

## XV.

## Ueber die Aenderung der Blutalkalescenz durch Muskelarbeit.

(Aus dem thierphysiologischen Institut der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin.)

Von Dr. Wilhelm Cohnstein.

Obgleich Berzelius<sup>1)</sup> bereits im Jahre 1841 die Wahrnehmung gemacht hatte, dass ein Muskel desto mehr Milchsäure enthalte, je mehr er vorher angestrengt worden sei, so wird die Entdeckung der Thatsache, dass der in der Ruhe alkalisch reagirende Muskel durch die Thätigkeit sauer wird, mit Fug und Recht Du Bois Reymond zugeschrieben. Ob die producirete Säure wirklich Fleischmilchsäure ist, wie Du Bois Reymond, fussend auf den Fleischanalysen Aug. Sigm. Schultze's, Liebig's u. A. annahm, ist neuerdings in Frage gestellt worden<sup>2)</sup>. — Wie dem aber auch sei, jedenfalls steht soviel fest, dass der thätige Muskel Säure in nicht unbeträchtlicher Quantität und in einem gewissen Proportionsverhältniss zur geleisteten Arbeit<sup>3)</sup> producirt.

Nach diesen Erfahrungen konnte der Gedanke nicht fern liegen, die physiologische Wirkung der Muskelarbeit von dem Gesichtspunkt der Säurewirkung aus zu betrachten. Die letztere, besonders die ihr aprioristisch zugeschriebene alkali-entziehende Kraft ist im Laufe der letzten Jahre vielfach experimentell geprüft worden. Bence Jones<sup>4)</sup>, Wilde<sup>5)</sup>, Fr. Hof-

<sup>1)</sup> C. G. Lehmann, Lehrb. d. physiol. Chemie. I. S. 103. 1850.

<sup>2)</sup> Warren, Pflüger's Arch. XXIV. S. 391. 1881. — Astaschewsky, Zeitschr. f. physiol. Chemie. IV. S. 397. 1880.

<sup>3)</sup> Heidenhain, Mechan. Leistung u. s. w. bei der Muskelthätigkeit.

<sup>4)</sup> On animal Chemistry. 1849.

<sup>5)</sup> Inaug.-Dissert. Dorpat 1855.

mann<sup>1</sup>), Gaehtgens<sup>2</sup>), Miquel<sup>3</sup>), Salkowski<sup>4</sup>), Lassar<sup>5</sup>), Walter<sup>6</sup>), Kraus<sup>7</sup>) haben theils durch alkalmetrische Untersuchungen von Blut und Harn, theils durch Bestimmung der im Urin ausgeschiedenen Basen bald eine alkalientreziehende Wirkung eingeführter Säuren constatirt, bald negirt. Die Widersprüche sind durch Salkowski und Walter dahin gedeutet worden, dass in dem Verhalten gegen Säuren ein fundamentaler Unterschied zwischen Fleisch- und Pflanzenfressern obwalte. Während es beim Kaninchen mit Leichtigkeit gelingt, durch direct eingeführte oder im Körper abgespaltene Säure die Alkalescenz der Gewebe herabzusetzen, so dass die Thiere schliesslich durch Mangel an Alkali zu Grunde gehen, liegen die Verhältnisse beim Hunde insofern anders, als dessen Organismus über gewisse Regulationsmechanismen verfügt, welche eine Abnahme der Alkalescenz über ein gewisses Maass hinaus verhindern und so die Thiere widerstandsfähiger gegen Säurewirkung erscheinen lassen.

Da wir nun in der Muskelarbeit eine Art der Säureentwicklung zu sehen gelernt haben, so schien es interessant, aus der Literatur die zerstreuten Anmerkungen über den Einfluss der Muskelthätigkeit auf die Alkalescenz der Gewebe zu sammeln und daraufhin kritisch zu beleuchten, ob ein ähnliches Gesetz wie für die künstlich eingeführte Säure auch für die im Organismus selbst gebildete Säure bestehe.

Dass bei Kaninchen die Blutalkalescenz durch Muskelarbeit herabgesetzt wird, ist nach den Experimenten Minkowski's<sup>8</sup>) Zuntz's und Geppert's<sup>9</sup>) u. A. nicht mehr zweifelhaft.

Minkowski fand in dem Blute eines an Strychnintetanus zu Grunde gegangenen Kaninchens den Kohlensäuregehalt von

<sup>1</sup>) Zeitschr. f. Biologie. VII. S. 338.

<sup>2</sup>) Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1872. S. 883.

<sup>3</sup>) Arch. f. Heilkunde. 1851. S. 479.

<sup>4</sup>) Dieses Archiv Bd. 58. S. 1.

<sup>5</sup>) Pflüger's Archiv. IX. S. 44.

<sup>6</sup>) Arch. f. experim. pathol. Pharmak. VII. S. 149. 1877.

<sup>7</sup>) ibidem. XXVI. S. 207.

<sup>8</sup>) Arch. f. experim. pathol. Pharmak. XIX. S. 27.

<sup>9</sup>) Pflüger's Arch. XLII. S. 233 u. a. a. O.

etwa 34 pCt. auf 12,8 pCt. (0° C. 760 mm Dr.) gesunken, ein Befund, der vorwiegend<sup>1)</sup> auf eine Herabsetzung der Blutalkalescenz zu beziehen ist.

Zuntz und Geppert bestätigten den Minkowski'schen Versuch und fanden zugleich durch directe Bluttitrurung eine Herabsetzung der Alkalescenz von 238 mg Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> pro 100 ccm Blut auf 106 mg in Folge von heftigen Streckkrämpfen. — Ja, sie sehen sogar<sup>2)</sup> bei einem längere Zeit hindurch tetanisierten Kaninchen ganz plötzlich den Tod eintreten, den sie als Folge acuter Säurevergiftung bezw. Alkalientziehung deuten.

Aehnliche, wenn auch allerdings recht geringe Abnahmen in der Blutalkalescenz beobachtete Peiper<sup>3)</sup> an zwei Männern, deren Blut er vor und nach einem 2½stündigen Marsche titrirt. Während die Ruheprobe durch Mischung VI der Landois'schen Tabelle<sup>4)</sup> gesättigt wurde (1 ccm desselben enthält 2,18 mg NaOH), entsprach das nach der Muskelarbeit gewonnene Blut der Mischung V (1 ccm desselben = 1,82 mg NaOH).

In einem gewissen Gegensatz zu den bisher aufgeführten, wohl übereinstimmenden Versuchen stehen einige Mittheilungen über Versuche an Fleischfressern.

Du Bois Reymond theilt in seiner berühmten Arbeit „De fibrae muscularis reactione, ut chemicis visa est acida“<sup>5)</sup> seine überzeugenden Versuche über die Säureentwickelung im thätigen Muskel mit. Als Versuchsobject benutzte er zunächst strychninisierte Kaninchen mit einseitig durchschnittenem Ischiadicus. Prüfte er nach dem im Tetanus erfolgten Tode die Reaction der Beinmusculatur, so zeigten sich die vom gesunden Ischiadicus versorgten Muskeln deutlich sauer, die des operirten Beins alkalisch. Wiederholte nun der genannte Forscher dasselbe Experiment am Hunde, so war der Erfolg ein viel weniger eclatanter. Der Autor selbst sagt<sup>6)</sup>: Idem tentamen in cane at nescio quam ob causam non cum aequi felici eventu saepius institui.

<sup>1)</sup> s. S. 336.

<sup>2)</sup> Op. cit. p. 237.

<sup>3)</sup> Dieses Archiv Bd. 116. S. 337. 1889.

<sup>4)</sup> s. Landois, Lehrb. d. Physiologie. S. 17.

<sup>5)</sup> Berlin 1859.

<sup>6)</sup> p. 37.

Die tetanisierten Muskeln zeigten sich zwar oft neutral (also immerhin säurerereicher als die alkalische Musculatur des operirten Beines), aber einen so deutlichen Gegensatz wie beim Kaninchen war Du Bois Reymond beim Hunde zu erzeugen nicht in der Lage. Drouin<sup>1)</sup> liess weisse Ratten, die er mit Fleisch, Brot und Gemüse fütterte, in einer durch Wasserkraft bewegten Trommel laufen, so dass die Thiere in einer Stunde eine virtuelle Entfernung von etwa 2 Kilometern zurücklegen sollten. Trotzdem sich nun die Ratten durch Festklammern an den Wänden, durch Schleifenlassen auf dem Bauche u. s. w. der inten- dirten Muskelarbeit zu entziehen suchten, fand Drouin nach 2stündigem Gehen der Trommel einen Abfall der Alkalescenz um 8—15 mg NaOH pro 100 ccm Blut, ein Resultat, das nach meinen Erfahrungen innerhalb der Fehlergrenzen liegt. Liess er nun die Trommel 6 Stunden gehen, so fand er zwar in einem Versuche einen Abfall um etwa 68 mg NaOH, in einem zweiten Experiment aber constatirte er ein Ansteigen um 10 mg NaOH.<sup>2)</sup>

Es scheint völlig unerfindlich, wie Drouin auf Grund dieser Versuche den Satz aufstellen konnte: „L'alcalinité du sang total a subi une diminution. Je ne dissimule pas, que je m'attendais à la trouver plus nette. Elle est bien réelle pourtant . . .

In den vorstehenden Arbeiten sind jedenfalls schon Andeutungen dafür, dass Pflanzen- und Fleischfresser gegen Muskelarbeit verschieden reagiren. Es galt nun zu untersuchen, ob dieses Verhalten der verschiedenen Thierspecies ein gesetzmässiges sei und wie es erklärt werden könne. Hierzu waren erneute vergleichende alkalimetrische Blutuntersuchungen nöthig. Diese mussten einerseits an den Vertretern verschiedener Gattungen und andererseits an einem abwechselnd mit vegetabilischer bzw. animalischer Kost genährten Versuchsthire angestellt werden. Auf diese Weise konnte die Frage beantwortet werden, ob es sich hier um eine specifische Eigenthümlichkeit der Thierart, oder um Unterschiede in der Ernährung handelt.

Für die quantitative Bestimmung der Blutalkalescenz liegen zwei verschiedene Methoden vor: entweder die directe Ti-

<sup>1)</sup> Hémo-Alcalimétrie etc. Paris 1892. p. 97.

<sup>2)</sup> Auf die von ihm beobachtete stärkere Alkalescenzabnahme des Serums werde ich später eingehen.

trirung mittelst Säure oder die gasometrische Bestimmung des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes im Blute.

Der erste, welcher Blutgasanalysen zur Lösung ähnlicher Fragen, wie die vorliegende anstelle, war Friedrich Walter<sup>1)</sup>. Er ging von der Ueberlegung aus, dass die  $\text{CO}_2$  des Blutes zwar zu einem kleinen Theile frei, im wesentlichen aber an Alkalien gebunden sei, so dass im Grossen und Ganzen eine Proportion zwischen Blutalkalescenz und Kohlensäuregehalt bestehe.

Gegen den letzteren Satz sind von verschiedenen Seiten her Bedenken geäussert worden [Swiatecki<sup>2)</sup>, Kraus<sup>3)</sup>], die sich in zwei Vorwürfen zusammenfassen lassen: Erstens lasse die aus gepumpte Kohlensäure die an andere Säuren (z. B.  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) gebundenen Alkalien unberücksichtigt, und andererseits ergäbe sie dadurch zu grosse Werthe, dass sämmtliche Kohlensäureportionen des Blutes (die absorbirte, die an Hb gebundene u. s. w.), nicht nur die an Alkalien gebundene bei der Entgasung frei würden.

Verkenne ich auch die Berechtigung ähnlicher Einwände nicht, so kann es sich hier doch immer nur um verhältnissmässig sehr geringe Fehlerquellen handeln. Wichtiger erscheint mir der Hinweis darauf, dass der  $\text{CO}_2$ -Gehalt nicht nur von der Menge der im Blute vorhandenen Alkalien, sondern ebenso sehr von der Kohlensäurespannung in den Lungenalveolen abhängig ist. Letztere schwankt jedoch mit der äusserst labilen Atemmechanik in weiten Grenzen. Wir wissen seit den Untersuchungen von A. Ewald<sup>4)</sup>, Zuntz und Geppert<sup>5)</sup> u. A., dass die Lungenventilation schon durch leichte sensible Reize, durch Fesseln und Aufbinden der Versuchsthiere u. s. w. auf das Doppelte, ja Dreifache des Ruhewerthes gesteigert werden kann und dass hierdurch die Zusammensetzung der Blutgase in hohem Grade geändert wird. Daraus folgt, dass bei allen Blutgasanalysen die Atemmechanik controlirt und berücksichtigt werden muss. Letzteres ist aber von Seiten Walter's und seiner Nach-

<sup>1)</sup> I. c.

<sup>2)</sup> Zeitschr. f. physiol. Chemie. XV. S. 49. 1891.

<sup>3)</sup> a. a. O.

<sup>4)</sup> Pflüger's Arch. VII. S. 575.

<sup>5)</sup> a. a. O.

folger nicht geschehen und war auch — sollten die Versuche nicht zu complicirt werden — kaum möglich. Man wird aber zugeben, dass die Beweiskraft der von den genannten Autoren angestellten Versuche durch jenen principiellen, gegen die ganze Methode zu richtenden Vorwurf wesentlich herabgesetzt ist, oder wenigstens, dass nur excessive Aenderungen des Kohlensäuregehaltes den Rückschluss auf eine Aenderung der Alkalescenz zu lassen.

Abgesehen von den angeführten theoretischen Bedenken schien die gasometrische Methode für meine Versuche schon deswegen nicht geeignet, weil die Experimente zu zeitraubend sind und vor Allem, weil das zur Analyse zu gewinnende Blut stets mittelst eingebundener Canüle aus einer Arterie hätte entnommen werden müssen, ein Umstand, der ein häufigeres Experimentiren an einem Versuchsobject unmöglich macht.

Aus diesen Gründen theoretischer und praktischer Natur wurde von der genannten Methode Abstand genommen und die directe Titration in Anwendung gezogen. Die diesem Verfahren vielfach<sup>1)</sup> zum Vorwurf gemachten Unsicherheiten und Fehlerquellen lassen sich durch zweckmässige Versuchsanordnung ausschliessen. So ist man durch die von Kühne<sup>2)</sup>, Liebreich<sup>3)</sup>, Zuntz<sup>4)</sup> u. A. angegebenen Modificationen in der Lage, die störende Eigenfarbe des Blutes genügend auszuschalten; auch die bald nach dem Verlassen der Ader eintretende Alkalescenzänderung kann man dadurch, wenigstens einigermaassen<sup>5)</sup> vermeiden, dass man das Blut in einem grossen Ueberschuss concentrirter Salzlösungen auffängt und so die Gerinnung verhindert<sup>6)</sup>.

Auch der Vorwurf der durch die Kohlensäure bedingten Unsicherheit der Endreaction hat wenig Bedeutung, wenn man sich geübt hat, immer in gleicher Weise in Bezug auf Schüt-

<sup>1)</sup> s. z. B. H. Meyer, Arch. f. experim. Path. u. Pharmak. XVII. S. 304.

<sup>2)</sup> Dieses Archiv Bd. 33. S. 95. 1865.

<sup>3)</sup> Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. I. S. 48.

<sup>4)</sup> Centralbl. f. d. med. Wissensch. No. 34. S. 529. 1867.

<sup>5)</sup> Winternitz, Zeitschr. f. physiol. Chemie. XV. S. 505. 1891.

<sup>6)</sup> Diese Methode wandte schon Zuntz an, als er die bei der Gerinnung eintretende Alkalescenzabnahme constatirte.

teln des Blutes, Art der Probenahme u. s. w. zu verfahren; doch ist nicht zu leugnen, dass die grosse Empfindlichkeit des Lacmus gegen Kohlensäure eine gewisse Unsicherheit bedingt. Ich vermied sie durch Verwendung von Lacmoid, auf dessen Vorzüge bei der Titration thierischer Flüssigkeiten in jüngster Zeit Röhmann<sup>1)</sup> und seine Schüler Courant<sup>2)</sup> und Spitzer<sup>3)</sup> aufmerksam gemacht haben.

Ich benutzte den genannten Farbstoff in der Form des Lacmoidpapiers, das nach der Vorschrift von Traub und Hock<sup>4)</sup> in folgender Weise hergestellt wurde:

In einen Siedekolben brachte ich 50 g Resorcin, 2,5 g Natriumnitrit und 2,5 ccm destillirtes Wasser. Das ganze wurde im Oelbade bei 110° C. erhitzt. Die Schmelze nimmt dabei mehr und mehr eine rothgelbe Farbe an. Jetzt steigert man die Temperatur auf 115—120°: es entwickelt sich Ammoniak, die Schmelze wird violett, dann blau. Man verdünnt jetzt mit Wasser und etwas verdünnter Salzsäure. — Nach dem Erkalten sammelt man den Niederschlag auf einem Saugfilter und trocknet ihn auf dem Dampfbade. Dann löst man ihn in wenig absolutem Alkohol.

Vor dem jedesmaligen Gebrauche verdünnt man einige Tropfen der Lösung mit Alkohol, fügt Salzsäure hinzu, bis die vorher tiefblaue Flüssigkeit einen violetten (nicht rothen) Ton angenommen hat und zieht jetzt durch die so bereitete Färbelösung schmale Streifen neutralen geglätteten Seidenpapiers (sog. Copirpapiers). Diese werden schnell an der Luft getrocknet und können dann, in daumenbreite Streifchen zerschnitten, an einem vor Sonnenlicht geschützten Ort wochenlang aufbewahrt werden, ohne sich zu verändern und ohne ihre Reactionsschärfe gegen die geringsten Spuren von Säuren oder Alkali (mit denen sie sich roth bzw. blau färben) einzubüßen.

Eine mit blauem Lacmoid gefärbte neutrale Flüssigkeit wird zwar schwach violett, wenn man einen Strom von Kohlensäure durchleitet; doch diese Wirkung ist zu gering, als dass sie die Bluttitratur merklich beeinflussen könnte, wie folgender Versuch beweist:

Titirte ich zwei gleiche Mengen verdünnter Kalilauge, von denen die eine längere Zeit einem CO<sub>2</sub>-Strom ausgesetzt war, so ergab sich, falls Lacmoid als Indicator diente, in letzterer Portion eine nur ganz minimale Abnahme der Alkaliescenz.

Selbstverständlich können die von mir mittelst Lacmoid bestimmten Alkaliescenzwerthe nicht ohne Weiteres mit den von anderen Beobachtern mit anderen Indicatoren gefundenen verglichen werden. Ich verweise in dieser

<sup>1)</sup> Pflüger's Archiv Bd. 50. S. 84. 1891.

<sup>2)</sup> Ebendaselbst S. 109.

<sup>3)</sup> Ebendaselbst S. 551.

<sup>4)</sup> Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. XVII. S. 2615.

Hinsicht auf die oben citirten Arbeiten von Röhmann und seinen Schülern.

Als Titrirflüssigkeit benutzte ich eine  $\frac{1}{25}$  Normalweinsäure mit reichlichem Zusatz eines Neutralsalzes, um jeder Auflösung der rothen Blutkörperchen vorzubeugen. — Meine Lösung bestand aus: 3,0 g Weinsäure, 320 g Magnesiumsulfat, das Ganze in 1000 g Wasser gelöst. Es entsprach also 1 ccm der Flüssigkeit = 3 mg Säure = 1,6 mg NaOH.

Allmählich traten in der Titrelösung Schimmelcolonien auf, ohne aber, wie häufige Controltitrirungen zeigten, die Concentration der Säure in merklicher Weise zu beeinflussen. Nur bei den letzten Versuchen, die in die heisse Jahreszeit fielen, zeigte sich die Säure in ihrer Concentration herabgesetzt, was in den Versuchsprotocollen in Rechnung gezogen ist.

Da es mir darauf ankam, die Alkalescenz des gesammten Blutes zu bestimmen, so musste ich auf alle Methoden, die das Eiweiss, das Hb u. s. w. zu entfernen bezeichnen (Dialyse u. s. w.), a priori verzichten. Ich ging vielmehr in der Weise vor, dass ich das Blut direct aus dem Gefäss (bei kleinen Thieren der Carotis, bei grossen einer Ohrvene) in einem Kölbchen mit kalibrirtem Halse auffing, das vorher mit einer genau bekannten Menge absolut neutraler  $MgSO_4$  (25 pCt.)<sup>1)</sup> gefüllt war. Die zugeflossene Blutmenge wurde an dem Halse des Kölbehens abgelesen, die Gerinnung durch wiederholtes Umschwenken mit der Salzlösung verhindert und die so gewonnene (im Allgemeinen wurden 5 ccm Blut mit 45 ccm Magnesialösung versetzt) verdünnte Blutlösung direct titriert. Letzteres geschah mittelst des oben beschriebenen violetten Lacmoidpapiers, das, wenn es in schwach angefeuchtem Zustande auf einer Glasplatte, die mit weissem Papier unterlegt war, ausgebreitet wurde, den Beginn der sauren Reaction der darauf getüpfelten Blutlösung scharf angab. Voraussetzung ist dabei, dass das Papier in einem feuchten Zustande erhalten bleibt und dass der getüpfelte Tropfen nach einigen (10 — 20) Secunden mittelst neutralen Filtrirpapiers wieder abgesogen wird.

Um nun noch kurz die Methode zu skizziren, mittelst der ich meine Versuchsthiere Muskelarbeit verrichten liess, so benutzte ich bei kleinen Thieren den schon oft als geeignet erprobten intermittirenden Tetanus mittelst zweier in die Rückenhaut eingestossenen Plattenelektroden, welche die Pole der secundären Spirale eines Du Bois'schen Schlitten bildeten. Bei grösseren Thieren benutzte ich das von Lehmann und Zuntz<sup>2)</sup> beschriebene und mir gütigst zur Verfügung gestellte Tretrad, welches den wesentlichen Vortheil bot, dass die geleistete Ar-

<sup>1)</sup> In einigen Fällen wurde  $Na_2SO_4$  verwendet, das aber die Gerinnung weniger vollkommen verhindert.

<sup>2)</sup> Landwirthsch. Jahrbr. XVIII. No. 6. 1889.

beit aus den Umdrehungen des Rades (unter Berücksichtigung der Steigung) berechnet werden konnte.

Die Gesamtarbeit setzt sich nehmlich aus der Steigarbeit und der Wegarbeit zusammen. Unter ersterer verstehe ich die behufs Ueberwindung der Bahnneigung zu leistende Muskelarbeit. Man berechnet sie, indem man folgende Factoren multiplizirt: Gewicht des arbeitenden Individuums, Anzahl der Radumdrehungen, Länge des einer Radumdrehung entsprechenden Bahnabschnittes, Sinus des Steigungswinkels. Unter Wegarbeit verstehe ich die behufs Zurücklegung einer bestimmten horizontalen Strecke zu leistende Muskelarbeit. Herr Professor Zuntz hat in einer noch nicht publicirten, aber mir gütigst zugänglich gemachten Arbeit, die pro Kilo Hund und pro Meter horizontalen Weges geleistete Arbeit (aus dem Sauerstoffverbrauch des Hundes) auf 0,16034 kg berechnet. Die von mir so bezeichnete „Wegarbeit“ findet man also durch Multiplication dieses Factors mit dem Gewicht des Hundes und der zurückgelegten Wegstrecke.

Schliesslich hebe ich hervor, dass jeder Versuch aus einer Blutalkalescenzbestimmung bei Ruhe und einer oder mehreren bei Arbeit des Versuchsthiere bestand, und ich füge hinzu, dass die Arbeitsprobe stets während der Muskelthätigkeit aufgefangen wurde.

Zunächst war die Genauigkeit meiner Methode zu bestimmen, die Fehlerquellen aufzusuchen und ihre Grösse festzustellen. Zu diesem Behufe machte ich theils Parallelbestimmungen der Zusammensetzung nach bekannter Flüssigkeitsgemenge (Blut, Serum u. s. w.), theils controlirte ich die schon längst bekannten Erfahrungen über den Einfluss der Gerinnung, der  $\text{CO}_2$  Einleitung<sup>1)</sup> u. s. w. auf die Blutreaction.

I. 19. Febr. 20 ccm Pferdeserum (schwach röthlich) verbrauchen 31,56 ccm Säure.

100 ccm = 157,8 ccm = 0,473 g Säure, entsprechend 252 mg NaOH.

II. 27. Febr. 20 ccm Pferdeserum verbrauchten 30,6 ccm Säure.

100 ccm Pferdeserum = 153,0 ccm = 459 mg Säure, entsprechend 247 mg NaOH.

<sup>1)</sup> s. Zuntz in Hermann, Handbuch der Physiologie. IV. 2. S. 72. 1882.

III. 27. Febr. 10 ccm Pferdeserum + 20 ccm Wasser coagulirt, abgepresst und wieder auf 30 ccm aufgefüllt: 6,2 ccm Säure.

Desgleichen 2. Probe: 5,9 ccm Säure.

Mittelwerth 6,0.

100 ccm = 60 ccm Säure = 180 mg Säure, entsprechend 96 mg NaOH.

Also bewirkt die Gerinnung eine Abnahme von 151 mg NaOH pro 100 ccm Serum.

IV. 27. Febr. Je 20 ccm defibrinirtes Pferdeblut werden abgemessen, der eine Theil mit  $\text{CO}_2$  gesättigt. — Beide sedimentiren.

Portion I. Ohne  $\text{CO}_2$ .

5 ccm Serum brauchen 7,6 ccm Säure.

100 ccm Serum brauchen 152 ccm Säure = 456 mg Säure, entsprechend 243 mg NaOH.

5 ccm Cruor + 5 ccm NaCl-Lösung brauchen 14,1 ccm Säure.

100 ccm Cruor = 282 ccm Säure = 846 mg Säure, entsprechend 452 mg NaOH.

Portion II. Mit  $\text{CO}_2$ .

5 ccm Serum brauchen 10,0 ccm Säure.

100 ccm Serum brauchen 200,0 ccm Säure = 0,600 g Säure, entsprechend 320 mg NaOH.

5 ccm Cruor + 5 ccm NaCl-Lösung brauchen 11,5 ccm Säure.

100 ccm Cruor brauchen 230 ccm Säure = 690 mg Säure, entsprechend 368 mg NaOH.

Durch  $\text{CO}_2$ -Zufuhr hat sich also die Alkalescenz des Serum vermehrt pro 100 ccm um 77 mg, die des Cruor hat abgenommen um 84 mg NaOH, während die Alkalescenz des Gesamtblutes unverändert geblieben ist.

V. 22. Febr. 20 ccm defibrinirtes Hundeblood brauchen 55,55 ccm Säure.

100 ccm defibrinirtes Hundeblood brauchen 277,75 ccm Säure = 833 mg Säure, entsprechend 444 mg NaOH.

VI. 22. Febr. 10 ccm Hundeblood + 10 ccm 20 prozentiger NaCl-Lösung brauchen 27,2 ccm Säure.

100 ccm brauchen 272 ccm = 816 mg Säure, entsprechend 435 mg NaOH.

VII. 23. Febr. 20 ccm Hundeserum brauchen 30,4 ccm Säure.

100 ccm Hundeserum brauchen 152,0 ccm Säure = 456 mg Säure, entsprechend 244 mg NaOH.

Also 100 ccm Serum (vom Hunde) enthalten 192 mg NaOH weniger, als 100 ccm Blut, entsprechend einer Differenz von etwa 44 pCt.

VIII. 11. März. 5 ccm Serum (eines vor 48 Stunden getöteten Hundes) brauchen 6,9 ccm Säure.

100 ccm = 138 ccm Säure = 414 mg Säure, entsprechend 222 mg NaOH.

5 ccm Cruor desselben Hundes brauchen

100 ccm = 280 ccm Säure = 840 mg Säure, entsprechend 450 mg NaOH.

Nachdem in den geschilderten Versuchen die Fehlerquellen als relativ geringe gefunden waren, wurden zunächst die über das ruhende und arbeitende Kaninchen bekannten Erfahrungen nach meiner Methode controlirt.

IX. 6. April. Mittelgrosses Kaninchen.

11 Uhr 15 Min. 0,8 Chloral subcutan.

12 Uhr. 5,2 ccm Blut aus der Carotis entnommen und titrirt, gebraucht 8,7 ccm Säure.

100 ccm = 167,3 ccm = 502 mg Säure, entsprechend 268 mg NaOH.

12 Uhr 10—15 Min. Das Thier mittelst zweier Elektroden, deren eine unter der Nackenhaut, deren andere unter der Haut der Kreuzgegend befestigt ist, abwechselnd je 10 Sec. tetanisirt und 10 Sec. Ruhe.

12 Uhr 15 Min. 5,3 ccm aus der Carotis entnommen und titrirt, verbraucht 6,3 ccm Säure.

100 ccm = 114,5 ccm = 344 mg Säure, entsprechend 184 mg NaOH.

Also Abnahme pro 100 ccm 84 mg NaOH = 31,3 pCt.

X. 6. April. Mittelgrosses Kaninchen mit Heu gefüttert.

12 Uhr 55 Min. 4,8 ccm Blut aus der Carotis entnommen und titrirt, verbraucht 9,7 ccm Säure.

100 ccm = 202 ccm = 606 mg Säure, entsprechend 324 mg NaOH.

1 Uhr. 0,8 Chloral subcutan.

1 Uhr 30 Min. Elektroden eingebunden.

1 Uhr 40—45 Min. Abwechselnd 10 Sec. Tetanus und 10 Sec. Ruhe.

2 Uhr 10—15 Min. Desgleichen.

2 Uhr 15 Min. 4,8 ccm Blut aus der Carotis entnommen und titrirt, verbraucht 7,2 ccm Säure.

100 ccm = 150 ccm = 450 mg Säure, entsprechend 240 mg NaOH.

Also Abnahme pro 100 ccm Blut = 84 mg = 31,3 pCt.

XI. 14. Mai. Kaninchen von 1300 g mit Hafer gefüttert.

11 Uhr 55 Min. 0,02 Morphium subcutan.

12 Uhr 20 Min. Thier aufgebunden.

12 Uhr 55 Min. Ruheprobe. 4,7 ccm verbrauchten 8,8 ccm Säure.

100 ccm = 185,1 ccm = 555 mg Säure, entsprechend 296 mg NaOH.

1 Uhr bis 1 Uhr 3 Min. Abwechselnd je 10 Sec. Tetanus, 10 Sec. Ruhe.

2 Uhr 15 Min. bis 2 Uhr 21 Min. Desgleichen.

2 Uhr ? Das Auffangen der Arbeitsprobe verzögert sich einige Zeit.

5,3 ccm Blut verbrauchen 7,2 ccm Säure.

100 ccm = 136 ccm = 405 mg Säure, entsprechend 218 mg NaOH.

Also Abnahme der Alkalescenz pro 100 ccm Blut 78 mg NaOH = 26,4 pCt.

XII<sup>1</sup>). 31. Mai. Mittelgrosses schwarzes Kaninchen, mit Hafer gefüttert.

8 Uhr 30 Min. 0,02 Morphin subcutan.

<sup>1</sup>) Dieser Versuch ist mit der in ihrer Concentration verminderter Säure angestellt.

11 Uhr 50 Min. Thier aufgebunden.  
 11 Uhr 55 Min. Ruheprobe.  
 4,5 ccm verbrauchen 11,4 ccm Säure.  
 $100 \text{ ccm} = 253,5 \text{ ccm Säure}$ , entsprechend 290 mg NaOH.  
 11 Uhr 57 Min. bis 12 Uhr 5 Min. Intermittirender Tetanus.  
 12 Uhr 6 Min. 4,7 ccm aus der Carotis entnommen und titrirt, sie verbrauchten 6,0 ccm der Säure.  
 $100 \text{ ccm} = 127,6 \text{ ccm Säure}$ , entsprechend 146 mg NaOH.  
 Also Abnahme der Alkalescenz  $100 \text{ ccm} = 144 \text{ mg NaOH} = 49,7 \text{ pCt.}$   
 12 Uhr 8 Min. bis 12 Uhr 24 Min. Intermittirender Tetanus.  
 12 Uhr 25 Min. Thier stirbt plötzlich. Die aufgefangene Blutmenge, welche schwach, aber deutlich alkalisch reagirt, genügt nicht zur quantitativen Bestimmung.

Die angeführten Versuche bestätigen das schon von Zuntz und Geppert u. A. gefundene Resultat, dass die Blutalkalescenz des Kaninchens durch Muskelarbeit herabgesetzt wird und progressiv so tief sinken kann, dass der Tod des Versuchsthiere erfolgt. Ich stehe nicht an, diesen Exitus — trotz der noch vorhandenen schwachen Alkalescenz des Blutes — als Folge der (Milch?)-Säurevergiftung zu deuten.

Die weiteren Versuche wurden sämmtlich an einem kurzhaarigen, männlichen Hunde ausgeführt; da die Nahrung desselben periodenweise geändert wurde — worüber in den einzelnen Versuchsprotocollen berichtet wird — so schwankte sein Körpergewicht zwischen einem Minimum von 22350 und einem Maximum von 27940 g.

Die Versuche sind — wo nicht anders angegeben — an dem seit 24 Stunden nüchternen Thiere angestellt.

Während der ersten Periode, dauernd vom 8.—25. März erhielt der Hund in je 24 Stunden 750 g Fleisch + 100 g Fett, d. h. 142,5 g Eiweiss + 122,5 g Fett, entsprechend 1727,5 Calorien.

XIII. 19. März. Der Hund seit 24 Stunden nüchtern.

11 Uhr. Ruheprobe.  
 5 ccm titrirt brauchten 12,1 ccm Säure.  
 $100 \text{ ccm} = 242 \text{ ccm Säure} = 726 \text{ mg Säure}$ , entsprechend 387 mg NaOH.  
 11 Uhr 20 Min. Hund auf das Tretrad geführt. Horizontal.  
 11 Uhr 50 Min. Arbeit geschlossen.  
 5 ccm, die während der Arbeit gewonnen, titrirt. Sie brauchten 10,9 ccm Säure.  
 $100 \text{ ccm} = 218 \text{ ccm Säure} = 654 \text{ mg Säure}$ , entsprechend 349 mg NaOH.  
 Abnahme pro 100 ccm = 38 mg.

XIV. 22. März. Derselbe Hund hat  $8\frac{1}{2}$  Uhr Morgens sein Futter erhalten.  
 1 Uhr 20 Min. Ruheprobe.

5,5 ccm brauchten 13,75 ccm Säure.

100 ccm = 250 ccm Säure = 750 mg Säure, entsprechend 400 mg NaOH.

1 Uhr 30 Min. Auf das Tretrad geführt, bergan.

2 Uhr 5 Min. Arbeit und Blutgewinnung beendet.

5,5 ccm Blut brauchten 11,7 ccm Säure.

100 ccm = 212,7 ccm Säure = 638 mg Säure, entsprechend 340 mg NaOH.

Also Abnahme der Alkalescenz pro 100 ccm = 60 mg.

XV. 24. März. Derselbe Hund, nüchtern.

1 Uhr. Ruheprobe.

5 ccm brauchten 12,8 ccm Säure.

100 ccm brauchten 256 ccm Säure = 768 mg Säure, entsprechend 410 mg NaOH. (Dieser Werth ist vermutlich etwas zu hoch.)

1 Uhr 15 Min. Auf die Tretbahn geführt, bergan.

1 Uhr 50 Min. Arbeit und Blutgewinnung abgeschlossen.

5 ccm brauchten 10,2 ccm Säure.

100 ccm brauchten 204 ccm Säure = 612 mg Säure, entsprechend 326 mg NaOH.

Also Abnahme der Alkalescenz 84 mg (?).

XVI. 16. April. Derselbe Hund.

9 Uhr 45 Min. Ruheprobe.

4,8 ccm brauchten 11,8 ccm Säure.

100 ccm Blut = 245,8 ccm = 737 mg Säure, entsprechend 394 mg NaOH.

10 Uhr 15 Min. Hund auf die Tretbahn geführt; Tourenzähler 8768, Steigung 8° 10'.

10 Uhr 50 Min. Arbeit und Blutprobe abgeschlossen; Tourenzähler 9641.

Weg 2307,3 m, Steigarbeit 7538,6 kg, Weganarbeit 8716 kg, Gesamtarbeit 16254,8 kg.

4,7 ccm brauchten 10,4 ccm Säure.

100 ccm Blut = 221,2 ccm = 664 mg Säure, entsprechend 354 mg NaOH.

Es ergibt sich aus den angeführten Versuchen, dass auch beim Hunde, bei mässiger Arbeit, eine Abnahme der Blutalkalescenz durch Muskelthätigkeit eintritt. Dieselbe ist eine sehr geringe und betrug in meinen Versuchen im Durchschnitt 10,7 pCt.

Von der Idee ausgehend, dass es durch weitere Beschränkung des Eiweisses in der Nahrung (bei gleichbleibendem Caloriengehalt) möglich sein würde, den Hund dem Kaninchen ähnlicher und die Alkalescenzabnahme daher deutlicher zu machen, wurde meinem Hunde vom 23. März bis 15. April stickstoffarme

Kost (225 g Reiss + 100 g Fett) pro 24 Stunden verabreicht. Diese Nahrung enthielt nur etwa 13,5 g Eiweiss, deckte dagegen das Wärmebedürfniss reichlich. Der in Fett gedämpfte Reiss wurde von dem Hunde mit Wohlbehagen verzehrt.

XVII. 26. März.

11 Uhr 30 Min. 5 ccm Blut dem ruhenden Thiere entnommen und titrirt.  
5 ccm brauchten 11,5 ccm Säure.  
100 ccm brauchten 230,0 ccm Säure = 690 mg Säure, entsprechend 368 mg NaOH.

XVIII. 29. März. Derselbe Hund.

10 Uhr 30 Min. Ruheprobe.  
4,7 ccm brauchten 10,1 ccm Säure.  
100 ccm brauchten 214,9 ccm Säure = 645 mg Säure, entsprechend 344 mg NaOH.

XIX. 30. März. Derselbe Hund nüchtern.

1 Uhr Ruheprobe.  
5 ccm brauchten 10,6 ccm Säure.  
100 ccm brauchten 212 ccm Säure = 636 mg Säure, entsprechend 340 mg NaOH.  
1 Uhr 47 Min. Hund auf die Tretbahn geführt.  
2 Uhr 32 Min. Arbeit und Blutgewinnung beendet.  
5 ccm brauchten 9,2 ccm Säure.  
100 ccm brauchten 184 ccm Säure = 552 mg Säure, entsprechend 297 mg NaOH.

Demnach Abnahme der Alkalescenz 46 mg NaOH pro 100 ccm.

XX. 31. März. Derselbe Hund nüchtern.

11 Uhr. Ruheprobe.  
5,1 ccm brauchten 11,3 ccm Säure.  
100 ccm brauchten 221,1 ccm Säure = 663 mg Säure, entsprechend 354 mg NaOH.  
11 Uhr 12 Min. Hund auf die Tretbahn geführt.  
11 Uhr 52 Min. Blutgewinnung und Arbeit beendet.  
5 ccm brauchten 9,2 ccm Säure.  
100 ccm brauchten 184 ccm Säure = 552 mg Säuren, entsprechend 294 mg NaOH.

Also Abnahme der Alkalescenz 60 mg NaOH pro 100 ccm.

Die angeführten Versuche zeigen, dass die Gesammtalkalescenz des Blutes unter der Reissnahrung allmählich abnahm (von durchschnittlich 383 mg NaOH auf 351 mg), und sie beweisen ferner, dass die erwartete Steigerung der Alkalescenzabnahme bei Muskelarbeit nicht ausgeblieben ist; während ich früher nur 10,7 pCt. Abnahme erreichte, fand ich durchschnittlich 16 pCt. Abfall.

In der Hoffnung, durch Steigerung der Arbeitsleistung grössere Abfälle zu erzielen, wurden nun einige langdauernde Arbeitsversuche theils mit Reiss-, theils mit beschränkter Fleischkost (wie anfangs) angestellt.

XXI. 4. April. Hund nüchtern.

10 Uhr 30 Min. Ruheprobe.

5,3 ccm brauchten 11,6 ccm Säure.

100 ccm brauchten 218 ccm Säure = 656 mg Säure, entsprechend 350 mg NaOH.

10 Uhr 55 Min. Thier aufgeföhrt. Tourenzähler 2252. Steigung bergen  $10^{\circ} 55'$ .

12 Uhr 45 Min. I. Probe. Tourenzähler 4532.

Weg 6026 m. Steigarbeit 27538 kgm, Wegarbeit 23315 kgm, Gesamtarbeit 50853 kgm.

4,85 ccm brauchten 10,0 ccm Säure.

100 ccm brauchten 205,1 ccm Säure = 615 mg Säure, entsprechend 328 mg NaOH.

1 Uhr 40 Min. II. Probe. Tourenzähler 5973.

Weg 9834,6 m, Steigarbeit 44930 kgm, Wegarbeit 38050 kgm, Gesamtarbeit 82980 kgm.

5,1 ccm brauchten 13,7 ccm Säure.

100 ccm Blut = 268 ccm Säure = 804 mg Säure, entsprechend 430 mg NaOH.

XXII. 8. April. Derselbe Hund, nüchtern.

10 Uhr 50 Min. Ruheprobe.

5,8 ccm brauchten 13,5 ccm Säure.

100 ccm brauchten 232,7 ccm = 698 mg Säure, entsprechend 372 mg NaOH.

11 Uhr. Hund auf die Tretbahn geföhrt. Steigung  $6^{\circ} 30'$ ; Tourenzähler 1862.

11 Uhr 35 Min. I. Probe. Tourenzähler 2700.

Weg 2224,8 m, Steigarbeit 5942,2 kgm, Wegarbeit 8366,6 kgm, Gesamtarbeit 14308,8 kgm.

5,6 ccm brauchten 10,2 ccm Säure.

100 ccm brauchten 183,6 ccm Säure = 551 mg Säure, entsprechend 294 mg NaOH.

1 Uhr 20 Min. II. Probe. Tourenzähler 5742. Weg 10255 m.

Steigarbeit 27513 kgm, Wegarbeit 38739 kgm, Gesamtarbeit 66252 kgm.

5,3 ccm brauchten 16,5 ccm Säure.

100 ccm brauchten 311,3 ccm Säure = 934 mg Säure, entsprechend 498 mg NaOH.

XXIII. 9. April. Derselbe Hund, nüchtern.

10 Uhr. Ruheprobe.

5,1 ccm brauchten 10,9 ccm Säure.

100 ccm brauchten 213,7 ccm = 641 mg Säure, entsprechend 342 mg NaOH.

10 Uhr 35 Min. wird der Hund auf die Tretbahn geführt; Tourenzähler 5742.

12 Uhr 40 Min. Blutgewinnung und Arbeit abgeschlossen. Tourenzähler 8744.

Weg 7934,3 m, Weganarbeit 29973 kgm.

4,7 ccm brauchten 12,7 ccm Säure.

100 ccm brauchten 270,2 ccm Säure = 811 mg Säure, entsprechend 434 mg NaOH.

XXIV. 23. April. Derselbe Hund, nüchtern.

10 Uhr. Ruheprobe.

4,9 ccm (von 5,3) titrirt. Sie brauchten 11,5 ccm Säure.

100 ccm Blut: 234,7 ccm = 704 mg Säure, entsprechend 376 mg NaOH.

10 Uhr 5 Min. Hund auf die Tretbahn geführt. Steigung 8° 10', Tourenzähler 321.

10 Uhr 35 Min. I. Probe. Tourenzähler 1321. Weg 2643 m.

Steigarbeit 8478,8 kgm, Weganarbeit 9471,5 kgm, Gesammtarb. 17950,3 kgm.

4,7 (von 5,1) ccm brauchten 10,0 ccm Säure.

100 ccm Blut brauchten 212,8 ccm Säure = 638 mg Säure, entsprechend 340 mg NaOH.

1 Uhr. II. Probe. Tourenzähler 4615; Weg 11349 m.

Steigarbeit 36033 kgm, Weganarbeit 40671 kgm, Gesammtarbeit 76704 kgm.

4,7 (von 5,1) ccm brauchten 11,2 ccm Säure.

100 ccm Blut = 238,3 ccm = 715 mg Säure, entsprechend 382 mg NaOH.

XXV. 26. April. Derselbe Hund, nüchtern.

11 Uhr 20 Min. Ruheprobe.

4,4 (von 4,7) ccm brauchten 9,8 ccm Säure.

100 ccm Blut = 227,7 ccm = 668 mg Säure, entsprechend 356 mg NaOH.  
(Wahrscheinlich etwas zu geringer Werth.)

11 Uhr 30 Min. Thier aufgeführt; Tourenzähler 4615. Steigung 8° 10'.

12 Uhr 3 Min. I. Probe. Tourenzähler 5503; Weg 2347 m.

Steigarbeit 8334,8 kgm, Weganarbeit 9408 kgm, Gesammtarbeit 17742,8 kgm.

4,6 (von 4,9) ccm brauchten 7,8 ccm Säure.

100 ccm Blut: 169,6 ccm = 509 mg Säure, entsprechend 272 mg NaOH.

1 Uhr 55 Min. II. Probe. Tourenzähler 8132, Weg 9294 m.

Steigarbeit 33011 kgm, Weganarbeit 37255 kgm, Gesammtarbeit 70266 kgm.

4,5 (von 4,8) ccm brauchten 9,8 ccm Säure.

100 ccm Blut = 217,6 ccm = 653 mg Säure, entsprechend 348 mg NaOH.

XXVI. 13. Mai. Derselbe Hund.

2 Uhr 10 Min. Ruheprobe.

4,5 (von 5,0) ccm brauchten 9,4 ccm Säure.

100 ccm Blut = 208,8 ccm = 626 mg Säure, entsprechend 334 mg NaOH.

2 Uhr 20 Min. Hund auf die Tretbahn geführt. Steigung 4° 25'; Tourenzähler 6579.

4 Uhr 15 Min. Arbeit und Probe abgeschlossen. Tourenzähler 10647  
Weg 10752 m.

Steigarbeit 22355 kgm, Weganarbeit 48168 kgm, Gesammtarbeit 70523 kgm.

4,6 ccm (von 5,1) brauchten 11,0 ccm Säure.

100 ccm Blut: 239,1 ccm = 717 mg Säure, entsprechend 382 mg NaOH.

Diese Versuche haben die Erwartungen in keiner Weise erfüllt. Statt, dass wie ich vermutet hatte, mit wachsender Arbeit eine zunehmende Säuremenge sich entwickeln und die Blutalkalescenz demgemäß abnehmen würde, zeigte sich, dass der durch kurze Arbeitsdauer zu erreichende Abfall alsbald wieder ausgeglichen wird, ja, dass in einigen Fällen die nach längerer Muskelthätigkeit erreichte Alkalescenz die Ruhewerthe überwog.

Nach diesen Wahrnehmungen schien es nöthig, in weiteren Versuchen noch kürzere Arbeitsleistungen als in den ersten Experimenten verrichten zu lassen, um so das Optimum des Alkalescenzabfalles zeitlich zu bestimmen. Die Versuche wurden bei reichlicher Reisskost (300 g Reiss + 100 g Fett) vorgenommen.

XXVII. 31. Mai. Derselbe Hund. (Die absoluten Werthe dieses Versuches sind wahrscheinlich alle etwas zu hoch.)

8 Uhr 45 Min. Ruheprobe.

5,2 ccm brauchten 12,8 ccm Säure.

100 ccm Blut = 246,1 ccm = 738 mg Säure, entsprechend 393 mg NaOH.

9 Uhr 7 Min. Auf die Tretbahn geführt. Steigung bergen 5° 35'; Tourenzähler 3020.

9 Uhr 22 Min. I. Probe. Tourenzähler 3452; Weg 1141,8 m.

Steigarbeit 3141,6 kgm; Weganarbeit 4943 kgm; Gesammtarbeit 8084,6 kgm  
5,1 ccm brauchten 10,2 ccm Säure.

100 ccm Blut = 200 ccm = 600 mg Säure, entsprechend 320 mg NaOH.

II. Probe 9 Uhr 33 Min. Tourenzähler 3740. (Der Hund erscheint, da der Tag ein äusserst heißer ist, sehr erschöpft.) Weg 1902,9 m.

Steigarbeit 5234,4 kgm; Weganarbeit 8238 kgm; Gesammtarb. 13472,4 kgm.  
5 ccm brauchten 11,4 ccm Säure.

100 ccm Blut = 228 ccm = 684 mg Säure, entsprechend 365 mg NaOH.

XXVIII. 1. Juni. Derselbe Hund. Sehr heißer Tag.

9 Uhr 55 Min. Ruheprobe.

5,2 ccm brauchten 10,7 ccm Säure.

100 ccm Blut = 206 ccm = 618 mg Säure, entsprechend 329 mg NaOH.

10 Uhr 1 Min. Hund auf die Tretbahn geführt. Steigung bergen 5° 35'; Tourenzähler 3749.

10 Uhr 7 Min. I. Probe. Tourenzähler 3924; Weg 462,5 m.

Steigarbeit 1272,3 kgm, Weganarbeit 2002,2 kgm, Gesammtarb. 3274,5 kgm.  
6,0 ccm brauchen 12,0 ccm Säure.

100 ccm Blut = 200 ccm = 600 mg Säure, entsprechend 320 mg NaOH.

10 Uhr 17 Min. II. Probe. Tourenzähler 4215; Weg 1231,7 m.

Steigarbeit 3387,9 kgm, Weganarbeit 5210,9 kgm, Gesammtarb. 8598,8 kgm.  
4,4 ccm brauchten 7,7 ccm Säure.

100 ccm Blut = 175 ccm = 525 mg Säure, entsprechend 280 mg NaOH.  
10 Uhr 32 Min. III. Probe. Tourenzähler 4651; Weg 2384 m.

Steigarbeit 6557,7 kgm, Weganarbeit 10320,7 kgm, Gesammtarb. 16878,4 kgm.  
4,6 ccm brauchten 8,5 ccm Säure.

100 ccm Blut = 185 ccm = 555 mg Säure, entsprechend 296 mg NaOH.

Die beiden Versuche zeigen also übereinstimmend, dass das Maximum der Alkalescenzabnahme nach einer Arbeit von etwa 15 Minuten erreicht ist, während nach dieser Zeit wieder ein allmählicher Ausgleich beginnt. In einer weitern Versuchsreihe wurde nun dem Hunde eine reichliche Fleischkost (2000 g sehnens- und knochenfreies Fleisch in 24 Stunden) entsprechend 380 g Eiweiss + 60 g Fett = 2180 Calorien geboten und dabei die Arbeitsversuche theils von kürzerer, theils von längerer Dauer wiederholt.

XXIX. 29. April. Derselbe Hund (seit 27. April 2000 g Fleisch).

8 Uhr 40 Min. Ruheprobe.

5,2 (von 5,7) ccm brauchten 10,4 ccm Säure.

100 ccm Blut = 200 ccm = 600 mg Säure, entsprechend 320 mg NaOH.

9 Uhr. Hund aufgeföhrt. Steigung bergan 8° 18'; Tourenzähler 8132.

9 Uhr 45 Min. I. Probe. Tourenzähler 9113; Weg 2592,8 m.

Steigarbeit 10062 kgm, Weganarbeit 10803 kgm, Gesammtarbeit 20865 kgm.

3,8 (von 4,1) ccm brauchten 8,0 ccm Säure.

100 ccm Blut = 210,5 ccm = 632 mg Säure, entsprechend 338 mg NaOH.

XXX. 6. Mai. Derselbe Hund.

2 Uhr 30 Min. Ruheprobe.

4,4 ccm (von 4,7) brauchten 9,6 ccm Säure.

100 ccm Blut = 218,4 ccm = 655 mg Säure, entsprechend 350 mg NaOH.

2 Uhr 35 Min. Aufgeföhrt auf die Tretbahn. Steigung bergan 4° 6'; Tourenzähler 6173.

3 Uhr 45 Min. I. Probe. Tourenzähler 7312; Weg 3010,4 m.

Steigarbeit 6139,3 kgm, Weganarbeit 13149 kgm, Gesammtarb. 19288,3 kgm.

4,7 ccm (von 5,0) brauchten 9,4 ccm Säure.

100 ccm Blut = 200 ccm = 600 mg Säure, entsprechend 320 mg NaOH.

5 Uhr 5 Min. II. Probe. Tourenzähler 10206; Weg 10659 m.

Steigarbeit 21738 kgm, Weganarbeit 46558 kgm, Gesammtarbeit 68296 kgm.

4,6 ccm (von 4,9) brauchten 9,4 ccm Säure.

100 ccm Blut = 204 ccm = 612 mg Säure, entsprechend 326 mg NaOH.

XXXI. 7. Mai. Derselbe Hund (hat 12½ Uhr gefressen).

2 Uhr 55 Min. Rubeprobe.

5,2 ccm Blut + 45 ccm  $MgSO_4$  sedimentiren 24 Stunden lang.

20 ccm abpipettirtes Serumgemisch brauchten 3,0 ccm Säure.

100 ccm = 15 ccm = 45 mg Säure, entsprechend 24 mg NaOH.

Der Rest (30,2 ccm) Cruorgemisch gut umgeschüttelt und titriert. Verbraucht 7,5 ccm Säure.

100 ccm = 24,8 ccm = 74 mg Säure, entsprechend 40 mg NaOH.

Für die gesammten 5,2 ccm Blut sind also verbraucht 10,5 ccm Säure.

100 ccm = 202 ccm = 606 mg Säure, entsprechend 324 mg NaOH.

3 Uhr. Hund auf das Tretrad geführt. Steigung bergen  $4^{\circ} 25'$ ; Tourenzähler 206.

3 Uhr 30 Min. Arbeit und Probe abgeschlossen. Tourenzähler 1303  
Weg 2899,4 m.

Steigarbeit 6368,9 kgm, Weganarbeit 12664 kgm, Gesamtarb. 19032,9 kgm.  
5,2 ccm Blut + 45 ccm  $MgSO_4$  sedimentiren 24 Stunden lang.

20 ccm abpipettirtes Serumgemisch verbrauchten 3,1 ccm Säure.

100 ccm = 15,5 ccm = 47 mg Säure, entsprechend 26 mg NaOH.

Der Rest (30,2 ccm) Cruorgemisch gut umgeschüttelt und titriert. Verbraucht 7,2 ccm Säure.

100 ccm = 23,8 ccm = 71 mg Säure, entsprechend 38 mg NaOH.

Für die gesammten 5,2 ccm Blut sind also verbraucht 10,3 ccm Säure.

100 ccm = 198 ccm = 594 mg Säure, entsprechend 318 mg NaOH.

#### XXXII. 10. Mai. Derselbe Hund nüchtern.

10 Uhr 15 Min. Ruheprobe.

5,0 ccm (von 5,5) verbrauchten 10,6 ccm Säure.

100 ccm Blut = 212 ccm = 636 mg Säure, entsprechend 340 mg NaOH.

10 Uhr 28 Min. Hund auf die Tretbahn geführt. Steigung bergen  $4^{\circ} 25'$ ;  
Tourenzähler 2553.

11 Uhr 15 Min. I. Probe. Tourenzähler 3700, Weg 3031,4 m.

Steigarbeit 6830,2 kgm, Weganarbeit 13580,6 kgm, Gesamtarb. 20418,8 kgm.

4,8 ccm (von 5,3) brauchten 10,1 ccm Säure.

100 ccm Blut = 210,4 ccm = 631 mg Säure, entsprechend 336 mg NaOH.

1 Uhr. II. Probe. Tourenzähler 6574, Weg 10636 m.

Steigarbeit 23944 kgm, Weganarbeit 47649 kgm, Gesamtarbeit 71593 kgm.

4,7 ccm (von 5,2) brauchten 10,0 ccm Säure.

100 ccm Blut = 208,6 ccm = 626 mg Säure, entsprechend 334 mg NaOH.

Die angeführten Versuche zeigen übereinstimmend, dass bei reichlicher Fleischkost dem Hunde eine bedeutendere Widerstandsfähigkeit gegen die bei der Muskelarbeit entwickelte Säure innewohnt, denn im Durchschnitt war bei diesen Versuchen nur ein Abfall der Blutalkalescenz um etwa 1,6 pCt. zu constatiren.

Der bessern Uebersicht wegen stelle ich in Folgendem die in den Hundever suchen gewonnenen Resultate zusammen.

No. des Versuchs.	Steig-arbeit. kgm	Weg-arbeit. kgm	Gesammt-arbeit. kgm	Arbeits-zeit.	Blut-alka-lescenz.	Nahrungs-weise.
XIII.	—	—	Ruhe	Ruhe	387	
	—	—	—	½ Std. horizontal	349	
XIV.	—	—	—	Ruhe	400	
	—	—	—	35 Min. bergen	340	750 g Fleisch
XV.	—	—	—	Ruhe	410	+ 100 g Fett.
	—	—	—	35 Min. bergen	326	
XVI.	—	—	—	Ruhe	394	
	7538,6	8716,2	16254,8	35 Min.	354	
XVII.	—	—	—	Ruhe	368	
XVIII.	—	—	—	Ruhe	344	
XIX.	—	—	—	Ruhe	340	
	—	—	—	35 Min.	294	
XX.	—	—	—	Ruhe	354	
	—	—	—	40 Min.	294	225 g Reiss
XXI.	—	—	—	Ruhe	350	
	27538	23315	50853	1 Std. 50 Min.	328	
	44930	38050	82980	2 - 45 -	430	+ 100 g Fett.
XXII.	—	—	—	Ruhe	372	
	5942,2	8366,6	14308,8	35 Min.	294	
	27513	38739	66252	2 Stdn. 20 Min.	498	
XXIII.	—	—	—	Ruhe	342	
	?	7934,3	?	2 Stdn. 5 Min.	434	
XXIV.	—	—	—	Ruhe	376	
	8478,8	9471,5	17950,3	30 Min.	340	
	36033	40671	76704	2 Stdn. 25 Min.	382	750 g Fleisch
XXV.	—	—	—	Ruhe	356?	
	8334,8	9408	17742	33 Min.	272	+ 100 g Fett.
	33011	37255	70266	2 Stdn. 25 Min.	348	
XXVI.	—	—	—	Ruhe	334	
	22355	48168	70523	1 Stde. 50 Min.	382	
XXVII.	—	—	—	Ruhe	393?	
	3141,6	4943	8084,6	15 Min.	320	
	5234,4	8238	13472,4	26 -	365	300 g Reiss
XXVIII.	—	—	—	Ruhe	329	
	1272,3	2002,2	3274,5	6 Min.	320	+ 100 g Fett.
	3378,9	5210,9	8598,8	16 -	280	
	6557,7	10320,7	16878,4	31 -	296	
XXIX.	—	—	—	Ruhe	320	
	10062	10803	20865	45 Min.	338	
XXX.	—	—	—	Ruhe	350	
	6139,3	13149	19288	1 Stde. 10 Min.	320	
	21738	46558	68296	2 Stdn. 30 -	326	2000 g Fleisch.
XXXI.	—	—	—	Ruhe	324	
	6368,9	12664	19032,9	30 Min.	318	
XXXII.	—	—	—	Ruhe	340	
	6830,2	13580,6	20410,8	47 Min.	336	
	23944	47649	71593	2 Stdn. 32 Min.	334	

Resumire ich jetzt die aus meinen Versuchen sich ergebenen Resultate, so lassen sich diese in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Die Blutalkalescenz wird bei Fleisch- und Pflanzenfressern durch Muskelarbeit herabgesetzt.

2. Während es bei Pflanzenfressern mit Leichtigkeit gelingt, die Blutalkalescenz durch Steigerung der Muskelthätigkeit mehr und mehr herabzusetzen, tritt bei Fleischfressern nach einem — verhältnissmässig schnell erreichten — Minimum ein Regulationsmechanismus in Thätigkeit, der ein weiteres Absinken der Alkalescenz inhibirt.

3. Die Ernährungsweise ist von bedeutendem Einfluss auf die Blutalkalescenz des ruhenden und arbeitenden Thieres. Durch Beschränkung oder Entziehung der stickstoffreichen Kost gelingt es, den Fleischfresser dem Pflanzenfresser insofern ähnlich zu machen, als die Alkalescenzschwankungen bedeutendere werden. Eine Steigerung der Alkalescenzabnahme über ein gewisses Maass hinaus aber kann auf keinerlei Weise beim Fleischfresser erzielt werden.

Was die Erklärung dieser Resultate anlangt, so muss ich leider betonen, dass es mir aus äusseren Gründen nicht möglich gewesen ist, weitere Versuche nach dieser Richtung hin anzustellen. Die folgenden Erörterungen wollen deshalb mehr als Fingerzeige auf die verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten, denn als strenge Beweise einer bestimmten Theorie aufgefasst werden.

Der Umstand, der von den in der Einleitung aufgeführten Forschern zunächst in's Feld geführt wurde, um den eigenartigen Unterschied im Stoffwechsel des Pflanzen- und Fleischfressers zu erklären, ist der dem letzteren zur Verfügung stehende Vorrath an labilem Alkali. Als solches vermuteten und erwiesen die genannten Forscher das Ammoniak, dessen Ausscheidung sie unter Säuredarreichung bedeutend gesteigert sahen. Dass eine ähnliche Rolle dieses Endprodukts der Eiweisspaltung auch zur Erklärung der von mir gefundenen Thatsachen heranzuziehen ist, dürfte bereits a priori sehr wahrscheinlich sein, besonders wenn man die Schwankungen in meinen Resultaten berücksichtigt, die

durch den wechselnden N-Gehalt in der dargebotenen Nahrung hervorgerufen wurden. Allein ich muss zugeben, dass ein stricter Beweis für die angedeutete Behauptung nur durch quantitative Ammoniakbestimmungen im Harn des ruhenden und arbeitenden Fleischfressers gegeben werden kann, eine Versuchsreihe, auf welche später zurückzukommen ich mir vorbehalte.

Ein weiterer Umstand, der für die Erklärung der gefundenen Resultate, besonders des eigenthümlichen Alkalescenzminimums der Fleischfresser nicht von der Hand zu weisen ist, scheint mir die Zunahme der Concentration des Blutes bei der Muskelarbeit zu sein.

Wir wissen schon seit Ranke's<sup>1)</sup> Untersuchungen, dass das Blut während der Muskelthätigkeit an festen Substanzen zu-, an Wasser abnimmt. Diese Thatsache ist vielfach bestätigt worden<sup>2)</sup>, und auch ich habe bei Blutuntersuchungen meines Arbeitshundes sowohl durch Blutkörperchenzählung, wie durch Bestimmung der Färbezahl und der Trockensubstanz eine der Muskelthätigkeit entsprechende Eindickung des Blutes constatiren können.

In Folgendem gebe ich einige der hierher gehörigen Daten:  
Vers. XXVI. 1 ccm Blut der Ruheprobe enthält 4025000 Blutk.

1 - des nach Arbeitsabschluss gewonnenen Blutes  
enthält 7800000 Blutkörperchen.

- XXXII. 1 ccm des Ruhebluts enthält 4560000 Blutkörp.  
1 - - Arbeitsbluts - 7800000 -

Versuch XXXIII. 0,940 g Ruheblut hinterlassen 0,169 g Trockensubstanz  
= 17,98 pCt.

11 Uhr wird der Hund auf das Tretrad geführt; Steigung 5° 35', Tourenzähler 8627.

Die Arbeitsprobe wird um 1 Uhr entnommen. Tourenzähler 12226,  
Weg 9512,2 m.

Steigarbeit 25218 kgm, Wegarbeit 41474 kgm, Gesamtarbeit 66692 kgm.  
1,0315 g Arbeitsblut hinterlassen 0,2205 g Trockenrückstand = 21,37 pCt.  
Also Zunahme des Trockenrückstandes um 3,39 pCt.

In ähnlicher Weise nun, wie die Alkalescenz einer alkalischen Salzlösung mit der wachsenden Concentration steigt,

<sup>1)</sup> Tetanus. 1865. S. 87.

<sup>2)</sup> s. z. B. J. Cohnstein und Zuntz, Pflüger's Arch. XLII. S. 330.

könnte man daran denken, die progressive Eindickung des Blutes für die mehr oder weniger vollständige Compensation der durch die Muskelthätigkeit gebildeten Säure verantwortlich zu machen. So erklärt sich vielleicht auch der eigenthümliche Befund, den Drouin (Op. cit. p. 98) wiederholt machte und den auch ich einmal zu beobachten Gelegenheit fand: dass nehmlich die Alkalescenz des Serum's durch Muskelarbeit bedeutend herabgesetzt wurde, während die Alkalescenz des Gesammtblutes von den Ruhewerthen kaum abwich.

Eine dritte Möglichkeit, welche zur Erklärung der gefundenen Thatsachen herangezogen werden könnte, ist die Verschiedenheit in der Oxydationsgeschwindigkeit bei den verschiedenen Thierspecies. Wir haben uns vorzustellen, dass die bei der Muskelthätigkeit entstandenen sauren Umsatzprodukte im lebenden Organismus verbrannt werden, und der Gedanke, dass die Geschwindigkeit dieser Oxydation nach Ernährungsweise und Thierspecies verschieden sei, liegt nahe genug, wenn er auch — so weit mir bekannt — bisher noch nicht experimentell begründet worden ist.

Ob man nun derartige Differenzen in der Geschwindigkeit der Säureverbrennung für die Erklärung der von mir gefundenen Thatsachen verantwortlich machen soll, oder ob die früher erwähnten Punkte, die allmähliche Eindickung des Blutes oder der wechselnde  $\text{NH}_3$ -Gehalt des Fleischfresserorganismus hier von Einfluss sind, das bin ich zur Zeit noch nicht in der Lage zu entscheiden.

---

Vorstehende Arbeit war bereits abgeschlossen, als Dr. Adolf Löwy, der zu anderen Zwecken im Zuntz'schen Laboratorium blutalkalimetrische Untersuchungen anstellte, Beobachtungen machte und in einer vorläufigen Mittheilung<sup>1)</sup> veröffentlichte, welche die bisher übliche und auch von mir in Anwendung gezogene Titration deckfarbenen Blutes unzweckmässig erscheinen lassen.

Löwy constatirte, dass die bisher zur Verhütung der Blutgerinnung angewendeten üblichen Reagentien Natrium- und Magnesiumsulfat (besonders — was bei meinen Untersuchungen nicht

<sup>1)</sup> A. Löwy, Centralbl. f. klin. Med. 1892. No. 34.

in Betracht kommt — bei Eistemperatur) Veränderungen im Blute setzen, welche den im Leben bestehenden Diffusionsverkehr zwischen Blutkörperchen und Serum inhibiren und demgemäss zu niedrige Alkalescenzwerthe ergeben. Löwy empfiehlt daher bei der Alkalescenzbestimmung ausschliesslich lackfarbenes Blut zu verwenden und benutzt als zweckmässiges Reagens Glycerin oder Eiwasser. —

Lag auch das Wesentliche meiner obigen Versuche durchaus nicht in den gefundenen — und nach Löwy zu niedrig angesetzten — absoluten Zahlen, sondern vielmehr in den relativen durch Ruhe und Arbeit gefundenen Differenzen, so waren trotzdem Controlversuche mit der von Löwy angegebenen verbesserten Methode nöthig, um die Ergebnisse meiner Versuche beweiskräftig zu machen.

Es war zwar mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass etwaige Fehler bei allen Versuchen in gleicher Weise sich geltend gemacht haben würden, so dass die relativen Verhältnisse kaum anfechtbar schienen; aus den oben angeführten Gründen aber stellte ich einige Controlversuche mit lackfarbenem Blute ruhender und arbeitender Thiere bei Fleisch- und Pflanzenkost an, deren Resultate ich im Folgenden kurz wiedergebe.

Versuch XXXIV. 4. August. Hund von etwa 25 kg Gewicht. Tägliche Nahrung 225 g Reiss, 100 g Fett.

#### Ruheproben.

a) 5,05 g Blut<sup>1)</sup>) aufgefangen in  $MgSO_4$  (Zimmertemperatur) verbrauchen 10,7 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 224,7 ccm = 698 mg Säure, entspr. 372 mg NaOH.

b) 5,79 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser (Zimmertemperatur) verbrauchen 10,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 197,7 ccm = 612 mg Säure, entspr. 327 mg NaOH.

c) 3,42 g Blut aufgefangen in Glycerin (Zimmertemperatur) verbrauchen 8,4 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 260,4 ccm = 807 mg Säure, entspr. 430 mg NaOH.

1. Arbeitsproben. b' nach 5—10 Min., c' nach 10—15 Min., a' nach 15—20 Min. Arbeit auf dem Tretrade.

a') 5,05 g Blut aufgefangen in  $MgSO_4$  verbrauchen 9,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 206 ccm = 639 mg Säure, entspr. 339 mg NaOH.

<sup>1)</sup> Die Blutmenge wurde in diesem und den meisten folgenden Versuchen durch Wägung bestimmt, das specifische Gewicht wurde als 1060 angenommen und verrechnet.

b') 5,54 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser verbrauchen 10,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 191 ccm = 592 mg Säure, entspr. 316 mg NaOH.

c') 5,19 g Blut aufgefangen in Glycerin verbrauchen 11,4 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 236 ccm = 732 mg Säure, entspr. 390 mg NaOH.

2. Arbeitsproben nach 1 Stunde 10 Min. Arbeit auf dem Tretrade.

a'') 4,91 g Blut aufgefangen in  $MgSO_4$  verbrauchen 10,7 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 234 ccm = 725 mg Säure, entspr. 386 mg NaOH.

b'') 4,56 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser verbrauchen 9,4 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 221 ccm = 685 mg Säure, entspr. 365 mg NaOH.

c'') Verloren.

Versuch XXXV. 6. August. Derselbe Hund. Ebenso ernährt.

Ruheproben.

a) 4,90 g Blut aufgefangen in  $MgSO_4$  verbrauchen 10,5 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 227 ccm = 694 mg Säure, entspr. 370 mg NaOH.

b) 5,65 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser (Zimmertemperatur) verbrauchen 10,2 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 191 ccm = 592 mg Säure, entspr. 316 mg NaOH.

c) 4,34 g Blut aufgefangen in Glycerin (Zimmertemperatur) verbrauchen 10,5 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 257 ccm = 797 mg Säure, entspr. 425 mg NaOH.

1. Arbeitsproben. b' nach 5 Min., c' nach 10 Min., a' nach 13 Min. Arbeit auf dem Tretrade.

a') 5,73 g Blut aufgefangen in  $MgSO_4$  verbrauchen 10,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 200 ccm = 620 mg Säure, entspr. 330 mg NaOH.

b') 5,68 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser verbrauchen 9,5 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 179 ccm = 555 mg Säure, entspr. 296 mg NaOH.

c') 3,79 g Blut aufgefangen in Glycerin verbrauchen 6,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 194 ccm = 611 mg Säure, entspr. 325 mg NaOH.

2. Arbeitsproben nach 1 Stunde 40—55 Min. Arbeit auf dem Tretrade.

a'') 4,03 g Blut aufgefangen in  $MgSO_4$  verbrauchen 10,2 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 269 ccm = 834 mg Säure, entspr. 443 mg NaOH.

b'') 4,63 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser verbrauchen 9,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 227 ccm = 694 mg Säure, entspr. 370 mg NaOH.

c'') 3,12 g Blut aufgefangen in Glycerin verbrauchen 7,7 ccm Säure (einige rothe Gerinnsel!).

Also 100 ccm Blut = 261 ccm = 809 mg Säure, entspr. 431 mg NaOH.

Versuch XXXVI. 10. August. Derselbe Hund. Ebenso ernährt.

Ruheproben.

a) 3,83 g Blut in  $MgSO_4$  auf Eis aufgefangen brauchen 7,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 194 ccm = 524 mg Säure, entspr. 279 mg NaOH.

b) 3,08 g Blut in  $MgSO_4$  bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 7,6 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 261 ccm = 705 mg Säure, entspr. 376 mg NaOH.

c) 3,17 g Blut in destillirtem Wasser auf Eis aufgefangen brauchen 9,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 302 ccm = 815 mg Säure, entspr. 434 mg NaOH.

d) 5,13 g Blut in destillirtem Wasser bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 12,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 249 ccm = 672 mg Säure, entspr. 358 mg NaOH.

e) 2,69 g Blut in Glycerin auf Eis aufgefangen brauchen 7,4 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 291 ccm = 786 mg Säure, entspr. 419 mg NaOH.

f) 3,80 g Blut in Glycerin bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 10,3 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 287 ccm = 775 mg Säure, entspr. 413 mg NaOH.

1. Arbeitsproben nach 25—32 Minuten Arbeit auf dem Tretrade.

a') 5,89 g Blut in  $MgSO_4$  auf Eis aufgefangen brauchen 9,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 164 ccm = 443 mg Säure, entspr. 236 mg NaOH.

b') Verloren.

c') 5,96 g Blut in destillirtem Wasser auf Eis aufgefangen brauchen 13,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 232 ccm = 626 mg Säure, entspr. 334 mg NaOH.

d') 4,30 g Blut in destillirtem Wasser bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 9,3 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 230 ccm = 621 mg Säure, entspr. 331 mg NaOH.

e') Verloren.

f') 5,44 g Blut in Glycerin bei Zimmertemperatur aufgegangen brauchen 12,5 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 231 ccm = 623 mg Säure, entspr. 332 mg NaOH.

2. Arbeitsproben nach 2 Stunden bis 2 Stunden 10 Min. Arbeit auf dem Tretrade.

a'') 7,48 g Blut in  $MgSO_4$  auf Eis aufgefangen brauchen 14,5 mg Säure.

Also 100 ccm Blut = 206 ccm = 556 mg Säure, entspr. 296 mg NaOH.

b'') 5,38 g Blut in  $MgSO_4$  bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 13,3 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 268 ccm = 724 mg Säure, entspr. 386 mg NaOH.

c'') 7,38 g Blut in destillirtem Wasser auf Eis aufgefangen brauchen 19,3 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 277 ccm = 750 mg Säure, entspr. 400 mg NaOH.

d'') Verloren.

e'') 5,77 g Blut in Glycerin auf Eis aufgefangen brauchen 15,7 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 291 ccm = 786 mg Säure, entspr. 419 mg NaOH.

f'') 5,94 g Blut in Glycerin bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 16,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 286 ccm = 772 mg Säure, entspr. 411 mg NaOH.

Versuch XXXVII. 13. August. Derselbe Hund. Er hat seit dem 10. August täglich 2000 g Fleisch als Nahrung erhalten.

Ruheproben.

a) 5,62 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser auf Eis brauchen 20,1 ccm Säure (ziemlich reichliche Gerinnsel).

Also 100 ccm Blut = 380 ccm Säure<sup>1)</sup>.

b) 4,43 g Blut aufgefangen in Glycerin bei Zimmertemperatur brauchen 16,5 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 395 ccm Säure.

Arbeitsproben nach 20—25 Min. Arbeit auf dem Tretrade.

a') 3,94 g Blut aufgefangen in destillirtem Wasser auf Eis brauchen 14,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 399 ccm Säure.

b') 4,42 g Blut aufgefangen in Glycerin bei Zimmertemperatur brauchen 17,2 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 413 mg Säure.

Versuch XXXVIII. 17. August. Kaninchen von 1980 g.

9 Uhr 45 Min. 0,015 Morphin subcutan.

10 Uhr. Thier aufgebunden.

Ruheproben.

a) 3,10 g Blut in Glycerin aufgefangen brauchen 8,3 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 285 ccm = 798 mg Säure, entspr. 425 mg NaOH.

b) 5,51 g Blut in Magnesiumsulfat (bei Zimmertemperatur) aufgefangen brauchen 14,2 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 273 ccm = 764 mg Säure, entspr. 407 mg NaOH.

1. Arbeitsproben nach 4 Min. intermittirendem Tetanus.

a') 7,22 g Blut in Glycerin aufgefangen brauchen 13,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 191 ccm = 535 mg Säure, entspr. 285 mg NaOH.

b') 5,17 g Blut in Magnesiumsulfat aufgefangen brauchen 10,3 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 211 ccm = 591 mg Säure, entspr. 315 mg NaOH.

2. Arbeitsproben nach 8½ Min. intermittirendem Tetanus. (Zwischen erster und zweiter Arbeit 5 Min. Pause.)

a'') 5,61 g Blut in Glycerin aufgefangen brauchen 6,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 129 ccm = 361 mg Säure, entspr. 192 mg NaOH.

3. Arbeitsprobe nach 5 Min. intermittirendem Tetanus. (Zwischen zweiter und dritter Arbeit 10 Min. Pause.)

a''') 5,57 g Blut in Glycerin aufgefangen brauchen 6,0 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 115 ccm = 322 mg Säure, entspr. 172 mg NaOH.

Versuch XXXIX. Grosse helle Katze.

11 Uhr. Thier in gemischter Morphin-Chloroformarkose aufgebunden.

<sup>1)</sup> Die Umrechnung in Lauge kann hier nicht vorgenommen werden, da versehentlich die — in ihrer Concentration wesentlich herabgesetzte — Weinsäure nicht ausfiltrirt worden ist.

## Ruheproben.

a) 5,65 g Blut in destillirtem Wasser auf Eis aufgefangen brauchen 11,6 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 216 ccm = 583 mg Säure, entspr. 311 mg NaOH

b) 9,98 g Blut in Glycerin bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 19,5 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 208 ccm = 561 mg Säure, entspr. 299 mg NaOH.

Arbeitsproben nach einem 10 Min. dauernden, durch eine kurze Pause unterbrochenen intermittirenden Tetanus.

a') 9,30 g Blut in destillirtem Wasser auf Eis aufgefangen brauchen 18,8 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 214 ccm = 578 mg Säure, entspr. 308 mg NaOH.

b') 4,46 g Blut in Glycerin bei Zimmertemperatur aufgefangen brauchen 8,9 ccm Säure.

Also 100 ccm Blut = 211 ccm = 570 mg Säure, entspr. 304 mg NaOH.

Im Folgenden stelle ich die Resultate meiner zweiten Versuchsreihe in tabellarischer Form übersichtlich zusammen:

## Versuch XXXIV. Hund bei Reisskost.

	MgSO <sub>4</sub>	Dest. Wasser (warm)	Glycerin
Ruhewerthe:	372 mg NaOH	327 mg NaOH	430 mg NaOH
1. Arbeit:	339 - -	316 - -	390 - -
2. Arbeit:	386 - -	365 - -	— -

## Versuch XXXV. Hund bei Reisskost.

	MgSO <sub>4</sub>	Dest. Wasser (warm)	Glycerin
Ruhewerthe:	370 mg NaOH	316 mg NaOH	425 mg NaOH
1. Arbeit:	330 - -	296 - -	325 - -
2. Arbeit:	443 - -	370 - -	431 - -

## Versuch XXXVI. Hund bei Reisskost.

	MgSO <sub>4</sub> (kalt)	MgSO <sub>4</sub> (warm)	Dest. Wasser (kalt)
Ruhewerthe:	279 mg NaOH	376 mg NaOH	434 mg NaOH
1. Arbeit:	236 - -	— - -	344 - -
2. Arbeit:	296 - -	386 - -	400 - -
	Dest. Wasser (warm)	Glycerin (kalt)	Glycerin (warm)
Ruhewerthe:	358 mg NaOH	419 mg NaOH	413 mg NaOH
1. Arbeit:	331 - -	— - -	332 - -
2. Arbeit:	— - -	419 - -	411 - -

## Versuch XXXVII. Hund bei Fleischkost.

	Dest. Wasser (kalt)	Glycerin
Ruhewerthe:	380 ccm Säure	395 ccm Säure
Arbeit:	399 - -	413 - -

## Versuch XXXVIII. Kaninchen (Pflanzenkost).

	Glycerin	MgSO <sub>4</sub>
Ruhewerthe:	426 mg NaOH	407 mg NaOH
1. Arbeit:	<b>285</b> - -	<b>315</b> - -
2. Arbeit:	<b>192</b> - -	— - -
3. Arbeit:	<b>172</b> - -	— - -

## Versuch XXXIX. Katze (Fleischkost).

	Dest. Wasser (kalt)	Glycerin
Ruhewerthe:	311 mg NaOH	299 mg NaOH
Arbeit:	<b>308</b> - -	<b>304</b> - -

Vergleicht man vorstehende Tabelle mit dem auf S. 351 publicirten Abschluss der ersten Versuchsreihe, so findet man zwar in den absoluten Werthen gewisse — wenn auch im Allgemeinen unbedeutende — Verschiedenheiten. In dem relativen Verhältniss der Ruhe- und Arbeitswerthe findet aber eine so auffallende Uebereinstimmung statt, dass an der Berechtigung der auf S. 352 mitgetheilten Schlüsse kaum mehr gezweifelt werden kann.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. N. Zuntz für die Anregung zur vorliegenden Arbeit und für die liebenswürdige Unterstützung bei der Abfassung derselben auch an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.