessen Einrichtung und Befestigung am Tiere durch Fig. 16 und 17 erläutert wird.

1) Angefertigt von Hauptner, Berlin NW. Luisenstraße.

2) Gustav Fingerling: Neuer Apparat zur getrennten Auffangung von Kot und Harn bei kleineren weiblichen Tieren (Ziegen und Schafen). Ztschr. f. Biol., Bd. XLVII. 1906. S. 72.



Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem 30 cm langen Zylinder aus engmaschigem und gut verzinnem Drahtgeflecht, der mit Hilfe eines mit Gummi ausgeschlagenen Tuchkranzes so an das als Stütze dienende Geschirr befestigt wird, daß After und Scheide vollständig von ihm umgeben werden. Das untere Ende des Zylinders umfaßt ein ebenfalls mit Gummi gefütterter Leinewandsack, der zur Aufnahme des Kotes dient. Der Apparat wird wie derjenige Hagemanns durch ein über eine Rolle gehendes Gegengewicht in der gewünschten Lage gehalten. Die Lage muß eine etwas geneigte sein, damit der Harn durch die Maschen in das Sammelgefäß abfließt, während der Kot in den Gummisack hineinfällt. Da der Kot bei diesen Tieren aber sehr fest ist, und zudem mit großer Kraft ausgestoßen

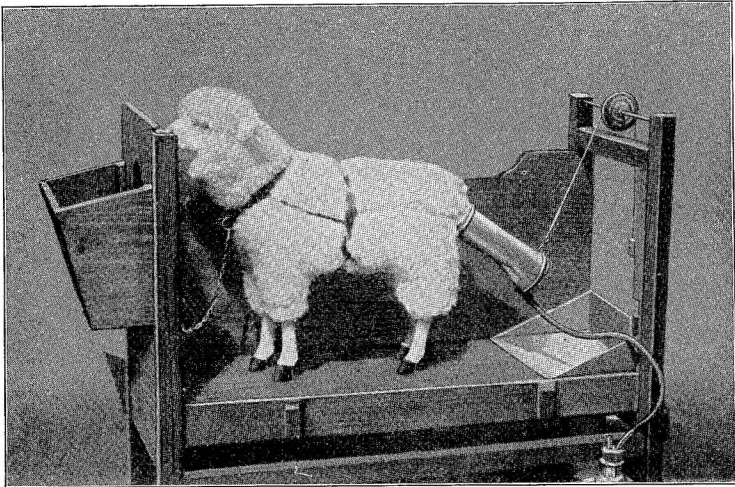


Fig. 18.

Neuere Anordnung zum Auffangen von Harn und Kot bei Ziegen und Schafen nach Fingerling.

wird, so ist die Berührung mit dem Drahtgeflecht, an dem höchstens einige Tropfen des gelassenen Harnes hängen können, eine äußerst geringe.

Zum Auffangen des Harnes dient nun ein Mantel aus dünnem, gut verzinnem Blech, welcher in der Weise um den Drahtzylinder gelegt wird, daß zwischen beiden ein Raum von ca. 1 cm bleibt (Fig. 16). Nur oben bleibt ein kleiner Teil des Drahtzylinders frei, um jeder Zeit eine Ausspülung vornehmen zu können. Am distalen Ende ist der Zwischenraum zwischen Drahtzylinder und Mantel durch einen vertikal angelöteten Blechstreifen rings geschlossen. Am tiefsten Punkte befindet sich dann die Ausflußöffnung, von der ein Gummischlauch in die Harnsammelflasche abführt.

Fingerling hat dann die so angeschirrten Tiere noch in einen Kasten gebracht, der in seiner Einrichtung im wesentlichen dem oben beschriebenen Stoffwechselkäfig für Hunde entspricht. Der Boden besteht aus Zinkblech, ist geneigt und trägt an seinem tiefsten Punkte eine Öffnung zum Durchführen des Harnableitungsrohres. Das Tier steht auf einer starken durch-

löcherten, gut verzinnnten Eisentafel. Natürlich ist diese Anordnung des Kastens nur eine Reserve für den Fall, daß der oben beschriebene Harn und Kotfänger nicht tadellos funktioniert.

Um die Brauchbarkeit seines Apparates zu erweisen, hat Fingerling eine Anzahl Versuche mit Schafen und Ziegen angestellt. Aus den außerordentlich gleichmäßigen Zahlen für die Ausnutzung der Nahrung schließt er wohl mit Recht auf die gut gelungene Trennung von Harn und Kot.

Es erwies sich bei späterem Gebrauche jedoch, daß der Apparat in dieser Form die Tiere durch zu große Schwere belästigte. Infolgedessen hat Fingerling<sup>1)</sup> zunächst den Kotbeutel fortgelassen. Der Kot fällt nunmehr in das hintere, stark geneigte Ende des Kastens und gelangt dann durch einen Trichter in ein daruntergestelltes Gefäß. (Fig. 18.) Der Mantel

zum Auffangen des Harns wird, um das Gewicht weiter herabzusetzen, aus Zelluloid hergestellt (von der Zelluloidfabrik von Kirchner und Wilhelm in Stuttgart).

Es sei hier gleich eines weiteren Apparates Erwähnung getan, welcher ausschließlich bei Ziegen angewandt wird.

Diese Tiere eignen sich besonders zu Versuchen über den Stoffwechsel während der Laktationszeit. Nun haben aber Ziegen häufig die Angewohnheit des Selbstabsaugens der Milch. Um dieser für Stoffwechselversuche natürlich höchst unangenehmen Eigentümlichkeit der Ziegen zu begegnen, hat

Berger<sup>2)</sup> einen Mantel konstruiert, der aus Sacktuch oder Drellstoff gefertigt, den Tieren in der durch nebenstehende Abbildung (Fig. 19) hinlänglich erläuterten Weise angelegt wird. Derselbe dient zugleich in der heißen Jahreszeit als Schutzmittel gegen die Fliegenplage.

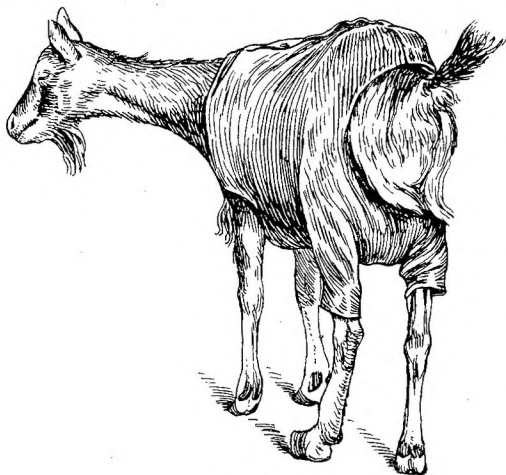


Fig. 19.  
Euterschutz für Ziegen.

#### Stände für Rindvieh.

Der erste in der Literatur beschriebene Stoffwechsel-Stall für Rindvieh kam auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Weende bei Göttingen<sup>3)</sup> in Anwendung. Jedes Tier hatte in ihm seinen besonderen Stand und seine be-

1) Modifikation des Apparates zur getrennten Auffangung von Kot und Harn bei kleineren weiblichen Tieren (Ziegen und Schafen). Zeitschrift für Biologie, Bd. LII. 1908. S. 83.

2) Berger: Mantel für Ziegen gegen Selbstaussaugen des Euters. Pflügers Archiv, Bd. 120. 1907. S. 405.

3) Henneberg und Stohmann, Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer, Bd. I, S. 19, 1860 u. Bd. II, S. 21, 1864.



sondere Krippe, die zum Verstellen nach oben und unten, nach vorn und hinten eingerichtet war, um den Größenverhältnissen des jedesmaligen Versuchstieres angepaßt werden zu können. Der gußeiserne Futtertrog war in eine starke eichene Bohle eingelassen und mit einem trichterförmigen Aufsatz versehen, von welchem alle hängen gebliebenen oder von den Tieren aufgewühlten Futterbestandteile in den Trog zurückfielen. Der Fußboden bestand aus Asphalt und fiel nach einer in der Mittellinie etwas nach hinten

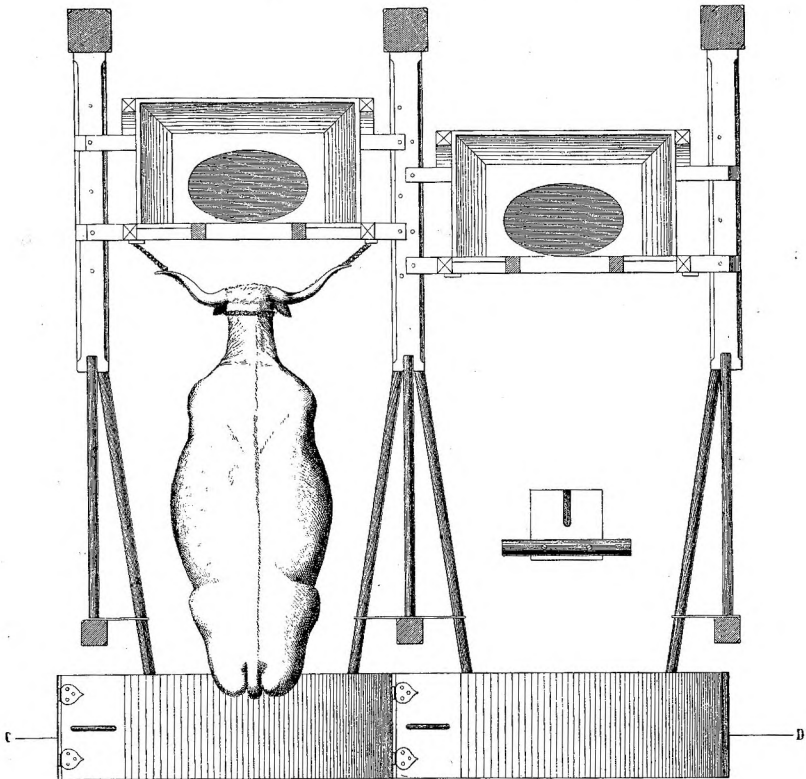


Fig. 20.

Ochsenstall nach Grouven.

gelegenen Zisterne ab. Diese war durch ein kupfernes Gitter gedeckt und durch ein unter dem Asphaltboden durchgeführtes Rohr mit einem zweiten, in der Nähe der Stallwand eingelassenen Steintroge verbunden. Letzterer war mit einer eisernen Klappe verschlossen und enthielt einen Zinkkasten zum Sammeln des Harnes. Unmittelbar hinter jedem Stande verlief eine ausgemauerte Gosse, in deren Boden ein Zinkkasten zum Auffangen des Kotes versenkt war.

Trotz dieser Vorrichtungen war das Auffangen von Harn und Kot keineswegs absolut quantitativ, so daß Henneberg und seine Mitarbeiter ihre Zuflucht zu recht unsicheren Korrekturen nehmen mußten.

Noch weniger befriedigen können in dieser Beziehung die ersten Einrichtungen auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation in Möckern, die allerdings zunächst im wesentlichen Untersuchungen über die Milchproduktion dienten<sup>1)</sup>.

Ungleich vollkommener und in allen wesentlichen Punkten auch heute noch mustergültig sind die Stallungen, welche Grouven<sup>2)</sup> in dem umfangreichen Werke über seine Fütterungsversuch<sup>e</sup> beschrieben hat. Der Bau dieser Stallungen begann bereits im Jahre 1860. Die Anforderungen, welche Grouven bei dem Bau seines Stalles leiteten, faßt er in sechs Fundamentalsätze zusammen, welche uns so wichtig erscheinen, daß wir sie wortgetreu an dieser Stelle wiedergeben wollen:

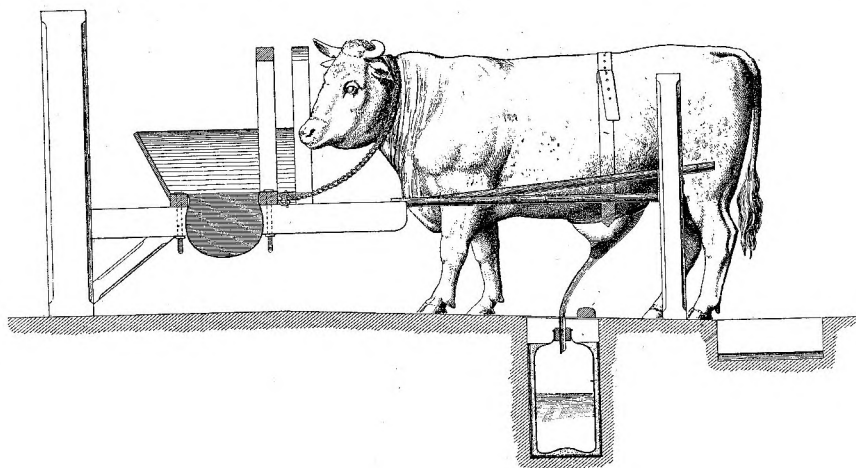


Fig. 21.

Ochsenstall nach Grouven.

1. „Völlig streuloser Stand. Einstreu irgendwelcher Art durfte niemals vorkommen. Denn von der Strohstreu hätten die Tiere unkontrollierbare Mengen fressen können; bei Sandstreu war die nötige Reinlichkeit nicht möglich.
2. Vollständige Aufsammlung des Harnes, so daß derselbe weder Verlust durch Verspritzen und Verdunstung erleiden, noch durch irgend was verunreinigt werden konnte.
3. Das gleiche mußte bei der Kotsammlung erreicht werden. Außerdem durften die Ochsen niemals in die Lage geraten, ihren Kot mit den Hinterfüßen zu zertreten, oder gar sich in ihn hineinlegen zu können.
4. Der Futtertrog mußte ringsum nahbar sein, also an keiner Wand des Stalles anlehnen. Er mußte die Tiere hindern, beim Fressen Futter daraus herauszuwerfen. Endlich durfte er nicht von Holz sein.

1) Versuche über den Einfluß der Ernährung auf die Milchproduktion. Die Landwirtschaftl. Versuchsstationen Bd. 12, 1869.

2) Grouven, l. c.

5. Der Stand der Ochsen mußte Einrichtungen haben, die es ohne Umbauten erlaubten, ihn gleichwohl für ganz große, als auch ganz kleine Ochsen bequem zu gebrauchen.
6. Der ganze Stallraum mußte sich durch gute Öfen im Winter auf bestimmter Temperatur Tag und Nacht erhalten lassen“.

Wie ist nun Grouven diesen von ihm selbst erhobenen Forderungen gerecht geworden?

Die Figuren 20 und 21 geben wohl am besten einen Überblick über die Anordnung der Stallungen, so daß nachstehende Erläuterungen genügen mögen.

Der Boden bestand aus einer Zementunterlage, die mit gebrannten Tonplatten belegt war. Auf diesem Boden trat niemals ein Wundliegen der Tiere ein.

Zum Auffangen des Harnes diente der oben beschriebene Harntrichter. (Fig. 10. S. 18.) Hier sei nur eine kleine Vorrichtung beschrieben, welche von Grouven angebracht worden ist, um zu vermeiden, daß die Ochsen beim Aufstehen aus der liegenden Stellung sich in den Trichterschlauch verwickeln und ihn so zerreißen. Er befestigte einfach quer über den hinteren Teil des massiven eisernen Deckels, der die Harnflasche überdeckte, ein Holzklötzchen. Über dieses hätte das Tier seine Hinterbeine legen müssen, wenn es mit dem Harnschlauch in Berührung kommen sollte. In dieser Lage schmerzen den Tieren aber die Beine, so daß sie sie beim Niederlegen nur bis an das Holzklötzchen heranbringen. Dieser kleine Kunstgriff erwies sich als außerordentlich praktisch. Die von Grouven benutzten Harnflaschen hatten nur 10 l Inhalt, doch weist Grouven darauf hin, daß sie bei Mastversuchen gewiß dreifach so groß sein müssen, um den gesamten Tagesharn zu fassen.

Hinter dem Stand verlief eine etwa 16 cm tiefe, 47 cm breite kantige Rinne zum Auffangen des Kotes. In eine solche treten die Tiere nicht mit den Hinterbeinen hinein. Da der Futtertrog auf Leisten verschieblich hergerichtet war, konnte die Entfernung zwischen Trog und Rinne stets derartig der Länge des Tieres angepaßt werden, daß dasselbe mit seinen Hinterfüßen nah am Rand der Rinne stand. Um schließlich zu verhindern, daß die Ochsen beim Kotlassen sich mit dem Hinterteil zur Seite wendeten, und so ihren Stand verunreinigten, wurde, wie Abbildung 20 zeigt, der hintere Teil des Standes durch zwei nach hinten konvergierende Holzstangen eingengt.

Die Rinne selbst war ebenfalls mit glasierten Tonplatten ausgelegt und hatte eine Neigung nach der einen Seite hin. Dort befand sich der Kotkasten, in dem der Kot eines jeden Tages gesammelt wurde. Dieser Kasten war aus schwerem Kupferblech gefertigt und wog leer etwa 12½ kg. Er besaß auf seinem massiven Deckel eine Handhabe, um ihn aus der Senke herauszuheben und ihn auf- oder zuzuklappen. Der Kasten faßte ungefähr 17½ kg Kot, ein unter gewöhnlichen Verhältnissen für den Tag völlig ausreichender Rauminhalt.

Nach jeder Kotentleerung wurde der Kot mittels eines krummen Spatens in den Kasten hineingekratzt und dann der Deckel desselben geschlossen, um einen Wasserverlust zu verhindern.

Kühn<sup>1)</sup>, der zu seinen späteren Versuchen sich einer ähnlichen Anordnung zum Auffangen des Kotes bediente, weist darauf hin, daß es ihm und seinen Mitarbeitern trotz aller Sorgfalt nicht möglich war, den Kot quantitativ in den Kasten zu bringen. Es blieb von jeder Kotentleerung ein geringes Quantum auf der Oberfläche der Rinne bzw. dem angrenzenden Teile des Stalles haften. Aus diesem Grunde hat Kühn stets am Beginne der Versuche den Stand und die Kotrinne vollkommen rein waschen lassen, diese Waschung am Ende des Versuches wiederholt und das so gewonnene Waschwasser zur Trockne eingedampft.

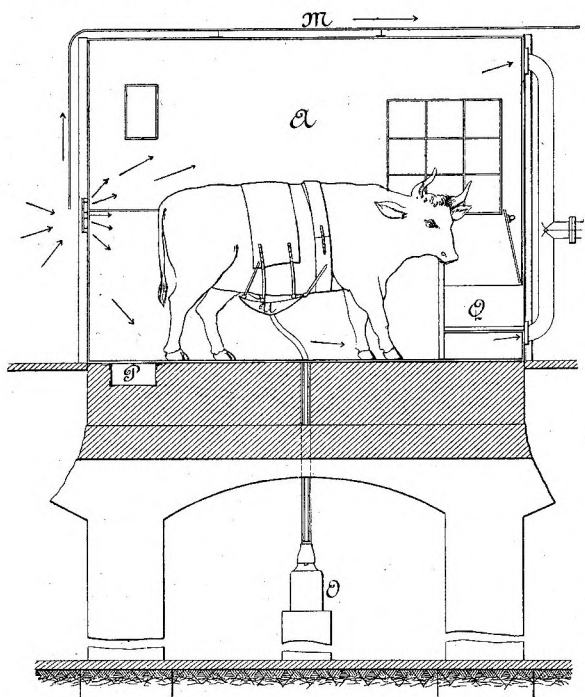


Fig. 22.

Vorrichtung zum Sammeln des Harns und Kots im Respirationskasten von Kellner.

denen ein Respirationsapparat für die Untersuchung des Stoffwechsels der Wiederkäuer konstruiert wurde. Derselbe ist dem Pettenkoferschen Apparate ähnlich, doch unterscheidet er sich in mancherlei Punkten von dem letzteren, wie er denn auch bereits seit  $1\frac{1}{2}$  Jahren im Bau begriffen war, bevor der Apparat Pettenkofers veröffentlicht wurde. Doch können wir auf die Einrichtung dieses sowie der späteren derartigen Apparate hier nicht näher eingehen, da die Methodik der Untersuchung des respiratorischen Stoffwechsels einem anderen Abschnitte dieses Werkes vorbehalten ist. Nur insofern glauben wir im Rahmen unseres Themas der Erwähnung

Grouven benutzte Futterkästen aus starkem Zinkblech. Der eine, größere, diente für die tägliche Strohhackselration, der andere für das Beifutter. Das Troggestell war aus starkem Eichenholz und, wie bereits erwähnt, leicht nach vorwärts und rückwärts zu verschieben. Um aus dem Troge zu fressen, mußte der Ochse seinen Kopf durch ein ziemlich enges Gestell stecken. Dadurch wurde eine Verzettlung des Futters verhindert, da das Maul des Tieres leer wurde, bevor es den Kopf durch die enge Öffnung zurückgezogen hatte.

Die Versuche von Grouven sind unseres Wissens die ersten, bei

1) Kühn, Fleischer und Striedter, Versuche über die Ausnutzung des blühenden Rotklee als Grünfutter und als Heu. Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen Bd. 11, S. 182, 1869.

derartiger Apparate nicht entbehren zu können, als sie mit besonderen Einrichtungen für das Auffangen von Harn und Kot oder die Zufuhr von Futter verbunden sind. So hatten wir bereits erwähnt, daß Grouven zuerst im Respirationskasten einen Kotbeutel bei Ochsen zur Anwendung brachte.

In diesem Sinne bietet der von Henneberg<sup>1)</sup> beschriebene Weender Respirationskasten wenig Neuerungen. Bemerkt sei, daß der Stand der Tiere so gewählt ist, daß der Kot direkt in einen Kotkasten hineinfallen kann.

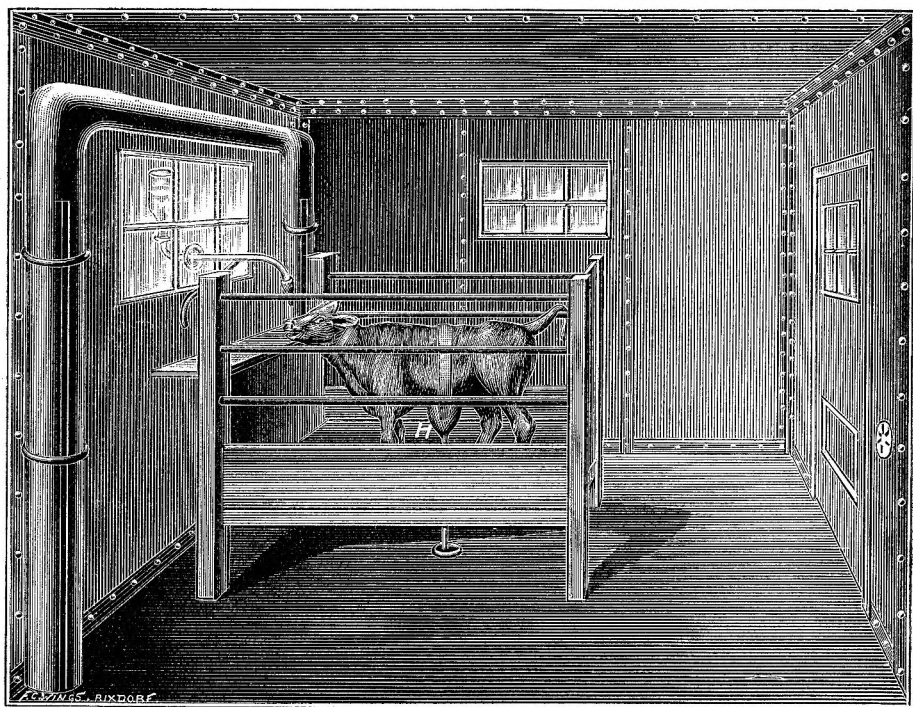


Fig. 23.

Vorrichtung für Saugkalb nach Soxhlet. M. Milchbehälter, H. Harntrichter mit Abfluß.

Der Respirationskasten, welchen Kellner<sup>2)</sup> bei seinen so überaus wertvollen zahlreichen Respirationsversuchen benutzte, schließt sich im wesentlichen an den Apparat von Henneberg an. Erwähnt sei auch hier die Einrichtung zum Auffangen des Kotes. Hinter dem Stande des Tieres ist (Fig. 22) eine 32 cm breite Rinne (P) vorgesehen, welche durch einen schweren eisernen Deckel geschlossen werden kann. In dieser Rinne, die während des Versuches offen gehalten wird, befindet sich ein genau eingepaßter Schiebekasten, der auf Rollen läuft und durch eine seitliche Öffnung hineingeschoben

1) Neue Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer. Göttingen 1870.

2) Fütterungs- und Respirationsversuche mit volljährigen Ochsen. Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen Bd. 44, S. 257, 1894.



und herausgezogen werden kann. Auch die Tiefstellung des Futterkastens (Q) erscheint erwähnenswert.

Sehr ingeniös ist die Saugvorrichtung, welche Soxhlet<sup>1)</sup> bei seinen Versuchen an Kälbern verwandte. (Fig. 23.) Der eigentliche Saugapparat befindet sich im Inneren des Kastens, und das Tier kann ihn nur erreichen, wenn ein Teil der Vorderwand des Zwangsstalles umgeklappt wird. Die Milchflasche ist außerhalb des Kastens angebracht.

Die komplizierte Einrichtung von Hagemann zur Auffangung von Harn und Kot (s. S. 22) macht weitere Einrichtungen des Stalles für diese Zwecke unnötig. Hagemann hat den Boden mit Eichenbohlen belegt, damit die Tiere weniger kalt liegen und beim Aufstehen nicht straucheln.

Hiermit glauben wir die wichtigsten Formen der Versuchsställe für Rindvieh beschrieben zu haben. Alle späteren Konstruktionen schließen sich mit geringen Modifikationen an die alten bewährten Methoden an. Am meisten gebräuchlich sind die Einrichtungen, welche einen zementierten, möglichst fugenfreien Boden haben mit Senkung nach der Mitte des Stalles zu einem Abflußrohr, das der Röhre des Harntrichters zum Durchtritte dient. Hinter dem Stande befindet sich die Kotrinne mit dem versenkten Kotkasten. Auch Zuntz ist bei der Einrichtung seines neuen Institutes diesem Muster gefolgt.

#### Pferdeställe.

Bezüglich der Versuchsstallungen für Pferde können wir uns kurz fassen, da ihre Einrichtungen in allen wesentlichen Punkten denen für Rindvieh gleichen.

Dieses gilt im wesentlichen auch von den Pferdeständen, welche E. Wolff<sup>2)</sup> in Hohenheim bei seinen grundlegenden Versuchen verwandte. Einige Modifikationen seien erwähnt.

Neben den Krippen waren Seitentische angebracht, die einen Überzug aus Eisenblech besaßen. Sie dienten zum Auffangen etwa verzettelten Futters. Zum Sammeln des Harnes bediente sich Wolff ebenfalls eines Harntrichters, der eine etwas andere, mehr bauchige Form besaß als der oben beschriebene und abgebildete. Auf Kotbeutel hat Wolff verzichtet. Der Kot fiel vielmehr direkt in einen länglich viereckigen Blechkasten, der, hinter dem Pferde aufgestellt, fast die ganze Breite des Standes einnahm. Durch passend angebrachte Querstangen wurde das Pferd daran verhindert, so weit zurückzutreten, daß es mit den Hinterfüßen den Kotkasten berühren oder verschieben konnte. Die Querstangen und der Blechkasten konnten jederzeit leicht entfernt werden, wenn das Pferd ein- oder ausgestallt werden sollte. Um den Kot quantitativ in den Kasten gleiten zu lassen, verwandte Wolff eine Kotschürze, ähnlich derjenigen, welche, wie oben beschrieben, von Hagemann bei Kühen zur Anwendung gekommen ist. Sie war etwa 1 m breit, aus Segeltuch gefertigt und am unteren Ende durch eine dünne Eisenstange beschwert und nach abwärts direkt in den Kotkasten gezogen. Durch bis an die Decke des Stalles gezogene Schnüre

1) Untersuchungen über den Stoffwechsel des Saugkalbes. Österreichisches Landwirtschaftliches Wochenblatt. Jahrgang 4, 1878, S. 290.

2) E. Wolff, Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. Berlin 1885 bei Paul Parey.

wurde der Kotfänger in der Schwebe gehalten. Am Hinterteil des Tieres war er durch ein passendes Geschirr befestigt.

Figur 24 zeigt uns die Einrichtung der Pferdestallungen des „Laboratoire de recherches de la compagnie générale des voitures à Paris.“<sup>1)</sup>

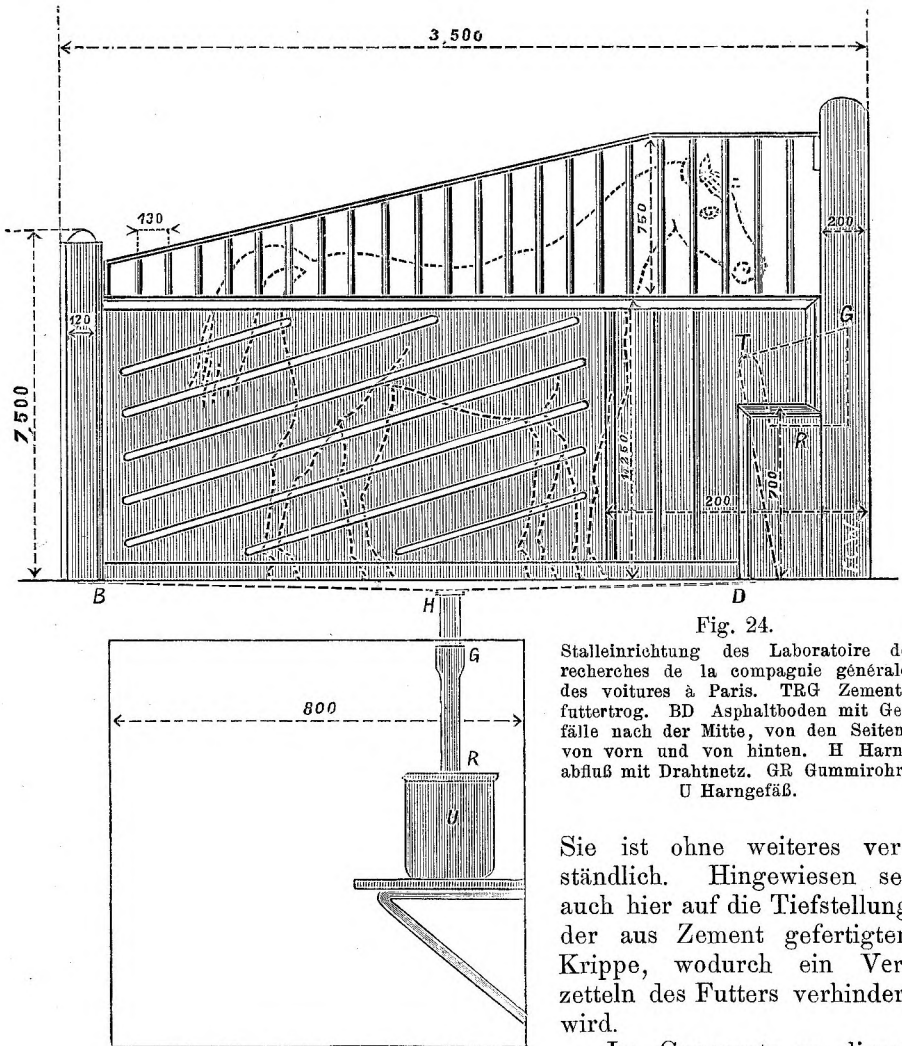


Fig. 24.

Stalleinrichtung des Laboratoire de recherches de la compagnie générale des voitures à Paris. TRG Zementfüttertrug. BD Asphaltboden mit Gefälle nach der Mitte, von den Seiten, von vorn und von hinten. H Harnabfluß mit Drahtnetz. GR Gummirohr. U Harngefäß.

Sie ist ohne weiteres verständlich. Hingewiesen sei auch hier auf die Tiefstellung der aus Zement gefertigten Krippe, wodurch ein Verzetteln des Futters verhindert wird.

Im Gegensatz zu diesen Einrichtungen wurde bei den Versuchen, welche von Zuntz in Gemeinschaft mit C. Lehmann, Hagemann und Frentzel angestellt wurden, im Stalle ein Kotbeutel, beim Arbeiten auf der Treibbahn eine Kotschürze verwandt.

1) Vingt années d'expériences sur l'alimentation du cheval de trait par Grandeau und Alekan. Paris 1904. L. Courtier 43 Rue de Dunkerque. S. 65.

### Stoffwechselkäfige für Vögel.

Vögel, speziell Hühner und Gänse, bieten für Stoffwechselversuche den Vorteil, daß man sie in der von den Mästern geübten Weise stopfen (nudeln) kann. Man vermag ihnen auf diese Weise quantitativ jede beliebige, auch schlecht schmeckende Nahrung beizubringen, um so eher, als diese Tiere im Gegensatz zu den Raubvögeln nicht erbrechen. Für viele Zwecke dürften sich die von den Geflügelmästern zum Nudeln verwendeten Maschinen gut eignen, weil sie es gestatten, breiige Massen verlustlos einzustopfen. Eine gute derartige Maschine liefert der Mechaniker der unter Leitung von Tangel stehenden landwirtschaftlichen Versuchsstation in Budapest.

Wenn man bei Stoffwechselversuchen an Vögeln die aus der Kloake entleerten Exkremente nicht trennen will, ist ihr Auffangen nicht mit großen Schwierigkeiten verbunden. So hat Voit<sup>1)</sup> Tauben während Monate langer Versuchsdauer einfach auf eine geriefte Stange gesetzt und dieselben oberhalb mittels zweier, an den Wurzeln der Flügel befestigter Schnüre ange-

bunden. Gänse hängte er in weitmaschige Netze ein, welche die Kloake frei ließen. Die Exkrete wurden auf ein schief gestelltes Weißblech entleert, von wo sie in eine Porzellanschale gelangten. Käfige wurden benutzt von I. Forster<sup>2)</sup> bei Tauben, von v. Knie-riem<sup>3)</sup> und Hans Meyer<sup>4)</sup> bei Hühnern. Diese Käfige waren so eingerichtet, daß sowohl der Hals der Tiere als auch die hintere Partie des Körpers mit der Kloake herausragten.

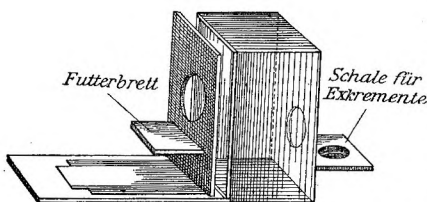


Fig. 25.

Stoffwechselkäfig für Hühner nach Hans Meyer.

Die Exkrete fielen so einfach in eine Porzellanschale herab. Die Käfige waren so eng gewählt, daß die Tiere sich in denselben gar nicht bewegen konnten. Trotzdem hielten sie sich monatelang völlig gesund. Meyer hat durch eine Schiebevorrichtung die Käfige der Größe verschiedener Hühner angepaßt. Wir verdanken der Liebenswürdigkeit von Herrn Professor Hans Meyer nebenstehende Zeichnung. (Fig. 25.)

Sobald die Versuchsbedingungen eine Trennung von Harn und Kot erfordern, bedarf es recht umfangreicher und schwieriger Operationen, durch welche Harnleiter und Mastdarm vor ihrer Vereinigung getrennt und der Mastdarm durch einen Anus praeternaturalis ins Freie geleitet wird.

Solche Operationen sind im zootechnischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin von Völtz an Hühnern mit Erfolg ausgeführt worden. Seine Technik ist von Paraschtschuk<sup>5)</sup> eingehend beschrieben. Es wurde dabei folgendermaßen zu Werke gegangen:

Etwa 2 cm oberhalb der Kloakenöffnung, also oberhalb der Einmündung der Ureteren wird durch einen 2 cm langen, nach dem Brustbein zu geführten

1) Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. VI, 1, S. 26.

2) Zeitschrift f. Biologie. Bd. XII, S. 454, 1876.

3) Ebenda. Bd. XIII, S. 36, 1877.

4) Inaugural-Dissert. Königsberg 1877.

5) Journal f. Landwirtschaft. Bd. L, S. 15, 1902.

Schnitt die Bauchhöhle des Tieres eröffnet, der Mastdarm mit einem stumpfen Haken hervorgeholt, unterbunden und oberhalb der Unterbindungsstelle in das Peritoneum eingenäht. Hierbei drängt man sich zweckmäßig den Mastdarm durch einen in die Kloake eingeführten Glasstab entgegen. Dann wird der Darm geöffnet, mit einem nach oben eingeschobenen Wattebausch etwa nachrückender Kot zurückgehalten und die Ränder der Darmwandung mit den Wundrändern und den Bauchdecken vernäht.

In der ersten Zeit nach der Operation erwies es sich als notwendig, den Darm häufiger durch Ausspritzen mit physiologischer Kochsalzlösung

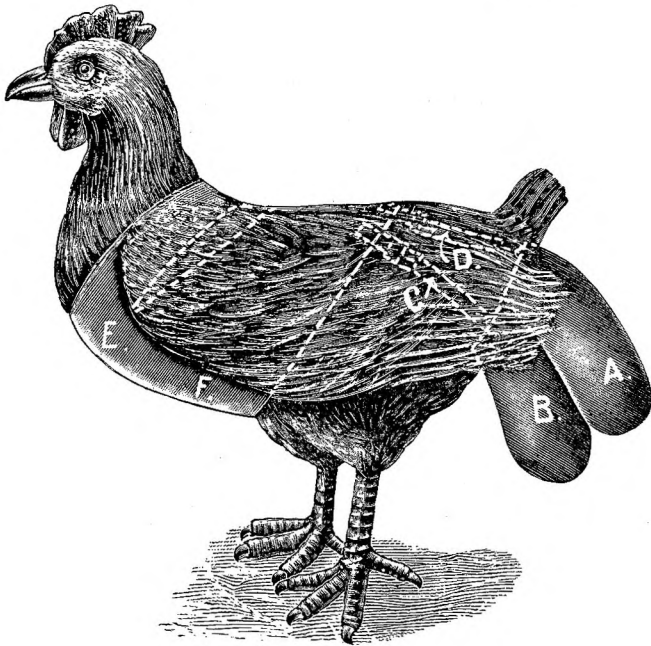


Fig. 26.

Hahn mit Harn- und Kotbeutel nach Völtz.

zu entleeren, da die Peristaltik anfangs zu schwach ist, um den Kot herauszubefördern.

Ferner muß man den Anus praeternaturalis täglich bougieren, um eine Narbenschumpfung zu vermeiden.

Für den Versuch wurden die Tiere von Völtz mit Kot- und Harnbeuteln versehen. Wir verdanken dem freundlichen Entgegenkommen von Herrn Völtz die Abbildungen Fig. 26 und 27 und die folgende Erklärung:

Zur Befestigung des Kot- und Harnbeutels ist ein verzinkter Draht zu benutzen, den man entsprechend den anatomischen Verhältnissen des Tieres biegt und lötet. Der obere, die Kloake umgebende Drahttring wird fixiert unterhalb der bügelförmigen Sitzbeine des Huhnes, die er vollständig umgibt. Der Gurt ist in seinem mittleren Teil, der den Thorax bedeckt, breit

(Fig. 26), wird dann beiderseits zweiteilig (Fig. 26 E und F), um die Oberarme durch den Schlitz zu führen und also die Flügel frei zu lassen. Die Gurtenden werden auf dem Rücken des Tieres festgeschnallt. Der hintere Gurt (Fig. 26 F) trägt die Schnallen (Fig. 26 C und D), an denen Harnbeutel (Fig. 26 und 27 A) und Kotbeutel (Fig. 26 und 27 B) durch Riemen (Fig. 26 und 27 C und D) befestigt werden. Auch der Kotbeutel wird getragen durch einen Drahring, der den Anus praeternaturalis umfängt und auf den unteren Rand des beschriebenen Drahringes, welcher die Kloake umgibt und den Harnbeutel trägt, nach genauer Anpassung aufgelötet ist. (Eine ausführliche Beschreibung hat Völtz in Abderhaldens Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden gegeben).

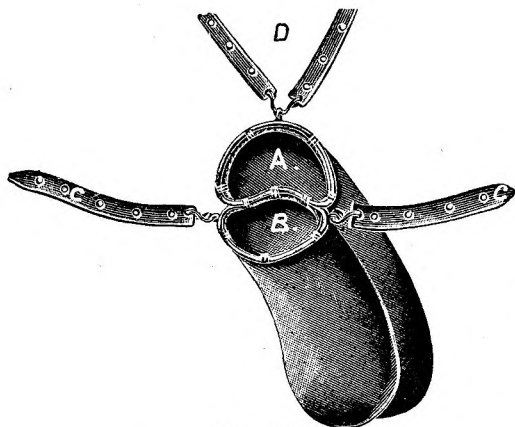


Fig. 27.

Harn- und Kotbeutel für Hühner nach Völtz.

### Vorrichtungen bei Stoffwechselversuchen an Fischen.

In unserem Institut werden zahlreiche Stoffwechselversuche an Fischen ausgeführt. Soweit diese den respiratorischen Stoffwechsel zum Gegenstande haben, gehört die Beschreibung der Apparatur an eine andere Stelle dieses Werkes. Für Ausnutzungs- und Bilanzversuche hat Knauth den Kotbeutel bei diesen Tieren benutzt. Doch wurden die Fische dadurch so geniert, daß man von der Verwendung derartiger Apparate Abstand

nehmen mußte. Es bleibt somit nur übrig, den Kot möglichst häufig und bald nach der Entleerung quantitativ aus dem Wasser herauszufischen, und im übrigen die Veränderung des Wassers am Schlusse des Versuches analytisch zu ermitteln. Die Aquarien müssen bei solchen Versuchen, da ein Durchfluß von Wasser nicht zugänglich ist, besonders energisch durchlüftet werden. Alle 24 Stunden wird das Wasser vollständig erneuert.

### Gesondertes Auffangen von Harn und Kot beim Menschen.

Die zahlreichen Einrichtungen, welche im vorgehenden besprochen wurden, verfolgen im wesentlichen den Zweck, ein gesondertes verlustloses Auffangen von Harn und Kot zu ermöglichen und sicher zu gewährleisten. Beim Menschen bedarf es derartiger Vorrichtungen nicht. Immerhin ist auch hier das gesonderte Auffangen von Harn und Kot nicht ganz einfach, da bei der Defäkation durch den Druck der Bauchpresse auch die Harnblase leicht entleert wird. Es ist daher empfehlenswert, daß der im Stoffwechselversuch befindliche Mensch unmittelbar vor dem Stuhlgang Harn läßt. Doch genügt dies in den meisten Fällen noch nicht. Er muß auch



während des Stuhlganges darauf bedacht sein, etwaige Tropfen Harns, welche, besonders wenn eine gewisse Obstipation besteht, stets noch mit ausgepreßt werden, in einem vorgehaltenen Bechergläschen aufzufangen. Denn man muß bedenken, daß wenige Tropfen Harns dem Kote hinzugefügt, genügen würden, ein ganz falsches Bild der Ausnutzung des Stickstoffs zu geben. Kleine Fehler können auch durch Wegwerfen des zum Abwischen des Kotes benutzten Papiere entstehen. Es empfiehlt sich, ein Stückchen Badeschwamm zu benutzen, dieses sorgfältig auszuwaschen und das Wasser einzudampfen.

Besonderer Maßnahmen zum quantitativen Sammeln von Harn und Kot bedarf es bei Stoffwechselversuchen, die am Säugling ausgeführt werden. Apparate, welche wenigstens für den Säugling männlichen Geschlechts hinreichende Gewähr für das genaue Trennen und Auffangen der Exkremente bieten, sind zuerst von Bendix<sup>1)</sup> angegeben, später von ihm und Finkelstein<sup>2)</sup> verbessert worden.

Diese Apparatur, die sich in zahlreichen Versuchen wohl bewährt hat, sei im folgenden kurz beschrieben.

Das Kind wurde auf einem Leinentuch gelagert, das, wie es Figur 28 zeigt, sich für die Aufnahme der Beine gabelt. Auf das Leinentuch ist eine Hemdhose aufgenäht, welche eine Analöffnung und einen Spalt zum Hinausführen des Penis besitzt. In diese Kombination wird nun das Kind hineingesteckt. An einem hosenträgerartigen Leibgurt (cf. Fig. 29) wird nun der Urinrezipient (Fig. 30) angeknöpft. Er besteht aus einer gläsernen Ampulle, über deren Rand ein Gummiansatz mit Polsterring gezogen wird. Die Ampulle nimmt Penis und Scrotum des Säuglings auf. Der Harn läuft in eine passend aufgestellte Harnflasche ab. Der Kot wird einfach in einer untergestellten Schale, der sich für stark diarrhoische Stühle eine Blechplatte als Schirm aufklemmen läßt, aufgefangen. Die Apparatur wird durch die Firma Ernst Lentz, Berlin, Birkenstr. 28 hergestellt.

Einfacher, aber immerhin wohl brauchbar ist auch die von W. Freund<sup>3)</sup> angegebene Methode.

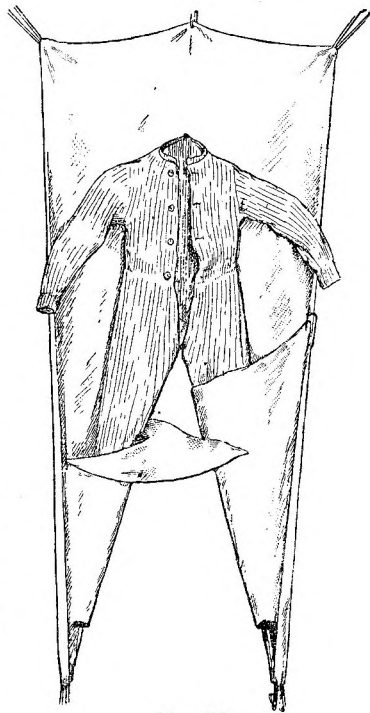


Fig. 28.

Vorrichtung zur Fixierung von Säuglingen nach Bendix-Finkelstein.

1) B. Bendix: Jahrbuch für Kinderheilkunde 1896 Bd. XLIII, S. 23.

2) Derselbe und Finkelstein: Ein Apparat für Stoffwechseluntersuchungen am Säugling. Deutsche med. Wochenschrift 1900 Heft 42.

3) W. Freund: Jahrbuch für Kinderheilkunde 1898 Bd. XLVIII, S. 137.

### Der Stoffwechselversuch.

Nachdem das Tier, an dem der Versuch ausgeführt werden soll, in der besprochenen Weise in einem Käfig oder Stall untergebracht ist, und so für verlustlose Nahrungszufuhr und das quantitative Auffangen von Harn und Kot gesorgt ist, kann mit dem eigentlichen Stoffwechselversuche begonnen werden.

Es lassen sich natürlich für die Anordnung des Versuches allgemeine gültige Regeln nicht aufstellen. Es wird vielfach Sache des Experimentators sein, die im folgenden empfohlenen Vorschriften seiner speziellen Frage-

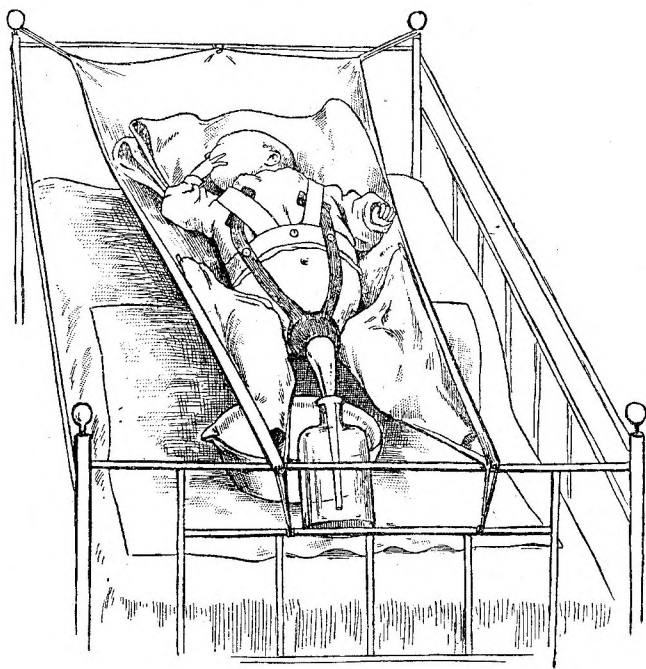


Fig. 29.

Lagerung des Säuglings im Stoffwechselversuch.

stellung entsprechend zu modifizieren. Im allgemeinen aber wird man sich den praktisch bewährten Versuchsmethoden anschließen müssen.

Man teilt den Versuch gewöhnlich in drei Abschnitte. In dem ersten läßt man sich das Tier den veränderten Lebensbedingungen anpassen. Dies ist die sogenannte Vorperiode. Man sucht in dieser meist Stickstoff- und Körpergleichgewicht zu erreichen. Es gewährt dies den Vorteil, die Resultate des Hauptversuches eindeutiger zu gestalten. Natürlich wird dies Desiderat in manchen Fällen nicht erfüllbar sein. Unbedingt notwendig ist es für den einwandfreien Stoffwechselversuch nicht. Doch erscheint es wohl zweckmäßiger, als, wie dies auch zuweilen geübt wird, vom Hungerzustande auszugehen, weil die Stoffwechselvorgänge bei

und nach dem Hunger ihre Besonderheiten haben und namentlich große Differenzen individueller Art zeigen.

Auf die Vorperiode läßt man die sogenannte Hauptperiode, den eigentlichen Stoffwechselversuch folgen. Meist schließt man dann eine Nachperiode an, welche in ihrer Anordnung der Vorperiode entspricht, um eine etwaige Nachwirkung des Hauptversuches festzustellen. Gerade in dieser Nachperiode haben sich oft erst die wesentlichen Resultate des Versuches gezeigt.

Als wichtigste Regel muß betont werden, daß die Perioden nicht zu kurz sein sollen. Ein zu kurzer Versuch hat häufig zu den schwerwiegendsten Irrtümern geführt. Es sei hier nur daran erinnert, daß wir z. B. über die Wirkung des Alkohols auf den Stoffwechsel früher ganz falsche Anschauungen hatten, indem wir vorübergehende Veränderungen der Stoffwechselvorgänge als charakteristisch ansahen.

Man muß auch bedenken, daß sich der Organismus eines Tieres nicht unmittelbar einem veränderten Ernährungsregime anpaßt. Wir finden vielmehr häufig während einer Versuchsperiode die Nachwirkungen der vorhergehenden Lebensverhältnisse deutlich ausgeprägt. Für den ersten Tag eines Regimewechsels gilt dies als Regel.

Für den Menschen und den Karnivoren mag ein Minimum von 5 Tagen pro Periode genügen. Für die Herbivoren sind bedeutend längere Perioden erforderlich.

Dies hängt hauptsächlich zusammen mit den Verhältnissen der Kotbildung.

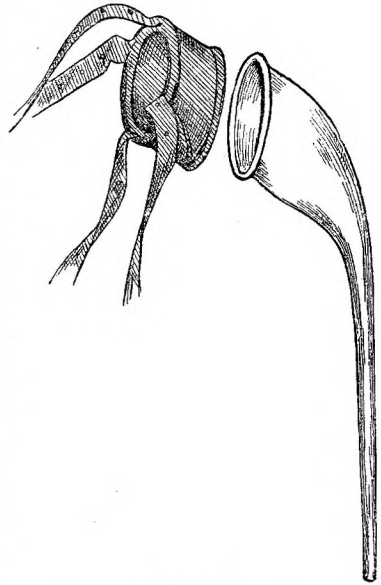


Fig. 30.  
Harnrezipient mit Befestigungsring für männliche Säuglinge.

### Kotabgrenzung.

Der Zeitpunkt, an welchem der einer bestimmten Nahrung entsprechende Kot zutage gefördert wird, ist je nach der Art des Tieres und der Ernährung desselben außerordentlich wechselnd. Selbst beim Fleischfresser dauert es etwa 24 Stunden, ehe die Verdauung einer bestimmten Nahrung beendet ist. Die Ausscheidung des zugehörigen Kotes läßt oft noch viel länger auf sich warten. Beim Menschen erfordert die Kotausscheidung meist 2—3, beim Pflanzenfresser 5—7 Tage.

Es ist daher empfehlenswert, den Kot, der einer Untersuchungsperiode entspricht, von dem vorher und nachher gelieferten abzugrenzen. Nur bei solchen Individuen, deren Kotentleerung absolut regelmäßig zur selben Stunde täglich erfolgt, mag es zulässig sein, von einer besonderen

Abgrenzung abzusehen, wie dies Neumann<sup>1)</sup> beim Menschen, Pflüger<sup>2)</sup> beim Arbeitshund getan haben. Die Abgrenzung gehört zu den wundesten Punkten der Methodik des Versuches. Schon die zahlreichen angegebenen Mittel sprechen dafür, daß keines so ganz befriedigend ist. Man kann im allgemeinen zwei verschiedene Formen der Abgrenzung unterscheiden. Entweder man benutzt bestimmte Nahrungsmittel, die einen charakteristischen Kot geben, oder man sucht durch Verabreichung gewisser Substanzen, die den Darmkanal glatt passieren, die Abgrenzung des Kotes herbeizuführen. Für die Verwendung der ersteren Gruppe der Abgrenzungsmittel ist natürlich die jeweilige Versuchsanordnung zu berücksichtigen. So liefert z. B. reine Fleischnahrung (Bidder und Schmidt) einen charakteristischen sehr dunklen, pechähnlichen Kot. Aber man muß bedenken, daß eine so stickstoffreiche Substanz einen hohen Eiweißumsatz bedingt, dessen Nachwirkung sich eventuell über mehrere Tage erstrecken wird. Auch bei Milchnahrung (Rubner) wird ein sehr charakteristischer Kot entleert. Dieser ist besonders hart, knollig und von hellgelber Farbe (maiskolbenähnlich). Die Verwendung der Milch als Abgrenzungsmittel ist aber, auch abgesehen von ihrem hohen Stickstoffgehalt, bedenklich, weil viele Individuen die erforderlichen 2—3 Liter Milch nicht vertragen und Verdauungsstörungen bekommen, die den Versuch vollkommen stören können. Weit empfehlenswerter ist Schokolade, die namentlich in Stoffwechselversuchen an Kindern gern und oft verwandt wird. Beim Menschen sind außer den genannten Nahrungsmitteln noch Preiselbeeren (I. Ranke), Blaubeeren (Hultgren und Landergren) und gewisse Gemüse, wie z. B. Karotten, empfohlen worden, deren charakteristisch gefärbte Zellulosereste im Kote wiedererscheinen. Doch müssen recht große Mengen von all diesen Substanzen genommen werden, sonst finden sich über eine größere Strecke Kot verteilt verstreute Residuen derselben, und man weiß nicht, an welcher Stelle man die Abgrenzung vornehmen soll. Alle diese zur Abgrenzung dienenden Nahrungsmittel sind aber nur zu Beginn und am Ende des Gesamtversuches mit einigem Vorteil zu benutzen. Denn ihr Nährwert müßte bei Abgrenzung zwischen einzelnen Perioden des Versuches berücksichtigt werden, was Analysen und mehr oder weniger unzuverlässige Berechnungen und Schätzungen notwendig machen würde.

Empfehlenswerter als die Verwendung von Nahrungsmitteln ist im allgemeinen die Einführung von Stoffen, welche den Darmkanal unverändert verlassen und so zur Abgrenzung des Kotes dienen. Zwischen beiden Gruppen von Abgrenzungsmitteln steht die Verwendung von Knochen beim Hunde (G. Meyer). Knochen stellen ein sehr vorzügliches Abgrenzungsmittel dar, in Gestalt eines weißen, sehr trockenen und stark brüchigen Kotes. Die nicht unerheblichen aus Knochen resorbierten Stickstoffmengen müssen jedoch berücksichtigt werden. Auch soll, um keine Störungen in den Versuch zu bringen, nur soviel Knochen verfüttert werden, wie zur Erzielung einer sicheren Abgrenzung nötig ist (etwa 15—20 gr).

1) R. O. Neumann, Experimentelle Beiträge zur Lehre von dem täglichen Nahrungsbedarf der Menschen unter besonderer Berücksichtigung der notwendigen Eiweißmenge. Archiv f. Hygiene Bd. 45, S. 1, 1902.

2) E. Pflüger, Die Quelle der Muskelkraft. Pflügers Archiv Bd. L, S. 98.

Diese Komplikation fällt fort bei der Verwendung von Kieselsäure (Cremer und Neumeyer), die man am besten etwa 6 Stunden nach der letzten oder vor der ersten Mahlzeit einer Periode verabreicht. Etwa 4–5 g sind genügend. Man mischt sie einem zu diesem Zwecke reservierten Bruchteil der Nahrung bei. Diese Form der Abgrenzung scheint uns die beste zu sein und ist jedenfalls weit empfehlenswerter als das Schlucken von Badeschwamm, wie es seinerzeit von Adamkiewicz, oder von Korkstücken, wie es von I. Munk und Salkowski vorgeschlagen wurde. Auch die Verwendung von Karmin gibt recht gute Resultate. Der Kot wird dunkelrot gefärbt, und es erstreckt sich die Abgrenzung meist nur über einen geringen Teil des Kotes. 1 g dürfte genügen. Weniger empfehlenswert scheint uns die Verwendung von fein zerteilter Holz- oder Tierkohle, weil sich die Kohlepartikelchen oft über eine große Strecke des Kotes verteilen. Auch ist bei der dunklen Färbung des Kotes beim reichlich mit Fleisch genährten Hunde die Farbe der Kohle für die Abgrenzung nicht sehr geeignet. Es muß auch in Erwägung gezogen werden, daß Verwendung von Kohle exakte Bestimmungen der Verbrennungswärme im Kote unmöglich macht.

Nach Völtz<sup>1)</sup> eignet sich Kohle sehr gut zur Abgrenzung des Kotes bei Hühnern.

Es sei hier zugleich auf einen kleinen Kunstgriff hingewiesen, welcher in unserem Institut nach dem Vorgange von S. Rosenberg häufig angewandt wird. Gerade für den Abgrenzungskot ist es oft von Wichtigkeit, daß die Entleerung nach angemessener Zeit erfolgt. Der Hund defäziert aber häufig mehrere Tage lang nicht. Man kann nun fast ausnahmslos eine Kotentleerung beim Hunde herbeiführen, wenn man ihm einen 8–10 mm dicken Glasstab in den After einführt. Durch den Reiz des Fremdkörpers auf die Wandungen des Mastdarms wird die Defäkation angeregt, der Glasstab zuerst herausgepreßt, während der Kot nachfolgt.

Weit schwieriger als beim Hunde gestaltet sich die Abgrenzung des Kotes beim Menschen, auch wenn wir Substanzen verwenden, welche den Darmkanal glatt und unverändert passieren. Es liegt das daran, daß bei dem omnivoren Menschen der Darmkanal wesentlich länger ist, als beim karnivoren Hunde, und daher dem Darminhalte weit mehr Gelegenheit zur Durchmischung gegeben ist. Auch ist der menschliche Kot in vielen Fällen nicht so gut geformt und so hart wie der des Hundes. Als ungeeignet hat sich nach unseren Erfahrungen die Kieselsäure, als wenig zuverlässig auch die Verwendung von Kohle erwiesen. Zum mindesten muß man von diesen Substanzen größere Mengen — etwa 6–8 g verwenden, was auch bei Anwendung von Oblaten oder Kapseln nicht sehr angenehm ist. Auch dann ist aber noch die Gefahr des Verschmierens des Abgrenzungsmittels über eine große Strecke Kot eine sehr erhebliche. Besser als Kohlepulver sind gepreßte Tabletten, die z. T. unzerfallen im Kote erscheinen. Empfehlenswert ist die Verwendung von Karmin. Man gibt es am besten in capsulis gelatinosis zu je 0,5 g. 2 solcher Kapseln genügen, um eine gute Kotabgrenzung zu erhalten.

1) Studien über den Stoffwechsel des Haushuhns. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1909, S. 553.



In der Erkenntnis der Unzuverlässigkeit der meisten Abgrenzungsmethoden beim Menschen benutzten wir bei unseren Stoffwechselversuchen im Hochgebirge zur Abgrenzung des Kotes Klistiere. Es gelingt auf diese Weise, den Darm sehr gut zu entleeren, wenn man größere Mengen Wassers verwendet. Als Richtschnur diente uns das Auftreten der Reste eines Gemüses, welches zu geeigneter Zeit vorher genossen worden war. Doch ist diese Prozedur keineswegs angenehm. Es waren oft hintereinander vier reichliche Klistiere notwendig, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Eine zu einem Stoffwechselversuche gemietete Person wird sich diesen Unannehmlichkeiten kaum in allen Fällen unterziehen.

Beim Hunde sowohl wie beim Menschen ist es für die Abgrenzung wichtig, auch bei der einzelnen Defäkation, welche den Abgrenzungskot enthält, die Reihenfolge, in welcher die einzelnen Kotbestandteile entleert werden, festzustellen. Beim Hunde kann dies ja höchst einfach durch Beobachtung der Defäkation geschehen. Beim Menschen bedienen wir uns einer ebenso einfachen wie praktischen Vorrichtung. Die Kotentleerung findet auf einem Stuhle statt, dessen Sitzteil in geeigneter Weise ausgeschnitten ist. Unter dem Stuhlsitz ruht auf zwei Leisten ein mit Pergament überspanntes Brett, auf das der Kot entleert wird. Während der Defäkation zieht nun das Versuchsindividuum das mit Pergament überspannte Holzbrett allmählich unter sich fort, so daß der Kot in der Reihe, in welcher er gelassen ist, auf dem Pergamentpapier ausgebreitet ist.

Natürlich führen alle Abgrenzungsmittel nur dann zum Ziel, wenn der Kot nicht breiig oder gar diarrhoisch ist.

Ist es schon beim Menschen schwer, eine sichere Abgrenzung des Kotes zu gewinnen, so hat dies noch größere Schwierigkeiten beim Schweine, wegen des breiigen Kotes, den diese Tiere absondern. Unseres Wissens ist eine Abgrenzung des Kotes beim Schweine bisher nicht versucht worden.

Völlig unmöglich ist es, eine Abgrenzung des Kotes bei den Pflanzenfressern zu erreichen. Welcher Art das Tier auch sei, stets finden sich Abschnitte des Darmkanals, in welchen mehrere Mahlzeiten durcheinander gemischt werden. Einigermassen wird dieser Übelstand dadurch kompensiert, daß der Kot sehr massig ist, und die täglichen Entleerungen sehr häufig, oft 12 und mehrmal erfolgen. Die Unmöglichkeit der Abgrenzung ist wohl der wesentlichste Grund, welcher den Stoffwechselversuch an Herbivoren so außerordentlich erschwert.

Es bleibt hier kein anderes Mittel, als die Perioden besonders lang zu wählen, um so den durch die Unmöglichkeit der Kotabgrenzung bedingten Fehler möglichst gering zu gestalten. Besonders die Vorperiode muß mindestens so lange fortgesetzt werden, bis man sicher ist, daß keine einem früheren Ernährungsregime angehörigen Reste im Darmkanal mehr vorhanden sind, d. h. mindestens 8 Tage. Bei Kaninchen ist die Möglichkeit gegeben, den Magen und Blinddarm dadurch vom Inhalt zu reinigen, daß man ausschließlich während mehrerer Tage Milch verabreicht, welche die Tiere gern und reichlich aufnehmen. Wenn dann der Kot keine Reste der früheren Nahrung mehr aufweist, genügt 24stündiges Hungern, um einen fast leeren Verdauungskanal zu erzielen.

### Harnabgrenzung.

Während wir den Kot stets nur in größeren Perioden abzugrenzen pflegen, wird der Harn gewöhnlich in 24 stündigen Pausen abgegrenzt. Es ist dies natürlich willkürlich, man könnte auch 12 stündige Perioden wählen, und man hat ja auch in zahlreichen Versuchen den in 1, 2 Stunden usw. abgesonderten Harn für sich aufgefangen. Andererseits haben aber auch die 24 stündigen Perioden der Harnsammlung ihre Berechtigung, weil der Organismus in 24 Stunden einen Kreislauf seines Stoffwechsels durchläuft. Es ist daher auch notwendig, die tägliche Harnabgrenzung stets zu der gleichen Tageszeit vorzunehmen.

Für den Menschen, der nach dem Wunsche des Experimentators zu jeder Zeit seine Blase vollständig entleert, bedarf es in dieser Hinsicht keinerlei Vorkehrungen.

Bei Hunden liegen die Verhältnisse sehr verschieden je nach der Dressur und der guten Gewöhnung des Tieres. Es gibt Hunde, welche in den Stoffwechselkäfig gesetzt, denselben niemals verunreinigen, dagegen Harn und Kot sofort absetzen, sobald sie ins Freie geführt werden. Bei diesen Tieren ist es natürlich leicht, den Harn der täglichen Periode für sich zu gewinnen. Doch bedarf es noch einer besonderen Erziehung der Tiere, die nicht immer zu erreichen ist, um sie an die Harnentleerung in eine untergehaltene Schale zu gewöhnen. Freilich begegnen dem Stoffwechselphysiologen nicht sehr häufig Tiere, die eine so gute Kinderstube durchgemacht haben. Außerdem verderben auch hier böse Beispiele gute Sitten. In den Räumen, in denen mehrere Stoffwechselkäfige für Hunde bei einander stehen, herrscht stets ein gewisser Harngeruch, der beim Hunde ja in so eigentümlicher Weise wiederum zur Entleerung des Harnes anregt. Wir haben diesen Übelstand ganz besonders dann störend empfunden, wenn wir die Hunde auf der Tretbahn Geharbeit verrichten ließen. Da es sich in den meisten Fällen um Stoffwechselhunde handelte, so legten wir bei der Dressur stets den größten Wert darauf, daß niemals auf der Tretbahn Harn gelassen wurde. War aber trotzdem einmal einem Tiere das Malheur passiert, auf der Tretbahn Harn zu verlieren, so mußten durch häufige Waschungen mit Formalin oder einer anderen stark riechenden Substanz alle Spuren des Harnes entfernt werden, wollte man nicht erleben, daß auch die bestdressierten Hunde ihrer guten Gewohnheiten vergaßen. Deswegen ist es auch so schwierig, Hunde im Laboratorium selbst stubenrein zu erziehen.

Daher wird man in den meisten Fällen beim Hunde den Katheterismus ausführen müssen. Männliche Hunde lassen sich schwer katheterisieren. Aus diesem Grunde bevorzugen wir bei Stoffwechselversuchen Hündinnen. Doch ist auch bei weiblichen Tieren diese Manipulation nicht ganz ohne Schwierigkeiten. Das orificium urethrae liegt bei der Hündin ziemlich weit im Innern der Vagina und ist durch einen vorspringenden Schleimhautwulst verdeckt. Da nun die Schleimhaut der Scheide viele Wulste und Falten bildet, ist es für den tastenden Finger oft sehr schwer, die Öffnung der Harnröhre zu finden. Ein zu langes Herumprobieren ist aber für den Verlauf des Versuches keineswegs gleichgültig, da die Tiere erregt oder ermüdet werden. Es ist daher dringend anzuraten, sich eines Spekulum zu bedienen, wie es Fig. 31. zeigt. Dasselbe kann eventuell in verschiedener Größe

gewählt werden. Man führt es geschlossen ein, und spreizt darauf die Branchen auseinander. Bei der Verbreiterung der Scheide werden die sekundären Wülste geglättet und der starke Wulst über dem orificium urethrae stellt sich sofort dem Auge ein, so daß das Einführen des Katheters nunmehr nicht mehr die geringsten Schwierigkeiten macht.

Um das Katheter bei Hündinnen leichter einführen zu können, haben Limpert und Falck<sup>1)</sup> eine kleine Operation angegeben, welche bezweckt, das orificium urethrae externum frei zutage zu legen. Dieselbe besteht darin, daß ein Skalpel in die Scheide der Hündin eingeführt und nach der Mitte des Dammes durchgestochen wird. Hierauf wird die ganze vordere Partie des Dammes in der Richtung der Scheide gespalten. Wenn dieser operative Eingriff gut gelungen, und die geringe Blutung, welche gewöhnlich damit verbunden ist, gestillt ist, liegt die Öffnung der Harnröhre frei, so daß

man ohne weiteres mit dem Katheter hineingelangen kann. Um die Wundränder vor dem Zusammenwachsen zu bewahren, haben die Autoren dieselben mit Höllenstein geätzt. Dann vernarben die Wundränder bald.

Diese Operation bietet den Vorteil, daß man ohne Hilfe einer zweiten Person der Hündin leicht das Katheter einführen kann. Man umfaßt dabei den Kopf des Tieres und die linke Seite des Körpers mit dem linken Ellenbogen, ergreift mit der linken Hand die Hinterfüße und führt mit der rechten das Katheter ein.

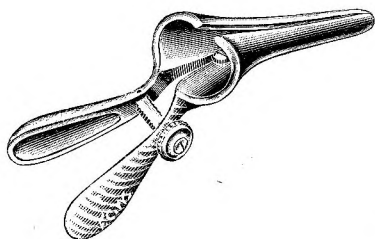


Fig. 31.  
Spekulum für Hündinnen.

Doch ist dies nur bei geduldigen kleineren Hunden möglich, in anderen Fällen wird man auch nach der Operation die Hilfe eines Dieners in Anspruch nehmen müssen. Notwendig wird die Operation kaum jemals sein, wenn man ein passendes Spekulum zur Verfügung hat, da sich bei einiger Übung mittels dieses Instrumentes das orificium urethrae in fast allen Fällen leicht einstellen läßt. Abgesehen also von vereinzelt Ausnahmefällen, bei ganz kleinen, jungfräulichen Hündinnen, ist diese Operation als unnütz zu verwerfen, weil sie um einer bloßen Bequemlichkeit für den Experimentator willen dem Tiere Schmerzen bereitet.

Hat man das Katheter in die Blase eingeführt, so fließt der Harn aus und muß natürlich ohne jeden Verlust in ein untergehaltenes Gefäß aufgefangen werden. Nach dieser Entleerung der Hauptmenge des Harns müssen aber auch alle Reste desselben quantitativ gewonnen werden, die stets in den Falten der Blasenwandung verbleiben. Wir spülen daher nach jedem Katheterismus die Blase reichlich mit lauwarmem Wasser oder besser verdünnter Borsäurelösung aus, bis die Flüssigkeit vollkommen farblos abfließt.

Man muß bei dem Katheterismus mit einiger Vorsicht zu Werke gehen, um das Eintreten einer Cystitis zu verhindern. Da man sich bei

1) Untersuchungen über die Ausscheidung des Zuckers durch die Nieren nach der Einspritzung desselben ins Blut. Virchows Archiv Bd. IX, S. 56, 1856.

Hündinnen stets weicher Gummikatheter bedient, welche häufiges Auskochen nicht vertragen, ist es empfehlenswert, sie in gut verschließbarem Glasgefäß über Formalinpastillen aufzubewahren. Übrigens erscheint es uns nicht bedenklich, wenn man während eines Stoffwechselversuches auch mehrere Katheter abnutzt. Der Preis ist kein hoher, und 12—14 Auskochen vertragen sie ganz gut. Vor dem Einführen des Katheters empfiehlt es sich auch, die Scheide mit in Lysol getränkter Watte sorgfältig auszuwischen. Im allgemeinen sind ja die Hunde gegen Blasenentzündungen nicht sehr empfindlich, doch zwingen natürlich stärkere Entzündungen, die mit Fieber und Blutungen einhergehen, zum Abbrechen des Versuches.

Bei anderen Tieren wendet man den Katheterismus meist nicht an. Meißl hat zwar versucht, Schweinen das Katheter einzuführen. Diese Tiere benahmen sich jedoch so ungebärdig und gerieten in eine solche Erregung, daß der Fehler, der hierdurch in den Versuch hineingetragen wurde, größer erschien, als der durch mangelhafte Harnabgrenzung bedingte.

Bei Kaninchen läßt sich der Katheterismus wohl ausführen. Beim Männchen ist die Harnröhre genügend weit, daß man einen dünnen Nélaton-Katheter von ca. 2 mm Durchmesser einführen kann. Für Weibchen benutzt man besser einen dünnen Metallkatheter von ähnlicher Form, wie sie für die weibliche Harnröhre der Menschen in Gebrauch ist.

Bei den großen Herbivoren werden sehr erhebliche Mengen Harns entleert, so daß eine geringe Verschiebung in den täglichen Ausscheidungen hier weniger ins Gewicht fällt. Um so mehr gleichen sich etwaige Fehler aus, als man ja schon aus anderen Gründen, wie oben auseinandergesetzt, genötigt ist, die Versuchsperioden sehr lang zu wählen.

Wenn es auf eine sehr genaue Abgrenzung des Harnes ankommt, ist auch der Umstand zu berücksichtigen, daß sich stets gewisse Mengen von Harnbestandteilen in der Niere und deren Ausführungsgängen, sowie im Blute befinden. Wissen wir doch durch die Untersuchungen von Picard<sup>1)</sup>, Gréhant<sup>2)</sup> und anderen, daß der Harnstoffgehalt des Blutes ziemlich erhebliche Schwankungen erfährt. Die Bedeutung dieser Momente läßt sich beim regelmäßig genährten Menschen dadurch dartun, daß man größere Mengen Wasser zu trinken gibt. Danach steigt die stündliche Harnstoffausscheidung recht erheblich, um nach Beendigung der durch die Flüssigkeitszufuhr bedingten Harnflut wieder ebensoviel unter den Durchschnittswert zu sinken. Es wird also durch die Flüssigkeitszufuhr, wie besonders die Versuche von Oppenheim<sup>3)</sup> und von Neumann<sup>4)</sup> sicher gelehrt haben, nur der vorhandene Vorrat von harnfähigen Stoffen ausgespült, während der Stoffwechsel selbst unbeeinflusst bleibt. Wir haben daher in der Verabreichung größerer Wassermengen am Schlusse jeder Versuchsperiode ein ausgezeichnetes Mittel zur schärferen Abgrenzung der dieser Periode zugehörigen Stoffwechselprodukte. Hierdurch werden die Fehler, welche sonst durch ungleiche Wasseraufnahme

1) Picard, De la présence de l'urée dans le sang etc. Straßburg 1856.

2) Gréhant, Journ. d. l'anat. et d. l. physiol. 1870—71, S. 318.

3) Oppenheim: Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Harnstoffausscheidung. Pflügers Archiv Bd. 23, 1880, S. 446.

4) O. Naumann: Der Einfluß größerer Wassermengen auf die Stickstoffausscheidung beim Menschen. Archiv f. Hygiene Bd. 36, S. 248, 1899.

des Versuchsindividuums erzeugt werden, und ebenso diejenige durch Unvollkommenheit der Harnentleerung beseitigt. Man kann diese Methode auch bei Hunden, welche nicht katheterisierbar sind, anwenden, indem man etwa 2 Stunden vor Schluß der Versuchsperiode eine große Wassermenge mittels Schlundsonde eingeißt.

### Die Ernährung beim Stoffwechselversuch.

Für die Ernährung beim Stoffwechselversuch sind eine Reihe von Forderungen zu erfüllen.

1. Das Ernährungsmaterial muß gleichmäßig zusammengesetzt sein und der Analyse keine zu großen Schwierigkeiten bereiten.

2. Die Ernährung muß einfach sein, um dem Experimentator keine zu erheblichen Analysenarbeiten aufzuerlegen, darf aber andererseits nicht so einförmig zusammengesetzt sein, daß während der Dauer des Versuches der Appetit leidet.

3. Die Ernährung muß ausreichend bzw. der speziellen Fragestellung des Versuches angepaßt sein.

Man wird von dem sub 1 genannten Gesichtspunkte aus solche Nahrung bevorzugen, welche sich lange Zeit in unverändertem Zustande erhält. Für den Menschen kommen hier in Betracht die verschiedenen Getreidearten und deren Mehle. Besonders sind Reis und die verschiedenen Suppenmehle, weil sie viel Abwechslung in den Geschmack bringen, sehr zu empfehlen, sowie Nudeln. Bei diesen Substanzen kommt es nur darauf an, die Fehler, welche durch ihre hygroskopische Beschaffenheit entstehen könnten, zu vermeiden. Man hat dies dadurch erreicht, daß man wiederholt während des Versuches den Wassergehalt dieser Nahrungsmittel bestimmte. Einfacher ist es, gleich zu Beginn der Versuchsreihe soviel Portionen, wie voraussichtlich gebraucht werden, von dem Vorrat abzuwiegen und in geeigneten Gefäßen aufzubewahren. Ähnlich empfiehlt es sich, bei Versuchen an größeren Pflanzenfressern das Heu in gehäckseltem Zustande zu verwenden und auch hiervon die Tagesrationen für die ganze Versuchsreihe abzuwiegen und in Beuteln luftig aufzuheben.

Das gewöhnliche Brot eignet sich wegen der Schwierigkeit der Konservierung sehr wenig zu längeren Stoffwechselversuchen. In neuerer Zeit wird geschnittener Pumpernickel in Büchsen konserviert von einigen Fabriken geliefert. Wenn man ein solches Präparat von zweifellos demselben Ausgangsmaterial sich verschafft, kann es im Stoffwechselversuche verwandt werden, soweit man Brot von so schlechter Ausnutzung, wie es Pumpernickel ist, überhaupt benutzen will. Bei anderen Broten bedingt, abgesehen von der schlechten Haltbarkeit, die sehr wechselnde Zusammensetzung aus Krume und Kruste so wesentliche Differenzen, daß man von ihrer Verwendung absehen muß. Wenn der Versuchsplan die Notwendigkeit der Aufnahme von Brot bedingt, ist es das beste, dasselbe selbst aus den gewogenen Ingredienzien zu bereiten, so daß man mit Genauigkeit bestimmen kann, wieviel Mehl, Zucker, Salz etc. in der Tagesportion enthalten ist. Die kleinen, mit Gas geheizten, zu Untersuchungen von Backwaren benutzten Backöfchen können zu derartiger Brotbereitung bequem verwendet werden. In den meisten Fällen wird man zweckmäßig als Brotersatz Cakes und



Zwieback verwenden. Im Laboratorium von Tigerstedt wurde vielfach das schwedische Knäckebröt benutzt. Wir verwandten von einer größeren Firma bezogene Cakes, die man nach Geschmack aussuchen, und bei denen man erfahrungsgemäß auf eine außerordentlich gleichmäßige Zusammensetzung rechnen kann.

Als Gemüse eignen sich zu Stoffwechselversuchen nur die verschiedenen Formen von Dörrgemüsen. Die Zubereitung macht insofern etwas Mühe, als das Gemüse vor dem Kochen ziemlich lange geweicht werden muß. Jedes zu verwendende Gemüse muß vorher in bezug auf seinen Geschmack geprüft sein. Man macht in der Hinsicht oft unangenehme Erfahrungen. Besonders empfehlen möchten wir Kartoffelflocken, Schoten, Schneidebohnen, Mohrrüben. Zu vermeiden sind wegen der Schwierigkeit der Analyse nicht nur, sondern auch wegen der wechselnden Mengen von Abfällen die verschiedenen Obstarten. Als guter Ersatz derselben bieten sich uns konservierte Fruchtsäfte und Marmeladen. Bei den letzteren hat man aber auf gute Durchmischung des Materials zu achten.

Auch Schokolade ist wegen ihrer Haltbarkeit und gleichmäßigen Zusammensetzung gut zu benutzen. Man wird nur daran denken müssen, daß sie ziemliche Mengen unverdaulichen Stickstoffs enthält.

Von animalischen Produkten hat man vielfach mit gutem Erfolg die im Handel befindlichen Dauerwaren, Wurst, Schinken, benutzt. Bei Verwendung von Schinken bedarf es großer Sorgfalt in der Entfernung von Fettpartikelchen und der Vermeidung der stärker getrockneten Randschichten. Würste liefern im allgemeinen bessere Resultate, wenn man nur die hier ziemlich große Gefahr des Austrocknens vermeidet. Ein sehr gleichmäßiges Fleischpräparat, das auch wegen seiner appetitanregenden Wirkung empfehlenswert ist, stellen die Gänseleberpasteten und ähnliche Präparate dar. Auch hier muß natürlich für die ganze Versuchsreihe ein einheitlich gemischtes Ausgangsmaterial verwandt werden. Die Hauptmasse des Bedarfs an Fleisch deckt man zweckmäßig mit gehacktem Material, das man des höheren Wohlgeschmacks wegen aus Rindfleisch (etwa 2 Teile) und Schweinefleisch (etwa 1 Teil) mischt. Von der sorgfältig durchgearbeiteten Masse wiegt man die Tagesportionen ab, brät sie mit genau abgewogenen Mengen guter Butter und bringt sie in Konservenbüchsen, welche sofort sterilisiert werden. Auch die im Handel befindlichen Rexschen respektive Weckschen Konservengläser, deren Deckel mit Gummiringen aufgedichtet werden, eignen sich vorzüglich für diesen Zweck. Zum Genuß wird das Fleisch, wenn man es warm genießen will, mit der Konservenbüchse in einem Wasserbade erwärmt.

Eier eignen sich wenig zu Stoffwechselversuchen, da sie, auch wenn man sie vom selben Hühnerhofe bezieht, Unterschiede in der Zusammensetzung aufweisen. Es gibt käufliche, pulverförmig getrocknete Eidotterpräparate von ziemlich gutem Geschmack, die als Ersatz frischer Eier verwertet werden können.

Milch verwenden wir am liebsten so, daß wir von einer größeren Menge die Tagesportionen in Flaschen abfüllen und bei 102° sterilisieren. Man kann auch die käufliche kondensierte Milch benutzen.

Butter ist nur als sogenanntes Schmalz oder nach sehr reichlichem Salzzusatz längere Zeit haltbar. Will man auf frische Butter nicht verzichten,

so sind von jeder Portion gesonderte Analysen notwendig, da namentlich der Wassergehalt recht erheblich variiert.

Von Käsen eignen sich am besten die pulverförmigen (etwa Parmesankäse), von denen man die Tagesportionen auf einmal abwägt und in geschlossenen Büchsen aufhebt. Trockene Käsearten (Schweizer, Chester) können auch in Stücken verwandt werden, wenn man dieselben möglichst von der Luft abgesperrt aufbewahrt.

Die verschiedenen alkoholischen Getränke bereiten bei ihrer Haltbarkeit und leichten Abmeßbarkeit dort, wo sie verwandt werden sollen, keine Schwierigkeiten.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß uns eine genügende Mannigfaltigkeit an Speisen für den Versuch am Menschen zur Verfügung steht, um Störungen des Appetits durch Monotonie der Kost zu vermeiden. Natürlich mindert sich die analytische Arbeit, und es wächst die Genauigkeit des Versuches, je mehr man den Speisezettel beschränkt. Es bedarf wohl nicht der Erwähnung, daß die Kost um so einfacher gewählt werden kann, je kürzer der Versuch ist. Eine so große Mannigfaltigkeit, wie sie Atwater und Benedict, sowie Chittenden gewählt haben, scheint uns in jedem Falle vermeidbar.

Als Appetitanregungsmittel haben sich uns besonders Senf, Fleischextrakt und Maggibouillon bewährt.

Besondere Schwierigkeiten bereitet die Analyse der Nahrung des Säuglings, wenn derselbe Muttermilch erhalten soll. Die im Verlaufe eines Saugaktes entleerte Milch ist bekanntlich von sehr wechselnder Zusammensetzung. Man kann die dadurch bedingten Unsicherheiten umgehen, wenn man die Milch der Mutter absaugt und sie dem Jungen mittels der Saugflasche verabreicht, nachdem man eine Durchschnittsprobe zur Analyse genommen hat. Andererseits kann man auch das Trinken des Jungen von Zeit zu Zeit unterbrechen und kleine Proben aus der Milchdrüse entnehmen, so daß man in dem Analysenmaterial Milch aus den einzelnen Phasen des Saugaktes besitzt. Die Menge der aufgenommenen Milch wird durch Wägen des Säuglings vor und nach der Nahrungsaufnahme festgestellt. Nimmt man in der eben gekennzeichneten Weise Einzelproben, so erhält man die größtmögliche Genauigkeit, wenn man nach jeder Probeentnahme eine Wägung vornimmt und der Größe der einzelnen Milchaufnahme entsprechend aliquote Teile der abgemelkten Milch zur Analysenprobe verwendet.

Bei Tieren, die, wie z. B. Schweine, sich schwer melken lassen, kann man nach dem Vorgange von Zuntz bei den Jungen Ösophagusfisteln anlegen, die bei der „Scheinfütterung“ freilich mit Speichel vermischt, abfließende Milch quantitativ auffangen und analysieren.

Bei Versuchen an Fleischfressern kann man die Nahrung in derselben Weise konservieren, wie wir dies für den Stoffwechselversuch am Menschen besprochen haben. Hier sind aber auch die besseren Sorten des Fleischmehls, wie sie sich im Handel als Viehfutter finden, verwendbar, besonders wenn man gemischte Kost gibt, also das Fleischmehl mit Reis und Fett zusammen kocht. In längeren Versuchsreihen muß nur der Salzarmut des Fleischmehls Rechnung getragen werden. (Vergl. S. 50.)

Beachtung muß man, besonders bei Hunden und Katzen, auch der Konsistenz der Nahrung zuwenden. Dieselbe soll nicht allzu dünnbreiig

sein. Wenn es der Versuchsplan gestattet, ist es empfehlenswert, den Tieren entweder täglich oder in gewissen Zwischenräumen (bei der Abgrenzung der verschiedenen Versuchsperioden) kleine Mengen Knochen zu verabreichen (vgl. S. 40). Abgesehen von den Knochen eignet sich zur Anregung des Appetits bei Hunden besonders Fleischextrakt, aber auch Zucker, falls das Tier an dessen Aufnahme gewöhnt ist. Schlecht schmeckende Substanzen werden leicht in Hackfleisch oder auch in Gelatinekapseln eingehüllt verschluckt. Wenn das nicht angeht, gibt man sie durch die Schlundsonde und läßt wo möglich unmittelbar nachher, um das Erbrechen zu verhüten, Fleisch oder andere wohlschmeckende Substanzen fressen.

Besondere Sorgfalt ist der Vermeidung von Resten zuzuwenden. Die Konservenbüchsen müssen aufs sorgfältigste ausgekratzt werden. Bleiben Reste zurück, so genügt es in der Regel nicht, dieselben zurückzuwiegen, vielmehr müssen sie in Hinsicht auf die wichtigsten Bestandteile (Stickstoff und Brennwert) analysiert werden.

Dasselbe gilt vom Rauhfutter bei den Pflanzenfressern, da hier die Reste meist sehr erheblich von der durchschnittlichen Zusammensetzung des Futters abweichen. Häufig gelingt es, solche Reste fein zerschnitten mit dem Futter des nächsten Tages zur Aufnahme zu bringen.

Bei Hunden kommt Erbrechen nach hastiger Nahrungsaufnahme sehr häufig vor, und die Tiere fressen das Erbrochene, wenn es ihnen zugänglich bleibt, meist verlustlos wieder auf. Wo daher Erbrechen zu befürchten ist, sollte man die Hunde einige Zeit nach der Nahrungsaufnahme außerhalb des Stoffwechselkäfigs unter Beobachtung halten, damit nicht das Erbrochene durch die Stäbe des Stoffwechselkäfigs hindurchfällt.

Bei Versuchen an Fleischfressern ist es im allgemeinen üblich, die Tagesrationen in einer Mahlzeit zu geben. Das hat den Vorteil, daß am Schluß der 24stündigen Periode die Verdauung und die Ausscheidung der stickstoffhaltigen Produkte abgeschlossen ist. Bei Substanzen, welche den Darm stärker reizen oder deren Volumen besonders groß ist, muß man aber die Tagesportionen auf mehrere Mahlzeiten verteilen.

Der Begriff „ausreichende Ernährung“ endlich besagt nicht nur, daß eine genügende Menge an Eiweiß in der Nahrung vorhanden ist, daß der Brennwert genügend ist, um die Ausgaben des Tieres zu decken, er verlangt auch, daß in der Gesamtzusammensetzung die einzelnen Bestandteile der Nahrung derartig gemischt sind, wie es dem Wohlbefinden des Tieres entspricht. Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, daß uns die spezielle Fragestellung häufig zwingt, gerade von dieser Forderung Abstand zu nehmen.

Ganz besonders muß man sein Augenmerk in dieser Beziehung auch darauf richten, daß dem betreffenden Versuchstier die Aschenbestandteile, deren es zur Ernährung bedarf, in genügendem Maße zugeführt werden. Wir haben hierbei gar nicht die schweren Schädigungen der Gesundheit im Auge, wie sie zum Beispiel von Aron<sup>1)</sup> an kalkarm ernährten jungen Hunden nachgewiesen sind. Hier sind Ursache und Wirkung so manifest,

1) H. Aron und R. Sebauer, Untersuchungen über die Bedeutung der Kalksalze für den wachsenden Organismus. Biochem. Zeitschr. 1908, Bd. VIII, S. 1.

daß sie einem sorgfältigen Experimentator kaum entgehen können. Viel wichtiger sind die geringeren Störungen des Stoffwechsels, die auf mangelhafte oder unzweckmäßige Mineralzufuhr zurückzuführen sind, wie Appetitlosigkeit und schlechte Resorption der Nahrung. Das Fleisch enthält nur minimale und für den Bedarf selbst eines erwachsenen Tieres nicht ausreichende Kalkmengen. Unter natürlichen Bedingungen verschafft sich der Hund das Fehlende durch den Genuß von Knochen. Wenn wir die Stoffwechselperioden durch Knochenfütterungen abgrenzen, ist hierdurch dem Salzbedürfnis des Tieres genügt. Wenn wir eine besonders aschenarme Nahrung, z. B. ausgekochtes Fleisch oder Fleischmehle verfüttern, empfiehlt es sich, eine Salzmischung von der ungefähren Zusammensetzung der normalen Fleischasche unter Zufügung von etwas basisch kohlensaurem Kalk der täglichen Nahrung zuzumischen. Es werden hierdurch manche Verdauungsstörungen vermieden. Wir benutzen folgendes Rezept für die Zubereitung der Salzmischung, von der etwa eine Messerspitze täglich verabreicht wird:

$\text{PO}_4\text{K}_2\text{H}$	. . . . .	45 %
$\text{PO}_4\text{MgH}$	. . . . .	20 %
$\text{ClNa}$	. . . . .	10 %
$\text{CaCO}_3$	. . . . .	24 %
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	. . . . .	1 %
		<hr/> 100 %

Besonders wichtig ist die Salzzufuhr auch bei den Herbivoren, deren Nahrung an Kalisalzen sehr reich, dagegen arm an Natronsalzen ist. Hier empfiehlt es sich, Kochsalz in Form von Lecksteinen zu verwenden.

Außerordentlich erleichtert wird die Anstellung von Stoffwechselversuchen, wenn man von vornherein das zur Erhaltung des Tieres auf seinem Bestande nötige Futterquantum verwendet. In bezug auf den N-Gehalt des Futters ist ein großer, je nach den speziellen Bedürfnissen des Versuches wechselnder Spielraum gestattet, wenn nur das Minimum von etwa 0,3 g N pro Kilo bei Hunden, 0,2 g bei Menschen, 0,1 g bei großen Herbivoren gewahrt bleibt. Der zur Erhaltung nötige Energiebedarf variiert zwar nicht unerheblich je nach der Lebhaftigkeit des Tieres, er geht aber doch sehr annähernd der Körperoberfläche proportional, das heißt, er berechnet sich nicht aus dem Körpergewicht, sondern aus dem Quadrat der 3. Wurzel dieses Gewichtes. Wenn wir das Gewicht des Tieres mit  $p$  bezeichnen, dann ist der Verbrauch eines beliebigen Tieres dividiert durch  $p^{2/3}$  im Zustande absoluter Ruhe nach den Respirationsversuchen von Zuntz und seinen Mitarbeitern = 90–100 Kal. Dieser Verbrauch erfährt natürlich eine Steigerung durch die Bewegungen des Tieres und durch die Verdauungsarbeit. Für ein nicht zu eiweißreiches Erhaltungsfutter können wir den wirklichen Verbrauch eines im Käfig bei behaglicher Wärme gehaltenen Hundes zu 120 Kal. für die der Oberflächeneinheit entsprechende Tiermasse veranschlagen. Wir können daher für ein beliebiges Tier vom Gewichte  $p$  den Erhaltungsverbrauch berechnen, indem wir  $p^{2/3}$  mit 120 multiplizieren. Wir verfügen über eine genügende Anzahl von Versuchen, welche die Richtigkeit dieser Rechnungsweise bestätigen haben.

Diese Berechnungsweise ergibt auch für den Menschen einigermaßen verwendbare Werte. Natürlich haben dieselben nur dann Gültigkeit, wenn irgendwie erhebliche körperliche Arbeit nicht geleistet wird, denn durch diesen Faktor wird ja der Stoffwechsel des Organismus enorm gesteigert. Diese Steigerung des Energieverbrauchs und die dadurch notwendige Erhöhung der Nahrungszufuhr ist in allen den Fällen leicht in Rechnung zu stellen, in denen die Versuchsobjekte sich abgesehen von der Zeit, in der sie meßbare Arbeit leisten, ruhig verhalten. Dies erreichen wir bei Tieren, indem wir dieselben während der Ruhestunden in verhältnismäßig engen Stoffwechselkäfigen halten, und dadurch während dieser Zeit für eine geringe Regsamkeit des Tieres sorgen, während wir die Arbeit an einem der Apparate leisten lassen, die uns eine quantitative Messung derselben gestatten. Es ist daher z. B. bei derartigen Versuchen an Hunden vorzuziehen, die oben beschriebenen Stoffwechselkäfige aus Holz zu benutzen, in denen die Tiere außerhalb der Arbeitszeit sich meist sehr ruhig verhalten, da ihre Aufmerksamkeit durch Vorgänge in ihrer Umgebung wenig erregt wird. Viel schwieriger sind diese Bedingungen bei den großen Herbivoren zu erfüllen, da eine Belästigung durch Insekten etc. und dadurch bedingte Unruhe und Abwehrbewegungen der Tiere nur schwer zu vermeiden ist. Doch gelingt dies, wenn man Türen und Fenster des Stalles sorgfältig geschlossen hält, die notwendige Ventilation durch Einsetzen von Gazerahmen in Tür- und Fensteröffnungen bewirkt und reichlich Fliegenleim und ähnliche Hilfsmittel anwendet. Von zu beachtenden Momenten spielt ferner die Temperatur eine große Rolle, da bei zu niedriger Temperatur durch die chemische Wärmeregulation, bei zu hoher durch die physikalische eine Steigerung des Stoffwechsels bedingt wird. Die indifferente Temperatur liegt um so niedriger, je größer das Tier ist. Für Kaninchen und kleine Hunde liegt sie nach Rubner<sup>1)</sup> bei 30° C., für Rinder<sup>2)</sup> und Pferde<sup>3)</sup> bei etwa 15° C., für den Menschen hängt sie natürlich von der Art der Kleidung ab. Man benutzt zweckmäßig die in neuerer Zeit recht vollkommen von der Technik gelieferten Gasöfen mit Temperaturregulator zur Heizung des Versuchsaumes. Vollkommene Konstanz der Temperatur desselben erzielte Rubner, indem er die Tiere in sein Kalorimeter verbrachte.

Ferner wird sich die Größe des Stoffwechsels abhängig erweisen von dem Temperament der Tierart sowohl wie des einzelnen Individuums. Es wird daher z. B., gleiche Stärke der Störung vorausgesetzt, die Steigerung erheblicher sein bei dem lebhaften Pferde als bei dem ruhigen Rinde. So fand sich bei einem Pferde, welches im Respirationskasten des Pettenkofferschen Apparates von einigen Fliegen beunruhigt wurde, eine Steigerung des Stoffumsatzes um 10,8 % des Normalwertes<sup>4)</sup>. Noch schwerer ist es, beim Menschen den Mehrverbrauch zu schätzen, den die gewöhn-

1) Rubner, Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung. Leipzig u. Wien 1902 S. 315 ff.

2) Henneberg und Stohmann, Neue Beiträge zur rationellen Fütterung.

3) Zuntz und Hagemann, Stoffwechsel des Pferdes. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Bd. XXVII, 1898, Ergänzungsband III, S. 266.

4) Zuntz, Hagemann und Lehmann, Landwirtschaftl. Jahrbücher Vol. XXIII, S. 161.



liche Tätigkeit bedingt. Nicht nur ist die Gesamtarbeitsleistung auch bei anscheinend sehr ähnlicher Tätigkeit eine sehr wechselnde, auch das Temperament des betreffenden Menschen spielt hier augenscheinlich eine ausschlaggebende Rolle<sup>1)</sup>. Man kann demnach in derartigen Fällen eine Nahrungszufuhr, die die Bedürfnisse der Versuchsperson deckt, von vornherein häufig nur schwer mit Sicherheit angeben. Dies ist ja einer der Gründe, weshalb eine Vorperiode unbedingt notwendig ist, in der man eine etwaige Korrektur der Nahrungszufuhr vornehmen kann. Zu reichliche oder zu geringe Nahrungszufuhr braucht natürlich nicht den Versuch illusorisch zu machen, immerhin erschwert sie häufig die Deutung der gewonnenen Versuchsergebnisse.

Man hat, um die ungefähre Größe der schwer meßbaren Arbeit festzustellen, die Versuchspersonen mit einem Schrittmesser versehen. Doch sind diese Instrumente sehr wechselnd in ihrer Empfindlichkeit. Auch ist ja der Mehrverbrauch für Stehen und Bewegung der oberen Extremitäten oft ein recht erheblicher. Man hat daher den Schrittmesser nur als unvollkommenes Hilfsmittel anzusehen.

Um so genauer können wir bei Regelung der Nahrungszufuhr die Arbeit in Rechnung stellen, welche wir zu messen imstande sind. Als solche Arbeit eignet sich am besten das Gehen. Zur Abschätzung des Verbrauches hierfür kommen für den Menschen folgende Zahlen in Betracht:

Die mechanische Arbeitseinheit, 1 mkg, erfordert unter günstigen Arbeitsbedingungen etwa 7,5–8 kal. Ein Mensch, der mit Kleidern 80 kg wiegt, würde also, wenn er auf bequemer Straße 100 m hoch steigt, außer dem Verbrauch, welchen der zurückgelegte Weg, falls er eben wäre, erfordern würde, noch  $80 \times 100 \times 7,5 \text{ kal.} = 60 \text{ Kal.}$  an chemischer Energie brauchen.

Der Gang auf horizontaler Straße erfordert, je nachdem das Individuum mehr oder weniger geschickt marschiert<sup>2)</sup>, 500–600 kal. pro Kilogramm und 1000 m. Ein Mensch von 80 kg Gewicht würde also für 1000 m etwa  $80 \times 0,55 = 44 \text{ Kal.}$  brauchen, oder bei 75 m Minutengeschwindigkeit in jeder Minute 3,3 Kal., das ist etwa das Zweieinhalbfache des Verbrauchs in absoluter Ruhe. Wenn die Straße 10 % Steigung hat, ist die Gesamtsteigerung des Verbrauchs für 1000 m Weg  $44 + 60 = 104 \text{ Kal.}$ , oder bei der vorher angenommenen Geschwindigkeit  $\frac{104 \times 75}{1000} = 7,8 \text{ Kal. pro Minute, 468 Kal. pro Stunde}$ ; dies ist etwa die Grenze dessen, was ein mittelkräftiger Mensch längere Zeit leisten kann.

Mit wachsender Geschwindigkeit bis zu 100 m in der Minute wächst der Verbrauch pro 1 kg und 1000 m Weg um 2,4 kal. für 1 Meter Geschwindigkeitszuwachs; über 100 m in noch stärkerem Verhältnisse.

Ebenso wie für die Geharbeit besitzen wir durch die Untersuchungen von Leo Zuntz<sup>3)</sup> ausreichende Unterlagen zur Verwendung des Radfahrens zum Zwecke einer genau dosierbaren Stoffwechselsteigerung.

1) Vgl. Loewy u. Fr. Müller, Beiträge zum Stoff- und Energieumsatz des Menschen. Archiv für (Anat. u.) Physiol. 1901, S. 316.

2) Jedes mechanische Hindernis, jede Schmerzhaftigkeit im Bereich der Muskeln, Sehnen, Gelenke, andererseits leichte Koordinationsstörungen (beginnende Tabes) erhöhen den Stoffverbrauch beim Gehen sehr erheblich.

3) L. Zuntz, Über den Gaswechsel und Energieumsatz des Radfahrers. Verlag Hirschwald, Berlin 1899.



oben besprochenen Dynamometer, als die gesamten Muskelgruppen der Hand dabei in einer Form betätigt werden, die den physiologischen Verhältnissen wohl entspricht, vorausgesetzt, daß man den mit Quecksilber gefüllten Ballon der Größe der Hand anpaßt.

Auch in anderer Hinsicht leistet er wesentlich mehr als die anderen Dynamometer. Er eignet sich weit besser als diese zum Studium von Fragen der Leistungsfähigkeit bei verschiedener Ernährung, der Ermüdung, Erholung, Arznei- und Giftwirkung usw. Er gestattet nämlich in der abgebildeten Form eine Wiederholung der Kompression in beliebigem Tempo oder auch ein Andauern der Kompression bis zur Erschöpfung (statische Arbeit).

Der klassische Apparat zum Studium derartiger Fragen ist der Ergograph von Mosso<sup>1)</sup>, von dem zahlreiche Modifikationen benutzt werden. Als arbeitenden Muskel wählte Mosso den flexor digiti III. Der Arm wird auf einer Unterlage so fest fixiert, daß die übrigen Muskeln der Hand und des Unterarms den ermüdenden Beuger des Mittelfingers nicht unterstützen können. (Fig. 34—36.)

Dies wird erreicht durch zwei Hohlschienen (Fig. 34 C und D), welche das Handgelenk von beiden Seiten umgreifen, und durch zwei Fingerhülsen (E, F), die den Zeigefinger und Ringfinger fixieren. Zur weiteren Sicherung der Lage des Armes dienen ähnliche unterhalb des Ellenbogens angebrachte Hohlschienen und bei einem neuen, von Zimmermann konstruierten Apparat außerdem noch ein Halter, welcher von hinten gegen die Rückseite des Oberarmes angedrückt wird, so daß der Vorderarm zwischen diesem Halter und den Zylindern, welche Ring- und Zeigefinger umfassen, vollkommen unverrückbar festgehalten wird. Figur 36 zeigt das Wesentliche der von Zimmermann ausgeführten Verbesserungen, wobei noch darauf hingewiesen sei, daß die Fingerhülsen der Länge und Größe nach verstellbar sind. Die Kontraktionen des Mittelfingers werden entweder als einzelne Er-

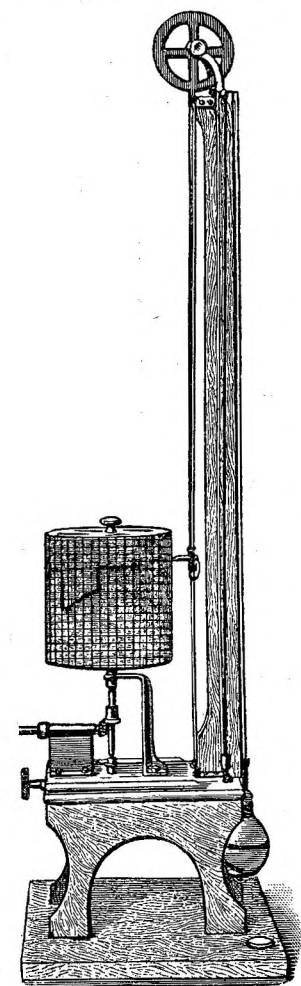


Fig. 33.

Dynamometer nach Henry.

hebungen auf einem langsam rotierenden Kymographion registriert oder auf einer besonderen Schreibplatte, welche bei jedem Hub um ein gleiches Stück vorwärts geschoben wird. Auf diese Weise kommt die sogenannte Ermüdungskurve zustande, von der Figur 37 ein Beispiel ist. Um

1) Mosso, Über die Gesetze der Ermüdung. Archiv f. (Anat. u.) Physiol. 1890, S. 89 und: Die Ermüdung. Aus dem Italienischen übersetzt von J. Glinzer, Leipzig 1892.

die Gesamtleistung des Fingers bis zur totalen Ermüdung zu summieren, bedient man sich auch eines Bandmaßes, welches bei jeder Verkürzung des

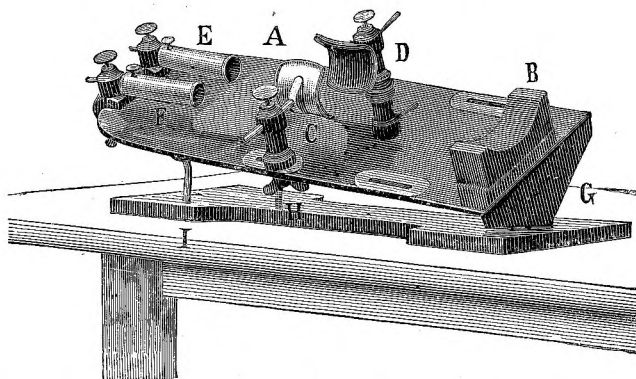


Fig. 34.

Fixationsvorrichtung für Arm und Finger beim Ergographen Mossos.

Fingers durch den Schreibschlitten mitgenommen wird, während dieser bei seiner Rückkehr in die Ruhelage am Band vorbeigleitet<sup>1)</sup>.

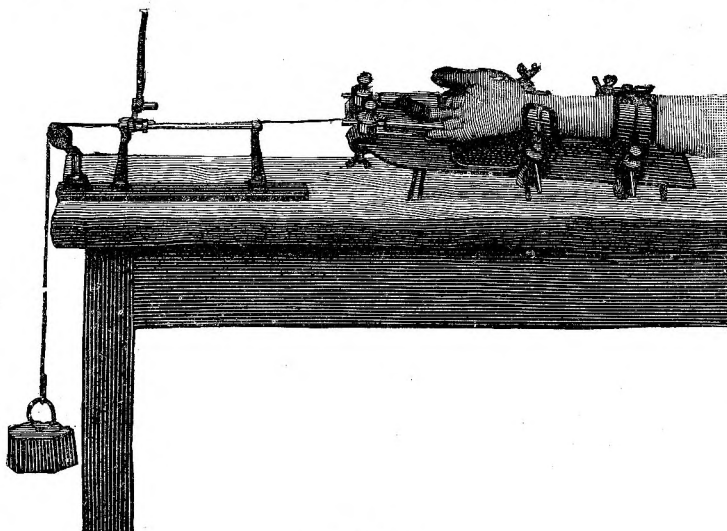


Fig. 35.

Mossos Ergograph. Totalansicht.

Von den anderen zahlreichen Modifikationen des von Mosso angegebenen Prinzips sei noch der Apparat von Dubois<sup>2)</sup> erwähnt, bei welchem der Zeigefinger die Arbeit ausführt, und die übrigen Finger dadurch festgelegt

1) Schumburg, Deutsche militärärztliche Zeitschrift 76 und Zeitschrift für diätetische und physikalische Therapie 1899, Bd. II, Heft 3.

2) Schnyder, Alkohol und Muskelarbeit. Pflügers Archiv, Bd. 93.

sind, daß sie einen Holzpflock umspannen (Fig. 38). Das Vorrücken der Schreibtafel (T) wird hier automatisch durch Eingreifen des Schalthebels x an der Zahnstange (Z) besorgt.

Schon vor Mosso hatte Fick<sup>1)</sup> einen sehr brauchbaren Apparat zum Studium der Arbeitsleistung eines einzelnen menschlichen Muskels beschrieben. Der arbeitende Muskel ist in diesem Falle der abductor indicis, welcher gegen einen federnden Metallstab wirkt, dessen Biegung registriert wird.

Fick benutzte den Apparat hauptsächlich zur Bestimmung der absoluten Muskelkraft und zum Vergleich der Leistung bei willkürlicher und durch elektrische Nervenreizung bewirkter Kontraktion. Der Apparat ist aber natürlich auch für alle Zwecke brauchbar, für die der Mossosche Ergograph dient. Eine billige und zweckmäßige Modifikation, welche sowohl

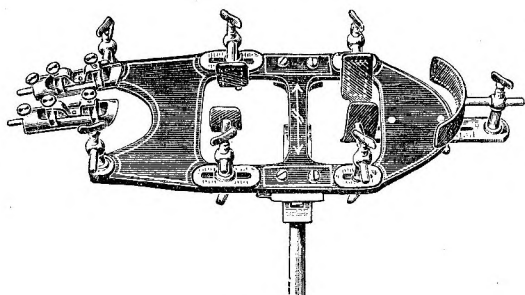


Fig. 36.

Fixierungsvorrichtung des von Zimmermann modifizierten Mossoschen Ergographen.

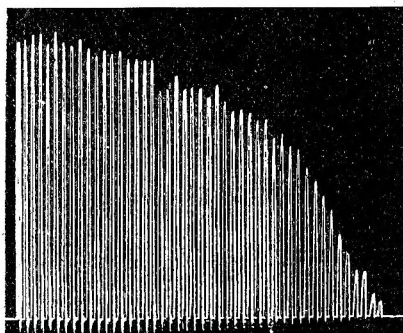


Fig. 37.

Ermüdungskurve.

isometrische wie isotonische Arbeit zu messen gestattet, wird von der Harvard-Apparatus-Company in Boston zum Preise von nur 1,5 Dollar geliefert. (Fig. 39.)

Den Übergang vom Ergographen zu den Instrumenten, bei denen erhebliche Muskelarbeit geleistet wird, bildet der Arm-Ergograph von Treves<sup>2)</sup>.

Bei Stoffwechselversuchen kommt es häufig darauf an, größere Arbeitsmengen zu leisten. Unter vorwiegender Benutzung der oberen Extremitäten geschieht dies am einfachsten durch Drehung eines gebremsten Rades. Derartige Einrichtungen werden häufig zu Heilzwecken als Übungsapparate verwandt. Hierbei sind natürlich nicht so genaue Messungen der geleisteten Arbeit erforderlich wie bei der Lösung physiologischer Aufgaben. Das einfachste Modell derartiger Apparate ist wohl der Gärtnersche Ergostat. Derselbe stellt ein durch eine Kurbel drehbares Bremsrad dar; das Rad ist von einem Metallbande umgriffen, das mittels einer Reihe von Holzklötzen die nötige Reibung besorgt; die Spannung dieses Bremsbandes wird durch ein auf einer Schiene verstellbares Gewicht geregelt. Die Schiene

1) Fick, Myographische Versuche an lebenden Menschen. Pflügers Archiv Bd. 41, S. 176, 1887.

2) Archives italiennes de biologie Bd. XXX, S. 1.



trägt eine Teilung, welche die Arbeit pro Umdrehung direkt in Meterkilogrammen angibt; die Zahl der Umdrehungen wird durch einen Tourenzähler registriert. Doch sind die Angaben des Instrumentes mit einem Fehler von

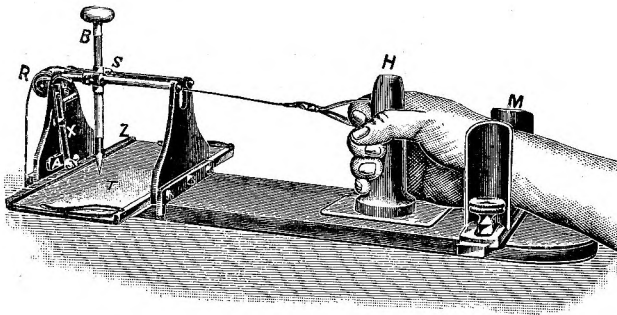


Fig. 38.  
Ergograph nach Dubois.

25—30 % behaftet, und man muß zu physiologischen Zwecken den Apparat genau eichen für eine stets gleichbleibende Spannung des Bremsbandes und Schnelligkeit der Umdrehung. Die Eichung kann entweder durch Messung der die Kurbel drehenden Kraft mittels einer Federwage geschehen, oder genauer dadurch, daß man auf der Achse des Bremsrades ein zweites Rad befestigt, um welches eine Schnur geschlungen ist, die so lange mit Gewichten belastet wird, bis das in Bewegung befindliche Rad durch den Zug derselben in gleichmäßiger Geschwindigkeit erhalten wird. Dann ist die Arbeit einer Umdrehung in Meterkilogrammen gleich dem fallenden Gewicht (in Kilogramm) multipliziert mit dem von ihm bei einer Umdrehung des Rades zurückgelegten Weg.

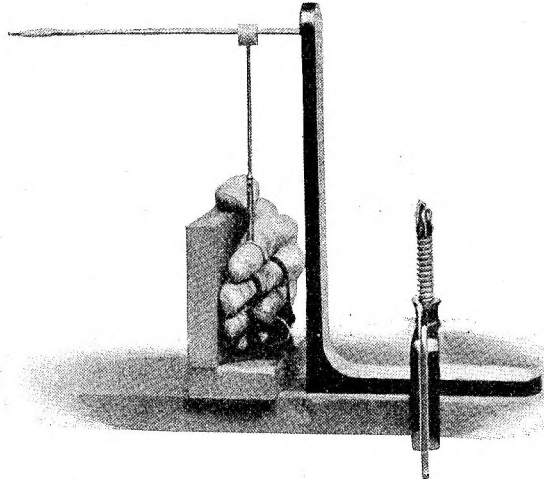


Fig. 39.  
Ergograph der Harvard-Apparatus-Company.

Die große Unsicherheit wird bei derartigen Apparaten dadurch bewirkt, daß die Größe der Reibung und damit der Arbeit je nach der Schmierung des Bremsbandes variiert. Sie wird geringer, wenn dieses sich im Laufe der Arbeit erwärmt.

Die Mängel des Gärtnerschen Apparates sind zuerst von Fick<sup>1)</sup> überwunden worden. Sein Apparat ist im wesentlichen folgender (Fig. 40):

Ein eisernes Rad R von etwa 16 cm Halbmesser und einem Kranz von 6 cm Breite kann mittels einer auf seiner Achse A stehenden Kurbel mit beiden Händen bequem gedreht werden. Um den Kranz des Rades ist ein Gurt G mit der bei S angeedeuteten Schnalle umgeschnallt.

In eine Öse O am frei herabhängenden Ende des Gurtes ist eine Feder F eingehängt, deren anderes Ende mittels eines Hakens H am Sockel der Maschine befestigt ist. Wenn das Rad in der Richtung des Pfeiles gedreht wird, nimmt die Reibung den Gurt mit, wodurch die Spiralfeder gedehnt wird, bis ihre Spannung der Reibung Gleichgewicht hält. Die Spannung der Feder in Kilogramm ausgedrückt gibt multipliziert mit dem Wege (in Metern), welchen irgend ein Punkt am Radkranz zurücklegt, die geleistete Arbeit in Meterkilogramm.

Man kann einen mit O durch einen Hebel verbundenen Zeichenstift auf einen von der Achse A bewegten Papierstreif das Diagramm der Arbeit schreiben lassen.

Der Apparat wurde von Tigerstedt bei Versuchen in seiner Respirationskammer benutzt.

Später hat Zuntz<sup>2)</sup> einen Apparat konstruiert, bei welchem automatisch dafür gesorgt wird, daß die Reibung des Bremsbandes konstant bleibt. Zur Bremsung dient ein das Rad umgebendes Metallband, welches sich in zwei horizontale Eisenbarren fortsetzt. Diese können durch eine Schraube s (Fig. 41) mehr oder weniger einander genähert, und dadurch die Spannung des Bremsbandes geändert werden. Das Ende der Eisenbarren trägt eine Wagschale, welche mit Gewichten

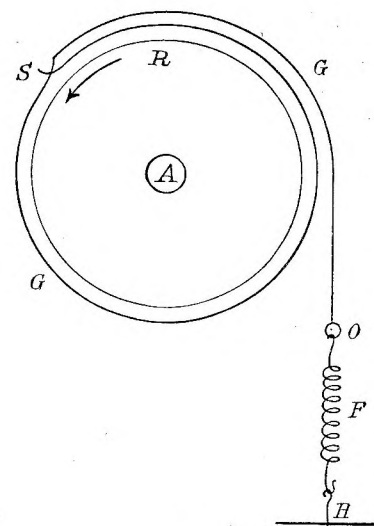


Fig. 40.

Dynamometer nach Fick. H. Haken, an dem die Feder F angebracht ist, deren Dehnung durch das Bremsband G die Arbeit mißt.

beliebig belastet werden kann. Wenn man dann die Schraube s so einstellt, daß das Gewicht bei der Umdrehung in horizontaler Stellung schwebend gehalten wird, so hält die Arbeit des Drehens dem Zuge des Gewichtes genau das Gleichgewicht. Die bei einer Umdrehung geleistete Arbeit ist also gleich dem Zuge des Gewichtes inklusive Wagschale und den dieselbe tragenden Eisenteilen, multipliziert mit dem Wege, welchen dieses Gewicht zurücklegen würde, wenn es die Umdrehung mitmachte. Nennen wir den Abstand der Wagschale von der Drehungsachse a, das ziehende Gewicht inklusive dem Moment der Eisenteile p, so ist die Arbeit einer Umdrehung =  $2ap\pi$ .

Das Moment der Eisenteile, welches vom Mechaniker auf dem Instru-

1) Ein zu physiologischen Untersuchungen verwendbares Dynamometer. Pflügers Archiv, Bd. 50, S. 189.

2) Archiv für (Anat. und) Physiol. 1899, Suppl., S. 39.

mente angegeben wird, läßt sich leicht kontrollieren, indem man an der Aufhängestelle der Wagschale eine Federwage anbringt und mit Hilfe dieser bei vollkommen entspannter Schraube  $s$  den Zug dieser Masse in Gramm bestimmt. Betrage nun dieser Zug  $1,8$  kg, und sei außerdem ein Gewicht von  $3$  kg auf die Wagschale aufgelegt, so würde  $p = 4,8$  kg sein. Wenn dann der Abstand des Aufhängepunktes der Wagschale von der Achse  $0,5$  m betrüge, so wäre die Gesamtarbeit einer Umdrehung  $2 \times 0,5 \times 4,8 \times 3,14 = 15,07$  mkg.

Um die, wie vorher erwähnt, unvermeidlichen Ungleichheiten der Reibung des Bremsbandes zu beseitigen, dient eine Vorrichtung, welche dieses stärker spannt, sobald das Gewicht unter die Horizontale sinkt, und es entspannt, wenn es über dieselbe steigt. Zu diesem Zwecke sind die beiden das Bremsband spannenden Eisenbarren nahe der Wagschale durch ein Wattisches Parallelogramm verbunden und werden durch eine an dieses Parallelogramm angreifende Eisenstange  $r$  gespreizt, wenn die Wagschale sinkt, und zusammengedrückt, wenn sie steigt. Da die Barren ihren Drehpunkt in der Schraube  $s$  haben, wird das Bremsband im entgegengesetzten Sinne verschoben, d. h., es wird stärker gespannt, wenn die Schale fällt, und entspannt, wenn sie steigt<sup>1)</sup>.

Eine sehr primitive, aber auch vielfach angewandte Art der Arbeit mit den oberen Extremitäten besteht in Hebung von Gewichten, gewöhnlich in der Art ausgeführt, daß man an dem einen Ende eines über eine Rolle laufenden Seiles ein Gewicht anbringt, am anderen Ende zieht. So einfach die Art der Berechnung der geleisteten Arbeit zu sein scheint, so unsicher ist sie in Wirklichkeit. Wenn man das gehobene Gewicht langsam sinken läßt, so wird auch während des Sinkens eine erhebliche Muskelarbeit durch Halten des Gewichtes ausgeführt. Ferner wird beim Heben des Gewichtes ein schwer zu bemessender Anteil desselben durch die Schwere des Armes, eventuell auch eines Teiles des Rumpfes äquilibriert. Die wirklich geleistete Arbeit kann also sehr viel geringer sein als das Produkt aus Gewicht und Hubhöhe.

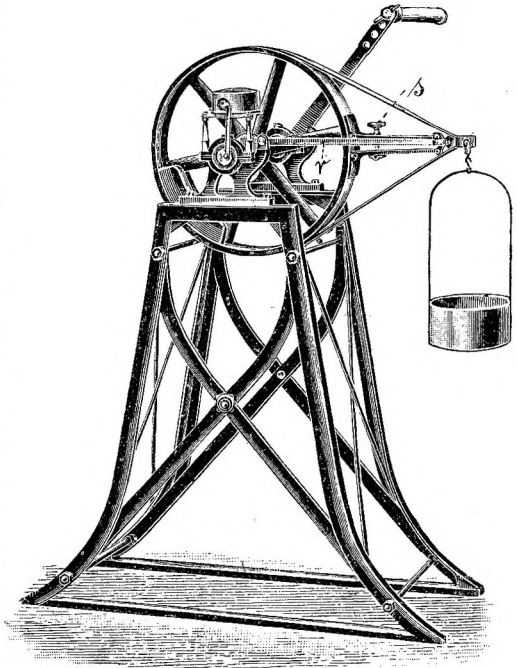


Fig. 41.  
Bremsergometer nach Zuntz.

<sup>1)</sup> Das Zuntzsche Bremsergometer ist durch den Mechaniker G. Voigt Berlin SW. Neuenburgerstr. 12 erhältlich.

Richtigere Resultate erhält man jedenfalls, wenn man Gewichte, etwa in Form von Hanteln, aus freier Hand hebt, und das Senken der Gewichte durch einen Gehilfen besorgen läßt.

Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit des menschlichen Körpers haben die Ingenieure mehrfach die Arbeit an der Ramme benutzt, bei der bekanntlich der Rammklotz durch eine Anzahl Menschen, die im Takt arbeiten, gehoben und dann freigelassen wird. Wo es gilt, für Stoffwechselversuche große Arbeitsleistungen von gut bekanntem Werte auszuführen, ist diese Methode recht empfehlenswert.

Wie beim Rammen, wird auch beim Rudern die Arbeit der Arme durch die des Rumpfes, und besonders beim Rudern auf Rollsitzen auch in erheblichem Maße durch die Beinmuskulatur unterstützt. Während aber bei der Rammarbeit die Arbeitsgröße selbst eine scharf präzisierte ist, besitzen wir beim Rudern keine Möglichkeit, die Arbeitsleistung auch nur einigermaßen genau in mechanischem Maße auszuwerten.

Dies gilt, wenn auch nicht in gleichem Umfange, für jene gymnastischen Apparate, in welchen der Widerstand des Wassers durch gespannte Federn ersetzt wird.

Der weitaus vollkommenste Apparat zur Leistung mannigfacher, genau dosierbarer und meßbarer Arbeit mit den oberen Extremitäten ist der von Johansson<sup>1)</sup> angegebene Arbeitsapparat, mit Hilfe dessen er und seine Schüler zahlreiche Untersuchungen über den Einfluß statischer und mechanischer Arbeit der oberen Extremitäten auf den Stoffwechsel ausgeführt haben. Wegen der Einzelheiten der Konstruktion des in Figur 42 dargestellten Apparates muß auf die Originalarbeit verwiesen werden. Hier wollen wir nur erwähnen, daß der Apparat die weitgehendsten Variationen in bezug auf Hubhöhe und Größe des zu hebenden Gewichtes gestattet, daß er ferner es ermöglicht, ausschließliche Hebung und ausschließliche Senkung des Gewichtes durch den Experimentator zu bewirken, während die Maschine die entgegengesetzte Wirkung selbsttätig leistet. Auch die Geschwindigkeit der Arbeitsleistung wird bei dem Apparat aufs genaueste kontrolliert. Ebenso ermöglicht derselbe, Gewichte eine beliebig lange Zeit durch Muskelkraft in der Schwebe zu halten. (Statische Arbeit.)

Die ältesten Einrichtungen zur Messung der Arbeit der unteren Extremitäten bei Versuchen, welche eine freie Ortsveränderung nicht gestatten, schließen sich an die Treträder an, die früher zur Bewegung von Maschinen benutzt wurden. Solche Treträder sind vielfach gebraucht worden, so von Hirn<sup>2)</sup> in seinen Untersuchungen über die Wärmeproduktion des arbeitenden Menschen, und von Voit<sup>3)</sup>. Chauveau<sup>4)</sup> hat nicht wie Hirn das Tretrad

1) Johansson, Skand. Archiv für Physiologie 1901, Bd. XI, S. 273 und Hygiea, Stockholm 1898, S. 1.

2) Recherches expérimentales sur l'équivalent de la chaleur. Kolmar 1858.

3) Voit, Untersuchungen über den Einfluß des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel. München 1860.

4) Chauveau, Le prolongement, chez le sujet alimenté du processus de dépense énergétique de l'état d'inanition, d'après les échanges respiratoires pendant le travail. Cinquantenaire de la société de Biologie. Paris 1899.

in den Respirationsapparat eingebaut, vielmehr das vollkommen verschließbare Rad selbst, in dessen Innern das Tier lief, als Atemkammer benutzt, und durch die Achse ventiliert. Eine solche Methode dürfte auch jetzt noch vorteilhaft verwendbar sein. Es ist nur nötig, daß der Durchmesser des Rades im Verhältnis zur Größe des Tieres recht erheblich sei, da sonst

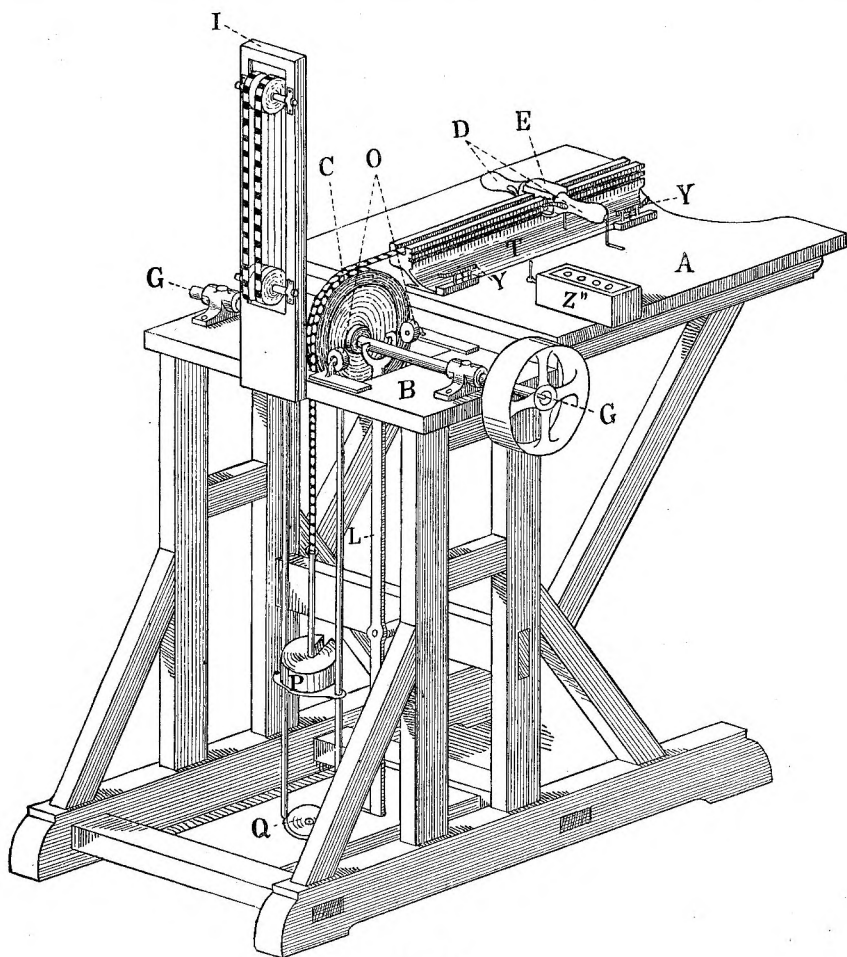


Fig. 42.

Arbeitsapparat nach Johansson.

das Tier nicht notwendig die volle Arbeit, welche dem Begehen der ganzen Peripherie des Rades entspricht, leistet.

Diese Ungenauigkeit in der Messung der Arbeit wird vermieden durch die in neuerer Zeit gebräuchliche Tretbahn, bei der das Tier oder der Mensch auf der oberen Fläche einer durch passende Räder in Spannung gehaltenen und angetriebenen Ellipse sich bewegt. Mit Hilfe einer solchen



Tretbahn lassen sich die verschiedenen Bewegungen ohne Ortsveränderung ausführen und ihrer Größe nach bestimmen. Der Antrieb der Tretbahn kann durch das Tier selbst hervorgerufen oder einer Maschine überlassen werden. Ferner sind die vollkommeneren Tretbahnen so eingerichtet, daß man ihnen eine beliebige Neigung gegen den Horizont geben kann. Nur wenn die Bahn durch einen Motor getrieben wird, ist freie Bewegung des Tieres in horizontaler Richtung oder bergab möglich. Der Gang auf einer durch einen Motor bewegten, horizontal gestellten Tretbahn ist nicht wesentlich verschieden in bezug auf die aufzuwendende Muskularbeit von der freien Bewegung auf horizontaler Strecke. Der Energieverbrauch beträgt bei derartiger Horizontalarbeit für einen Menschen mittlerer Größe wie beim freien Gang auf ebener Straße 0,55 Kal. pro Kilogramm und 1000 Meter, für Pferde von etwa 450 kg Gewicht wurde er von Zuntz und Hagemann zu 0,336 Kal. bei 78 m Minutengeschwindigkeit bestimmt. Er wächst zwischen 78—98 m um 0,0035 kal. pro Meter Geschwindigkeit.

Beim Hunde ist der Verbrauch für den horizontalen Gang je nach der Körpergröße sehr verschieden<sup>1)</sup>. Er verhält sich fast proportional der Körperoberfläche und beträgt dividiert durch  $p^{2/3}$  (vgl. S. 50.) pro 1 m Weg rund 4 kal. Wir werden daher bei einem Hunde von 14,2 kg Gewicht für 1000 m horizontalen Weges einen Verbrauch zu rechnen haben von  $14,2^{2/3} \times 1000 \times 4 \text{ kal.} = 23,5 \text{ Kal.}$ , was allerdings gegenüber dem Tagesverbrauch eines solchen Hundes bei mittlerer Kost und Ruhe ( $14,2^{2/3} \times 120 = 704 \text{ Kal.}$ ) wenig in Betracht kommt. Nur wenn ein Hund größere Strecken bergauf steigt oder stärkere Arbeit durch Zug leistet, wobei jedes Meterkilogramm 7—8 kal. erfordert, spielt die Arbeit eine erhebliche Rolle.

Die Tretbahnen sind in verschiedenen Laboratorien der Größe der zu benutzenden Tiere entsprechend verwendet worden. Fig. 43 gibt die von Zuntz und Lehmann<sup>2)</sup> beschriebene Tretbahn für größere Tiere. Die Bahn wird durch einen auf der Zeichnung nicht sichtbaren Motor bewegt. R ist das Triebrad, an welchem der Riemen des Motors angreift, E das Zahnrad, das die Glieder der Tretbahn faßt. Durch das Stellrad H kann mit Hilfe der Zahnstange K die Neigung der Bahn geändert werden.

Soll Zugarbeit gemessen werden, so spannt man die Tiere an den Haken P an. Von dort läuft das Drahtseil Q über die Rolle T und trägt die den Zug messenden Gewichte X und U. U ist in Flüssigkeit getaucht, um die Unregelmäßigkeit des Zuges durch Dämpfung zu mildern. Eine an der Achse des Rades R befindliche Bremse muß so reguliert werden, daß die Gewichte X und U in der Schwebe bleiben. Dann ist die Zugarbeit gleich dem Produkt aus dem Gewichte und dem Wege, der an einem der Achse des Rades R aufgesteckten Tourenzähler abgelesen wird.

Es ist also mittels dieser Tretbahn die Messung jeder Gangart des

1) Vergl. B. Slowtsoff, Über die Beziehungen zwischen Körpergröße und Stoffverbrauch der Hunde bei Ruhe und Arbeit. Pflügers Archiv Bd. 95, S. 158, 1903 und N. Zuntz, Einfluß der Geschwindigkeit, der Körpertemperatur und der Übung auf den Stoffverbrauch bei Ruhe und Muskularbeit. Ebenda S. 192.

2) Hinsichtlich genauerer Beschreibung cf. Zuntz-Lehmann, Der Stoffwechsel des Pferdes. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1889, S. 1.

belasteten und unbelasteten Tieres, sowie der Zugarbeit möglich. Man muß bei ihrer Benutzung darauf achten, daß die Tiere nicht etwa mit Hilfe eines Halsbandes oder Zügels, an dem sie befestigt sind, sich ziehen lassen. In diesem Falle leisten sie erheblich weniger Arbeit, als der Apparat anzeigt.

An Pferden sind zahlreiche Arbeitsversuche mit Hilfe des auch in der landwirtschaftlichen Praxis viel benutzten Göpels angestellt worden. Die genaue Berechnung der Arbeit ist hierbei durch den schrägen Zug des Pferdes erschwert. Bei dem von Emil Wolff<sup>1)</sup> in Hohenheim benutzten Bremsgöpel befand sich in der Achse des Apparates ein System gegeneinander reibender Eisenplatten, durch deren verschiedene Lagerung der beim Zuge des Pferdes zu überwindende Widerstand in weiten Grenzen verändert werden konnte. Der Zug selbst wurde dadurch gemessen, daß das Pferd nicht direkt am Göpelbalken angespannt wurde, vielmehr an einem mit der Göpelstange verbundenen Winkelhebel, an dessen anderem Arme

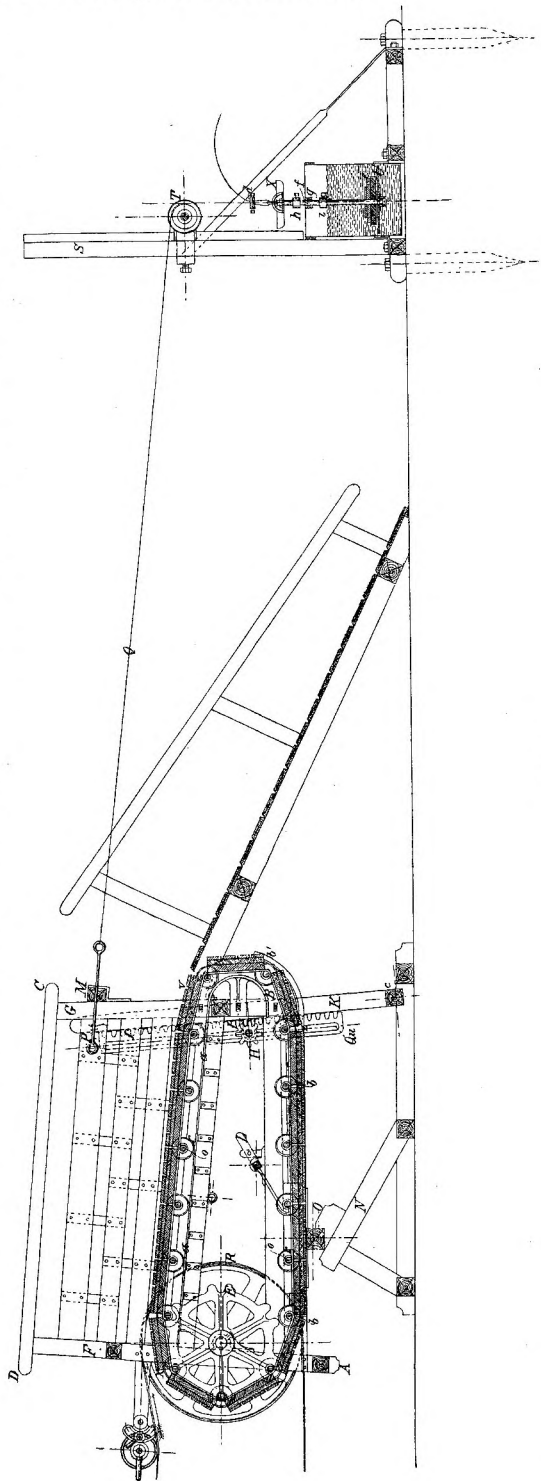


Fig. 43.  
Tretbahn nach Zuntz-Lehmann.

1) Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. Berlin, Paul Parey 1885.

ein Gewicht hing, das durch den Pferdezug gerade in der Schwebelage gehalten wurde. Solange dieses Gewicht in der Schwebelage blieb, war der Zug des Pferdes ihm gleich. Praktisch erwies sich diese Meßmethode als wenig genau. Besonders unsicher bleibt dabei der Anteil der Arbeit, welcher für die Ortsbewegung des Tieres aufzuwenden ist. Kellner<sup>1)</sup> hat diesen Anteil durch eine Berechnung aus den Lageveränderungen der einzelnen Glieder des Tieres beim Gehen festzustellen gesucht. Grandeau und Leclerc<sup>2)</sup> ermittelten den Stoffverbrauch eines hinter dem ziehenden Tier leer gehen-

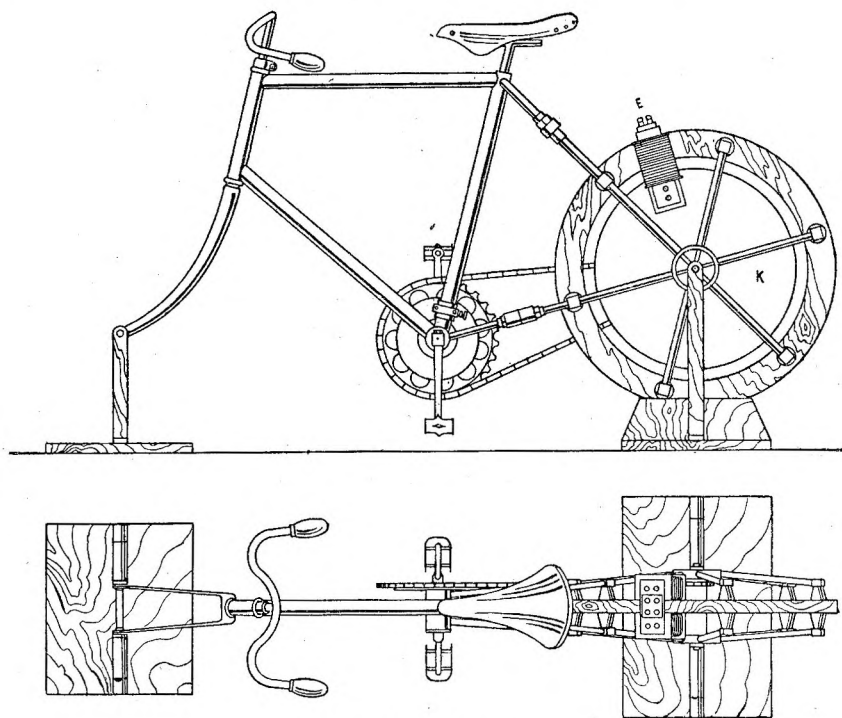


Fig. 44.

Arbeitsmesser nach Atwater-Benedict. E. Elektromagnet. K. Kupferscheibe.

den Tieres zur Abschätzung dieses Anteils der Arbeit. Dieselben Forscher haben an Stelle des von Wolff verwandten Zugmessers einen sehr ingenieus ausgedachten Registrierapparat angewandt, welcher wesentlich genauere Resultate lieferte, aber doch die Unsicherheiten, welche aus dem schiefen Zug des Tieres und der mangelhaften Abschätzung des Aufwandes für die freie Bewegung resultierten, nicht beseitigen konnte. Auf alle Fälle ist die Tretbahn ein sehr viel genauerer Meßapparat für tierische Arbeit, und sie hat vor allem den Vorzug, daß sie nicht nur Zugarbeit, sondern auch jede andere Form derselben auszuwerten gestattet.

1) Landwirtschaftl. Jahrbücher Bd. 9, S. 658, 1880.

2) Annales de la science agronomique I. Bd., S. 464, 1889.

Bei den ausgedehnten Untersuchungen von Atwater und Benedict, die später von Benedict unter Mitarbeit von Carpenter fortgesetzt wurden<sup>1)</sup>, diente ein stationäres gebremstes Zweirad als Arbeitsmaschine. Den Bau des Apparates zeigt Fig. 44. Die in üblicher Weise von den Pedalen mit Hilfe einer Kette angetriebene Hinterachse des Zweirades trägt eine Kupferscheibe *k*, die sich in einem Holzrahmen bewegt. An diesem Holzrahmen ist ein Elektromagnet *E* angebracht, durch dessen Drahtwindungen Ströme von abstufbarer Stärke hindurchgeschickt werden können. Der Elektromagnet induziert in der rotierenden Scheibe Ströme, welche eine hemmende Wirkung auf die Rotation ausüben, die um so stärker ausfällt, je stärker der Magnetismus und je schneller die Umdrehung ist. Durch

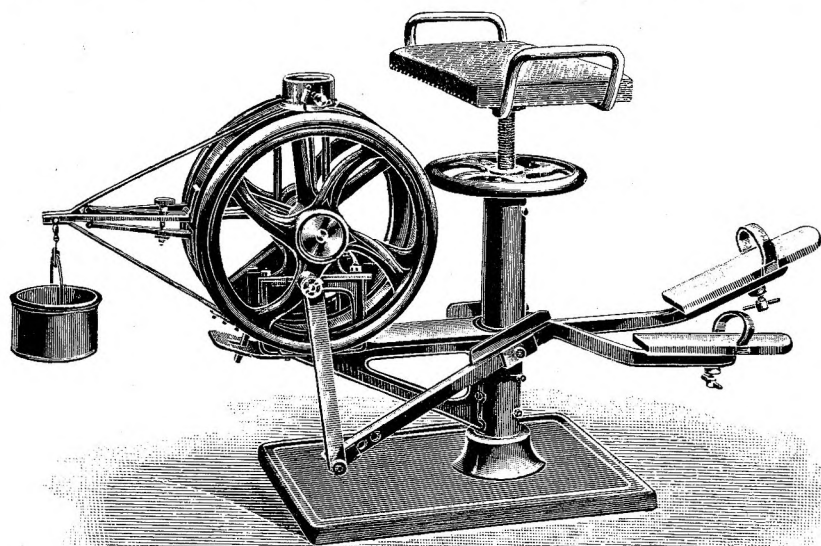


Fig. 45.

Ergometer für die unteren Extremitäten.

Eichung im Respirationskalorimeter wird für die verschiedenen Geschwindigkeiten und für die verschiedenen Stärken des Stromes in der Magnetspule die Wärmeentwicklung bestimmt, so daß man die Arbeit, die der das Zweirad antreibende Mensch leistet, direkt in Kalorien ausdrücken kann. Indem man diese Wärme mit der gesamten bei einem Arbeitsversuch vom Kalorimeter angezeigten Wärme vergleicht, ergibt sich der Nutzeffekt der Arbeit.

Das Prinzip des Zuntzschen Bremsergometers ist von dem Mechaniker Voigt auch für die Arbeit der unteren Extremitäten verwandt worden. Gebrauch und Anordnung des Apparates ergibt sich wohl zur Genüge aus beifolgender Abbildung. (Fig. 45.) Zu wissenschaftlichen Arbeiten hat derselbe bisher unseres Wissens noch nicht gedient.

1) Benedict und Carpenter, The influence of muscular and mental work on metabolism. Washington 1909, S. 13.

Tigerstedt, Handb. d. phys. Meth. I, 3.

### Körperwägungen und Perspiration.

Wenn auch die Resultate der Körperwägungen nicht immer eindeutig sind und die Änderungen des Gewichtes viel häufiger durch solche des Wassergehaltes des Körpers als der Menge seiner festen Bestandteile bedingt werden, sind doch regelmäßige Wägungen bei Stoffwechselversuchen nicht zu entbehren. Sie lassen sichere Schlüsse in bezug auf die genügende, eventuell überschüssige Nahrungszufuhr zu, wenn man die Bedingungen, welche den Wassergehalt des Körpers beeinflussen, genügend berücksichtigt. Wenn bei überschüssiger Ernährung ein Fettansatz stattfindet, so wird dadurch der Wassergehalt des fettfrei gedachten Gewebes nicht wesentlich geändert. Dagegen bedingt eine Änderung im Glykogengehalt der Organe auch erhebliche Änderungen in ihrem Wassergehalt, da das Glykogen nur in gequollenem Zustande mit seinem drei- bis vierfachen Gewicht Wasser zur Anlagerung kommt. Weiter hat der Salzgehalt des Körpers erheblichen Einfluß, indem überschüssige Salzengen erhebliche Ansammlungen von Wasser zur Folge haben, da die Salze stets soweit verdünnt werden, daß der normale osmotische Druck im Körper gewahrt bleibt. Die Wirkungen überschüssiger Salzzufuhr sind ebenso wie die abnorm reichlichen Trinkens nur vorübergehende, da gesunde Nieren innerhalb von etwa 24 Stunden den Überschuß aus dem Körper schaffen.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß eine bestimmte Änderung des Körpergewichtes durch sehr verschiedene große Differenzen zwischen Energiezufuhr und Energiebedarf herbeigeführt werden kann. Wenn die Gewichtsänderung ausschließlich durch Fett bedingt ist, so bedeutet 1 g einen Unterschied in der Energiezufuhr von etwa 9 Kal., bei Änderungen des Glykogengehaltes dem Gesagten zufolge nur etwa 1 Kal. Ähnlich gering ist die Nährstoffmenge, die bei der Gewichtsänderung durch Ansatz oder Abgabe stickstoffhaltiger Substanz (Körperfleisch) in Betracht kommt. 1 g Eiweiß entspricht etwa 5,5 Kal. Da das Fleisch aber mit wenigstens seinem vierfachen Gewicht an Wasser angesetzt wird, genügt schon 1,1 Kal. für eine Gewichtsänderung um 1 g. Man wird einigermaßen beurteilen können, welchem Energiewert die beobachtete Gewichtsänderung entspricht, wenn man darauf achtet, ob im Kohlehydratgehalt der Nahrung erhebliche Schwankungen eingetreten sind. Gibt man z. B. nach einer kohlehydratarmen Kost eine stark kohlehydratreiche Nahrung, so wird Glykogen angelagert werden. Der Glykogenansatz bedingt aber auch zugleich eine erhebliche Anreicherung an Wasser, so daß das Körpergewicht weit erheblicher zunimmt, als dem Ansatz an trockner Organsubstanz entspricht. Umgekehrt sinkt bei Übergang zu kohlehydratarmer Kost (z. B. bei Entfettungskuren) das Körpergewicht anfangs sehr erheblich, weil Glykogen und mit ihm sein mehrfaches Gewicht an Wasser zu Verlust geht.

Man muß ferner berücksichtigen, daß angestrengte Muskeltätigkeit einen sehr starken Verbrauch der Kohlehydrate zur Folge hat, der bei ausreichender Ernährung erst innerhalb 48 Stunden wieder ganz ersetzt wird, und daß überschüssige Nahrung bei älteren Individuen vorwiegend in Form von Fett, bei jüngeren und Rekonvaleszenten nach größeren Stoffeinküßen zu einem großen Teil in Form von Eiweiß (Fleisch), also mit einer viel größeren Gewichtszunahme angesetzt wird.



Wenn wir regelmäßige Körperwägungen verbinden mit genauer Feststellung des Gewichtes sämtlicher fester und flüssiger Einnahmen und Ausgaben, so haben wir die Daten für die insensible Perspiration. Dieselbe kommt bekanntlich im wesentlichen durch Verdampfen von Wasser zustande. Nur einen kleinen Anteil am Gewichtsverlust hat das meist vorhandene Übergewicht der Kohlensäureausscheidung in der Atemluft über die Sauerstoffaufnahme.

Der insensible Wasserverlust wird teils durch die Atmung, teils durch die Hauttätigkeit vermittelt. Da die Haut an sich wenig durchgängig für Wasser ist, hängt die Wasserabgabe derselben hauptsächlich von der Tätigkeit der Schweißdrüsen ab. Deren Sekret ist aber nicht reines Wasser, enthält vielmehr nicht unerhebliche Mengen von Harnstoff und anderen stickstoffhaltigen Produkten sowie Salzen, beim Pferde auch geringe Mengen von Eiweiß. Es beeinflusst daher die Hauttätigkeit die Bilanz des Stickstoffs und der Mineralstoffe. Beim Menschen finden wir den Stickstoffgehalt des Schweißes wechselnd zwischen 0,14 und 0,57 g N pro Kilogramm Schweißwasser. Da bei Anstrengungen im Sommer leicht 3 l Schweiß zur Abscheidung kommen, kann es nicht wundernehmen, daß Werte bis zu 1,5 g N pro Tag im Hautsekret gefunden worden sind. Der Hautoberfläche entsprechend größere Mengen kommen bei Pferden in Betracht, während bei Fleischfressern der Schweiß eine so untergeordnete Rolle spielt, daß man ihn nicht zu berücksichtigen braucht. Zur genauen Bestimmung des Stickstoffverlustes durch die Haut bedient man sich am besten der von Pflüger und Argutinsky<sup>1)</sup> angegebenen Anordnungen. Nach gründlicher Abwaschung des Körpers wird gut hygroskopisches, aufs sorgfältigste ausgewaschenes Unterzeug angelegt und bei starkem Schwitzen darüber noch ein ebenfalls waschbarer und vor dem Versuch ausgewaschener Anzug. Nach Beendigung der Versuchszeit wird der ganze Körper mit zweckmäßig etwas angesäuertem warmem Wasser abgewaschen, die Kleidung und das zum Abwischen des Schweißes benutzte Taschentuch in wiederholt erneutem, ebenfalls schwach angesäuertem Wasser so lange ausgewaschen, bis das letzte Wasser keine merklichen Mengen Stickstoff oder Chlor enthält. Die vereinigten Waschwässer werden nach Zusatz einiger Tropfen Säure auf ein kleines Volumen eingedampft und analysiert.

Solange die Ernährung und Lebensweise eines Menschen eine gleichmäßige ist, darf man wohl annehmen, daß auch der Prozentgehalt des Schweißes an Stickstoff und Salzen annähernd derselbe bleibt. Wo es nicht auf höchste Genauigkeit ankommt, kann man die ständige direkte Bestimmung der Ausscheidungen ersparen, wenn man den Anteil des Schweißes an der insensiblen Perspiration berechnet und den in einigen Fällen bestimmten Prozentgehalt des Schweißes der weiteren Berechnung zugrunde legt.

Um den Anteil des Schweißes an der insensiblen Perspiration festzustellen, haben wir uns folgender Rechnung bedient<sup>2)</sup>.

Da die Expirationsluft für 37° mit Wasserdampf gesättigt ist, enthält sie im Liter 43,95 mg. Wasser. Wenn wir nun die Feuchtigkeit der einge-

1) Die Stickstoffausscheidung durch den Schweiß. Pflügers Archiv Bd. 46, S. 594.

2) Zuntz, Loewy, Müller, Caspari, Höhenklima und Bergwanderungen, Bong & Co., Berlin 1906, S. 378ff.

atmeten Luft kennen, so ergibt die Differenz des Wasserdampfgehaltes der Expirationsluft und Inspirationsluft den Wasserverlust des Körpers auf dem Wege der Atmung für jeden Liter ausgeatmeter Luft. Um nun die gesamte Wasserdampfabgabe durch die Lungen pro Tag festzustellen, müssen wir die während des Tages ausgeatmete Luftmenge kennen. Hierzu dient uns die Kenntnis des respiratorischen Stoffwechsels der Versuchsperson, aus dem wir zu ersehen imstande sind, wieviel Sauerstoff von der Person aufgenommen und wieviel Kohlensäure expiriert wurde.

Wo dies Material nicht vorhanden ist, können wir die Größe der täglichen Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung aus der Nahrungsaufnahme berechnen, und zwar am einfachsten bei Konstanz des Körpergewichts und der Stickstoff-Bilanz, wenn also die aufgenommene Nahrung gleich dem Umsatze im Körper ist. Denn wir wissen, daß dann auf je 1 g umgesetzten Stickstoff ein Verbrauch von 5,8 l O<sub>2</sub>, eine Bildung von 4,6 l CO<sub>2</sub> und 27 Kal. kommt, daß 1 g Fett (in Gestalt von Butter) zur Oxydation 1,994 l O<sub>2</sub> braucht, 1,401 l CO<sub>2</sub> und 9,23 Kal. liefert, ebenso 1 g Kohlehydrate (Stärke) 0,812 l O<sub>2</sub> braucht, das gleiche Volumen CO<sub>2</sub> und 4,1 Kal. liefert, 1 g Alkohol 1,43 l O<sub>2</sub>, 0,953 l CO<sub>2</sub> und 6,93 Kal.

Aus diesen Daten läßt sich dann mit Leichtigkeit bei einer analysierten Nahrung ermitteln, wieviel Liter Sauerstoff am Tage aufgenommen und wieviel Liter Kohlensäure ausgeschieden worden sind. Die weitere Berechnung wird wohl am besten an einem Beispiel klar, welches wir der oben zitierten Stelle entnehmen.

Es betrug dort in einem Versuche die Gesamtaufnahme des Tages an O<sub>2</sub> 548,6 l, die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung 441,3 l. Aus den Respirationsversuchen ging hervor, daß bei der Versuchsperson auf 1 l aufgenommenen Sauerstoffs 21 l Lungenventilation kamen, also auf 548 l 11508 l Atemluft. Die eingeatmete Luft des betreffenden Tages zeigte eine durchschnittliche Temperatur von 22° und eine relative Feuchtigkeit von 63%. 1 l Luft bei 22° mit Wasserdampf gesättigt enthält 19,32 mg Wasserdampf; 63% dieser Menge = 12,17 mg Wasser waren in 1 l eingeatmeter Luft vorhanden.

Demgemäß entzieht jedes Liter Atemluft dem Körper 43,95—12,17 = 31,78 mg Wasserdampf und die in 24 Stunden geatmeten 11508 l Luft: 11508 × 31,78 mg . . . . . 366 g

Außer durch Wasserdampfabgabe hat der Körper durch Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme an Gewicht verloren:

Die ausgeatmeten 441,3 l Kohlensäure  
wiegen . . . . . 441,3 × 1,966 g = 867,6 g

Die eingeatmeten 548,6 l Sauerstoff  
wiegen . . . . . 548,6 × 1,43 g = 784,5 g  
Differenz = 83,1 g

Der gesamte Gewichtsverlust durch die Lungen beträgt also 83,1 + 366 = 449,1 g

Die gesamte Perspiration, d. h. der Gewichtsverlust des Körpers durch die unsichtbaren Ausscheidungen betrug nun an diesem Tage 1879 g. Da der Verlust durch die Lungen 449,1 g oder rund 450 g beträgt, sind durch die Haut verdunstet . . . . . 1429 g

Der Gewichtsverlust des Körpers berechnete sich wie folgt:

Körperwägung am 10. VIII. morgens 6 Uhr .	60670 g
"      "      11. VIII.      "      6      "	60290 "
Gewichtsabnahme . . . . .	380 "
Aufnahme von fester und flüssiger Nahrung .	2436 "
Summa	2816 g
Gewicht von Harn und Kot . . . . .	937 "
Körpergewichtsverlust (Perspiration) wie oben	1879 "

Diese Berechnung des Anteils des Schweißes an der insensiblen Perspiration gibt uns die Möglichkeit, bei der Stickstoff-Bilanz den Schweißverlust wenigstens einigermaßen mit in Rechnung zu stellen, und so gar zu große Fehler zu vermeiden.

In bezug auf Wägungen sei nur kurz erwähnt, daß zur Abwiegung von Speisen am besten kleine Balkenwagen gewählt werden, welche eine Genauigkeit der Wägung bis zu 0,1 g gestatten. Bei den Mengen des Futters der großen Herbivoren wird sich natürlich die Verwendung einer Dezimalwage nicht vermeiden lassen. Auch für die Körperwägungen empfiehlt es sich, wenn irgend angängig, Balkenwagen zu verwenden, etwa in Form der auf Rennplätzen üblichen Jockeywagen. Die Firma Garvens, Hannover, liefert derartige Wagen von ziemlicher Exaktheit.

Eine besonders weitgehende Genauigkeit für Wägungen des Menschen bietet die Wage von Warren Lombard<sup>1)</sup>. Dies ist dadurch erreicht, daß die Schneide des Wagebalkens nicht ihrer ganzen Länge nach fest aufliegt, sondern an beiden Enden auf Lagern ruht, die ihrerseits in der zur Richtung der Schneide des Wagebalkens senkrechten Ebene beweglich sind. Die feinsten Ausschläge werden durch eine Feder gemessen und auf einem rotierenden Zylinder registriert. Lombard bringt auf seiner Wage die Gewichtsänderungen, welche einem einzigen Atemzug entsprechen, zur Darstellung.

### Konservierung von Harn und Kot.

In den meisten Versuchen wird man darauf angewiesen sein, die Exkrete des Organismus zu konservieren, da man nur selten in der Lage sein wird, sogleich eine vollständige Analyse des Materials vorzunehmen.

Bei der Konservierung des Harnes kommt es darauf an, Substanzen zu wählen, welche den beabsichtigten Gang der späteren Analyse nicht stören. Man wird demzufolge unter Umständen einen Zusatz vermeiden, welcher wie das sonst sehr gut konservierende Fluornatrium, Mineralbestandteile in den Harn hineinbringt, oder wie Sublimat selbst im Harn Veränderungen zu erleiden scheint, oder wie z. B. Natriumsulfit einige Bestandteile des Harns zur Ausfällung bringt. In erster Linie wird es bei der Bedeutung, die für die heutige Methode des Stoffwechselversuches der Bestimmung des Brennwertes der Substanzen zukommt, darauf ankommen, eine gut konservierende Substanz zu wählen, welche den Brennwert nicht verändert, bezw. bei der Vorbereitung zur kalorimetrischen Bestimmung ent-

1) Warren P. Lombard, A Method of recording changes in body weight, which occur within short intervals of time. The journal of the American medical association, 1906, Bd. 47 S. 1790.

fernt wird. Als eine derartige Substanz hat sich nach den Versuchen von Cronheim<sup>1)</sup> das Thymol ergeben, welches wir denn auch stets zur Konservierung des Harns benutzen. Am besten verwendet man es in alkoholischer Lösung. Da die Löslichkeit des Thymol in Alkohol eine außerordentlich große ist, so genügen schon wenige Tropfen der Lösung, um große Quantitäten von Harn ausreichend zu konservieren. Wo man jedoch den Zusatz des Alkohol vermeiden will, kann man auch Thymol in Substanz verwenden. Wir hatten stets befriedigende Ergebnisse, wenn die Substanz aufs feinste gepulvert verwandt wurde. Den so konservierten Harn bewahrt man in gut, am besten nach Art von Bierflaschen mit Bügelverschluß verschlossenen Flaschen auf. Auf diese Weise hat sich selbst Harn, der uns aus den Tropengenden Afrikas zugesandt wurde, monatelang tadellos gehalten.

Sehr viel schwieriger ist die Konservierung des Kotes. Nach den Untersuchungen von Zaitschek<sup>2)</sup> läßt sich beim Trocknen ein mehr oder weniger erheblicher Verlust an Stickstoff überhaupt nicht vermeiden. Man tut daher am besten, die Stickstoffbestimmungen, falls dies möglich ist, am frischen Kot vorzunehmen.

Für die Bestimmung des Fettes, Brennwerths etc. muß der Kot dann allerdings getrocknet werden. Um nach Möglichkeit Verluste zu vermeiden, trocknen wir ihn in einem Vakuumapparat. Dieser ist heizbar, und zwar mit Wasser von beliebiger Temperatur oder mit Dampf. Wir benutzen zum Trocknen Temperaturen von 60–70°. Die Heizrohre sind so angeordnet daß die Substanz nicht nur von unten, sondern auch von oben her erwärmt wird. Etwaiger Verlust an Ammoniak kann durch Einbringen einer Schale mit Schwefelsäure und Untersuchung derselben, sowie des in einer Vorlage kondensierten Wasserdampfs bestimmt werden.

Der getrocknete Kot läßt sich in fest verschlossenen Pulverflaschen ohne weiteres aufbewahren.

Ist man genötigt, den Kot in frischem Zustande zu konservieren, so verwendet man nach unserer Erfahrung am besten eine Mischung von Alkohol und Chloroform, welche auch den üblen Geruch höchst wohltätig beeinflusst. Der Kot wird dann am besten sogleich in die zur Aufbewahrung dienenden Blechbüchsen entleert. Hierzu benutzten wir luftdicht verschließbare Konservenbüchsen, deren Deckel durch Klammern fest gegen einen Gummiring gepreßt wird.

1) Konservierung von Harn für analytische und kalorimetrische Zwecke. Archiv f. (Anat. u.) Physiol. 1902, S. 262.

2) Zur Methodik der Bestimmung des Stickstoff- und Eiweißgehaltes der Faeces. Pflügers Archiv 1903, Bd. 98, S. 595.