

**Die Lebensbedingungen der Nerven : nach Untersuchungen aus dem  
Laboratorium des Reisingerianum's in München als Fortsetzung der  
Studien über Tetanus / herausgegeben von Johannes Ranke.**

**Contributors**

Ranke, Johannes, 1836-1916.

**Publication/Creation**

Leipzig : W. Engelmann, 1868 (Breitkopf und Härtel)

**Persistent URL**

<https://wellcomecollection.org/works/wusmcncc>

**License and attribution**

This work has been identified as being free of known restrictions under copyright law, including all related and neighbouring rights and is being made available under the Creative Commons, Public Domain Mark.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, without asking permission.



Wellcome Collection  
183 Euston Road  
London NW1 2BE UK  
T +44 (0)20 7611 8722  
E [library@wellcomecollection.org](mailto:library@wellcomecollection.org)  
<https://wellcomecollection.org>









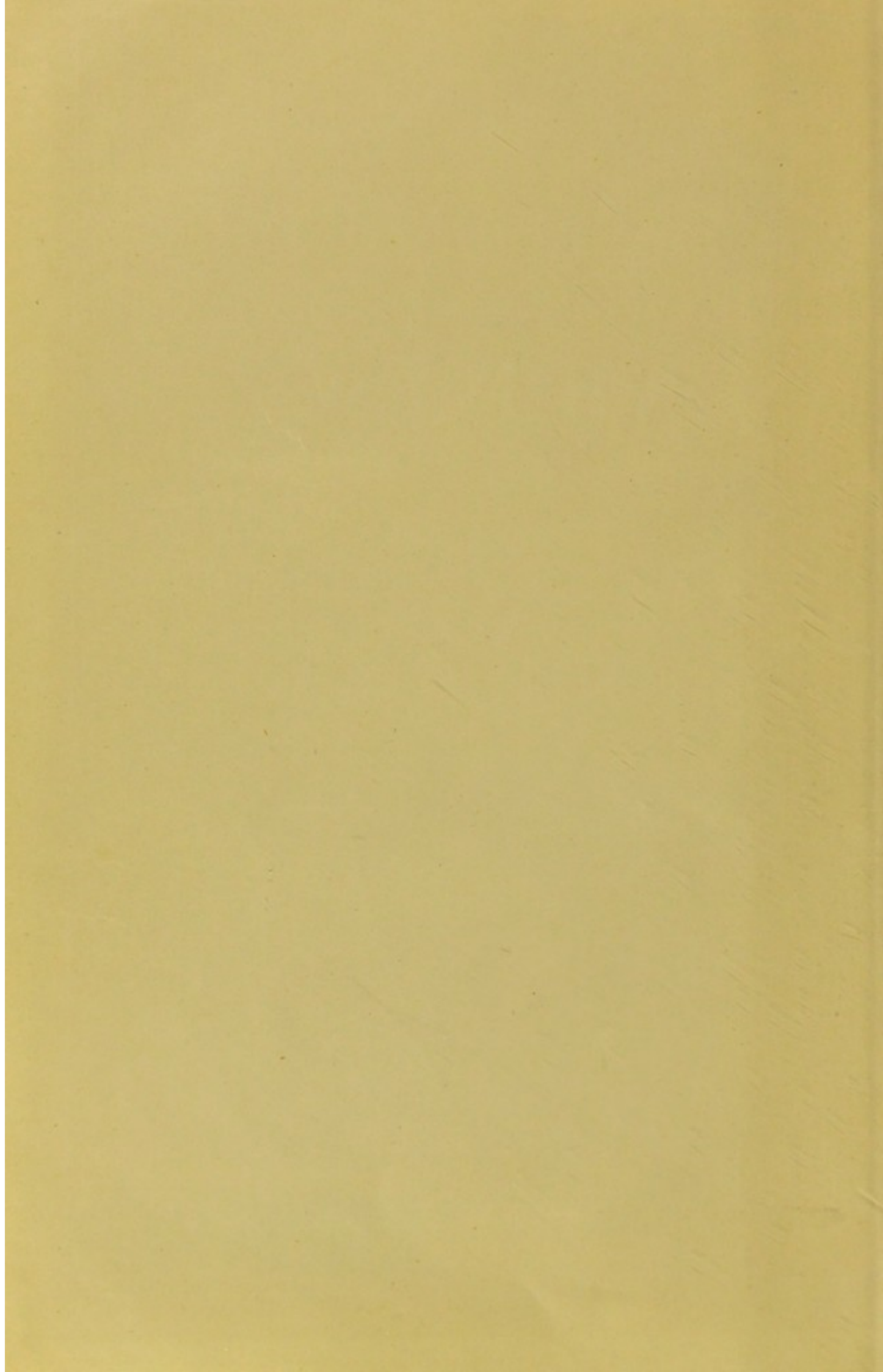
22102106261



Med

K35185







DIE  
**LEBENSBEDINGUNGEN**  
DER  
**NERVEN.**

NACH UNTERSUCHUNGEN  
AUS DEM  
LABORATORIUM DES REISINGERIANUM'S  
IN MÜNCHEN  
ALS FÖRTSETZUNG DER STUDIEN ÜBER TETANUS

HERAUSGEGEBEN VON  
**DR. JOHANNES RANKE,**

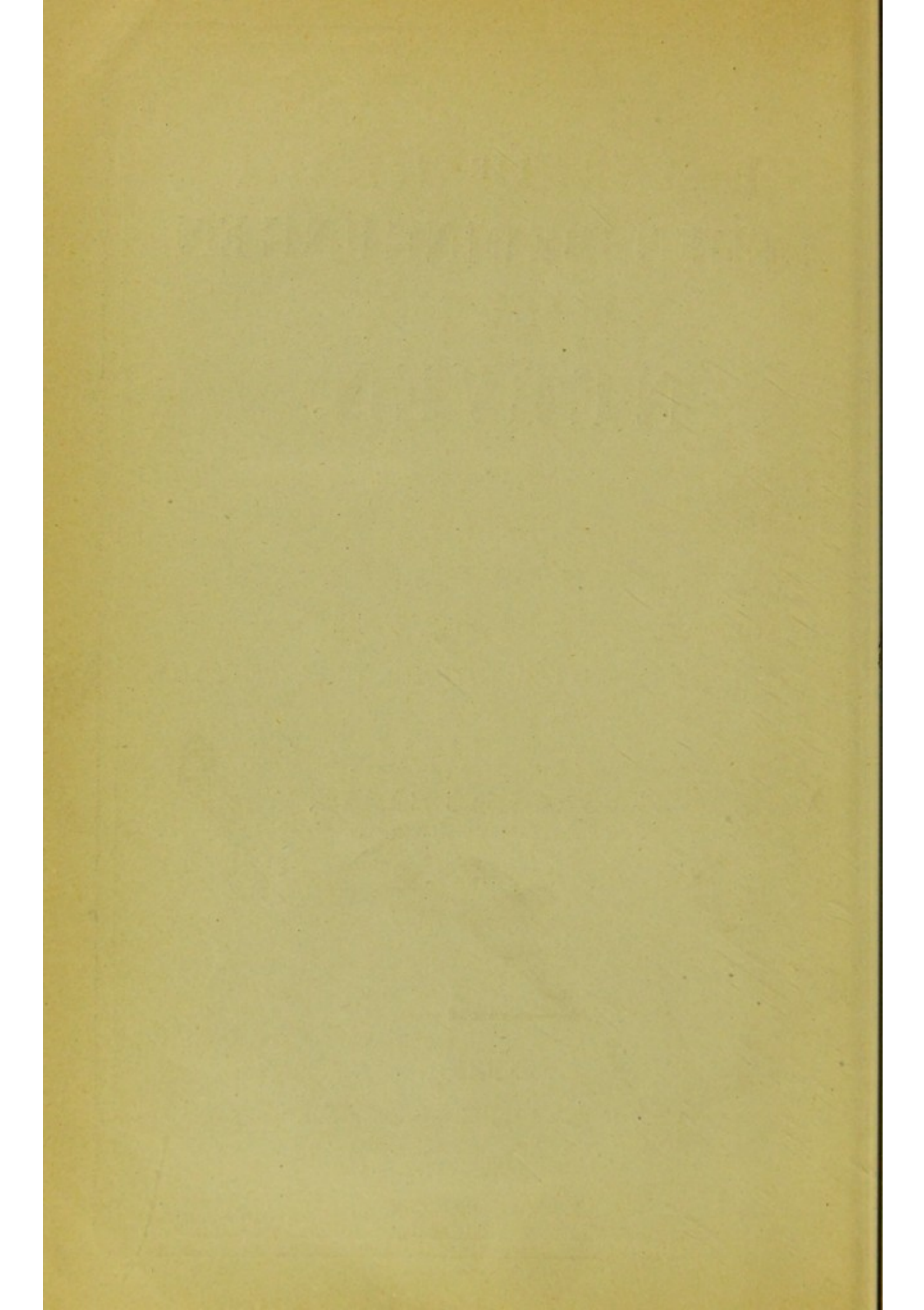
PRIVATDOCENT DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

---

LEIPZIG,  
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1868.







DIE  
LEBENSBEDINGUNGEN  
DER  
NERVEN.

NACH UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

LABORATORIUM DES REISINGERIANUM'S

IN MÜNCHEN

ALS FORTSETZUNG DER STUDIEN ÜBER TETANUS

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. JOHANNES RANKE,**

PRIVATDOCENT DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

---

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1868.



303950

WELLCOME INSTITUTE LIBRARY	
Coll.	wellMOmec
Call	
No.	WL



## Vorrede.

Die vorliegende Untersuchung schliesst sich direkt als Fortsetzung an meine physiologischen Studien über Tetanus an.

Die zuerst für die Vorgänge im Muskel verwertheten Untersuchungsgedanken finden hier ihre Anwendung auf den Nerven, welcher bei jenen Beobachtungen nur gelegentliche Berücksichtigung fand.

Die Fragen, mit denen sich die folgenden Capitel beschäftigen, haben ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten.

Die Nervenphysik, bis vor wenigen Jahrzehnten der dunkelste, ist jetzt der vollendetste Theil der gesammten Physiologie. Nach den grundlegenden und zugleich abschliessenden Untersuchungen der ausgezeichnetsten Forscher: eines E. DU BOIS-REYMOND, HELMHOLTZ, PFLÜGER u. A. bleibt nur noch eine Nachlese auf diesem Gebiete übrig.

Die Erkenntniss der hier obwaltenden Verhältnisse ist so weit vollendet, dass zur Aufstellung von Theorien zur Zusammenfassung der gefundenen Ergebnisse ganz im Sinne der physikalischen Theorien geschritten werden konnte.

Doch schon seit längerer Zeit wurden hie und da Meinungen laut, welche noch einen direkten Fortschritt der Nervenphysik erwarteten. Die Chemie sollte über die Ursachen der physikalischen Erscheinungen im Nervensysteme: über die Stimmungen der Nervenirregbarkeit, über Nervenreizung, über die Nervelectricität noch nähere Aufschlüsse ertheilen, als sie uns durch die physikalischen Theorien gegeben werden. Niemand zweifelt an dem innigen Zusammenhange der physikalischen Lebenserscheinungen mit chemischen Vorgängen in den Geweben.

Wenn nun aber versucht werden soll, diesen nothwendigen Fortschritt mit Bewusstsein zu machen, so stellt sich nicht nur die Masse des durch physikalische Studien zu Tage geförderten wissenschaftlichen Materials, das che-



mische Erklärung fordert, als kaum zu bewältigend dar, auch die schon erfolgte theoretische Abrundung der Nervenphysik wirkt in gleichem Sinne.

Die von den oben genannten Forschern aufgestellten physikalischen Theorien: die electriche Moleculartheorie, die Theorie der electricen Reizung, die Theorie des Electrotonus erlauben keine Umgestaltung, da sie allen bisherigen Beobachtungen vollkommen entsprechen. Es dürfen sonach die chemischen Theorien, die an ihre Seite gesetzt werden sollen, sich in irgend wesentlicher Weise nicht von ihnen entfernen, beide müssen in jedem einzelnen Punkte sich vollkommen congruent sein. Dieses Bewusstsein wäre im Stande, von der Publikation in dieser Richtung gewonnener Resultate abzuschrecken, da diese, wenn noch nicht vollkommen vollendet und abgerundet, im gewissen Sinne, vielleicht zum Schaden der Disciplin, als im Gegensatz stehend zu dem bisher Gewussten aufgefasst werden könnten. Die Hoffnung, dass dieser Fall hier nicht eintreten werde, scheint jedoch nicht unbegründet. Schon nach den bisher gewonnenen chemischen Resultaten scheint ein direkter Zusammenhang zwischen diesen und den physikalischen sehr offen in die Augen zu leuchten. Da wo dieses noch nicht so vollkommen deutlich ist, z. B. bei der Erzeugung des Electrotonus auf chemischem Wege, wird in der Folge sicher eine fortgesetzte Beobachtung die gewünschten Aufschlüsse nicht versagen. Gerade an diesen Punkt ist das Interesse besonders gefesselt. Wenn die folgenden Untersuchungen im Allgemeinen ein Abhängigkeitsverhältniss der physikalischen Nerven-eigenschaften von chemischen Vorgängen erkennen lassen, so sehen wir doch auch umgekehrt letztere von ersteren sehr wesentlich beeinflusst. Die Electricität, welche den ausgeschnittenen Nerven physikalisch und chemisch in gleichem Sinne umgestaltet, thut dasselbe in dem unversehrten Organismus. Es liegen mir eine Reihe neuer Beobachtungen vor über unzweifelhaften Electrotonus normal vorhanden und entstehend im unversehrten Organismus allein durch seine eigene, in ihm strömende thierische Electricität. In Bälde soll darüber Mittheilung erfolgen. Diese Beobachtungen nehmen, wie mir scheint, dem Gedanken das Herbe, dass es sich bei dem Electrotonus und der electricen Nervenreizung zum Theil um electrolytische Vorgänge handeln könne, da sich die Natur derselben ganz in der gleichen Weise wie die Experimental-Physiologie bedient.

Im Uebrigen scheint gerade die Lehre vom chemisch-erzeugten Electrotonus eine Probe zu sein auf die Richtigkeit der aufgestellten chemischen Gesichtspunkte, da sie vollkommen zu dem erkannten Zusammenhange der electricen und Erregbarkeits-Aenderungen im Nerven stimmt.



Ich selbst werde die begonnenen Studien in der angeregten Richtung fortsetzen; es würde mich jedoch glücklich machen, wenn die folgenden Mittheilungen einiges Interesse bei den Fachgenossen hervorrufen würden, da durch gemeinsame Thätigkeit die vorliegenden Fragen rascher beantwortet, die vorhandenen Schwierigkeiten leichter geklärt werden könnten. —

Mit Bedauern sehe ich, dass Herr HEIDENHAIN in seinen neuesten bewunderungswürdigen Studien des Breslauer physiologischen Instituts, Heft IV. S. 248, das Sauerwerden der tetanisirten Nerven im Anschlusse an DU BOIS-REYMOND's auf LIEBREICH's Angaben gestützte Gegenbemerkung ebenfalls bestreitet. Ich ersuche ihn, meine und FUNKE's Beobachtungen in derselben Weise, wie ich sie gemacht habe, zu wiederholen. Von operativen Eingriffen, wie sie HEIDENHAIN vor dem Tetanus machte, muss dabei aber stets Umgang genommen werden, da dadurch der folgende Tetanus wesentlichst geschwächt wird. Uebrigens bestätigen auch meine in Capitel I mitgetheilten Angaben die Beobachtung HEIDENHAIN's insofern, als es auch mir in einer Anzahl von Fällen nicht gelang, am Ischiadicus, den HEIDENHAIN am Frosch allein geprüft zu haben scheint, saure Reaction nachzuweisen, auch wenn eine solche am Rückenmarke und Gehirn absolut deutlich ausgesprochen war. Bei Säugethieren vereitelt die stark alkalische Reaction der umgebenden Gewebssäfte die Erkenntniss der eingetretenen Nervensäuerung.

Die jetzt vorliegenden beiden positiven Angaben über Säuerung der Nervensubstanz durch Tetanus schliessen nun diese Frage wohl ab. Dazu kommt noch der Nachweis einer auch im ruhenden Nerven vorhandenen sauren Reaction des Axencylinders, die sich im Tetanus nur steigert. Gerne gebe ich Herrn HEIDENHAIN zu, dass die äusserlich mit Laccmus wahrnehmbare saure Nervenreaction hinter der Muskelsäuerung zurücksteht, damit ist aber nach dem Nachweise der beiden chemisch verschieden reagirenden Substanzen in jedem Nerven natürlich nicht viel gesagt. Die Carminfärbung des Axencylinders als Ausdruck seiner Säuerung ist bekanntlich eher stärker als die Färbung des Muskels. —

Schliesslich habe ich noch meinen Dank denen auszusprechen, welche mich bei vorliegender Untersuchung unterstützten.

Sie wurde, so weit sie sich auf electriche Nervenerscheinungen bezieht (theilweise Cap. VIII und IX), vor 2 $\frac{1}{2}$  Jahren im Münchener physiologischen Institute begonnen, wo mir die Herren Prof. BISCHOFF und VOIT in liberalster Weise die nöthigen Apparate wiederholt zur Verfügung stellten. Herr Prof. C. VOIT und Herr Prof. v. PETTENKOFER überzeugten sich von der Richtigkeit der



Mehrzahl der mitgetheilten Versuche durch eigene Anschauung, vor allem von den chemisch-electrischen Erregbarkeitsänderungen. Für ihre Unterstützung und Interesse spreche ich hier meinen Dank aus.

Ebenso muss ich die überaus grosse Freundlichkeit und Gefälligkeit des Herrn Prof. GERLACH in Erlangen rühmend anerkennen, der mich bei den mikroskopischen Beobachtungen wesentlichst mit Rath und That förderte. Wie viel ich ihm im vorliegenden Falle verdanke, ergibt der Text der folgenden Cap. V und X. Ebenso habe ich Herrn Prof. v. HESSLING für seine freundlichste Unterstützung in mikroskopischen Fragen meinen Dank zu sagen.

Vor allem aber gebührt mein Dank den beiden Herren Vorständen der Münchener medicinischen Kliniken: Herrn Geheimerath von GIETL, Vorstand der I. und Herrn Obermedicinalrath v. PFEUFER, Vorstand der II. medicinischen Abtheilung des Klinikums. Auf Ihren Antrag wurde ich seit einem Jahre mit der Anstellung der physiologisch-pathologischen Untersuchungen in den beiden Kliniken betraut und vor allem zu diesem Zwecke das Laboratorium des Reisingerianums bestimmt. Als ein erstes Resultat der dort angestellten Untersuchungen möge die vorliegende kleine Schrift gelten, der einige andere specieller zum Kreise der pathologischen Physiologie gehörige Arbeiten (z. Th. Dissertationen) aus dem letzten Jahre in Bälde folgen werden.

Die hier aufgenommenen, unter des Verfassers specieller Leitung angestellten Untersuchungen sind folgende:

1. Nachweis einer physiologischen Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen, blutfreien Froschmuskels aus der ihn umgebenden Atmosphäre. Vom Verfasser und St. med. E. DAXENBERGER. . . . . S. 28
2. Die neutralen Kalisalze zählen zu den ermüdenden Stoffen. Von Dr. A. BURKHARDT und dem Verfasser. . . . . » 65
3. Einfluss der Nervenirregbarkeit auf den Nervenstoffwechsel. Vom Verfasser und St. med. L. PUILLÉ. . . . . » 73
4. Filtrationsversuche mit lebenden und todtten Schleimhäuten, mit Rücksicht auf den Choleraprozess und die Verdauung. Vom Verfasser und St. med. J. HALENKE. . . » 88
5. Versuche über Ammoniakwirkung von Dr. RICHLMAIER. . . . . » 112

Erwähnt werden:

6. Versuche über den Einfluss mechanischer Nervenalterationen auf die Nervenirregbarkeit. Vom Verfasser und St. med. J. CORNET. . . . . » 122

München, den 22. Juni 1868.

**Johannes Ranke.**



# I n h a l t.

Vorwort . . . . .	III
Einleitung . . . . .	4

## I. Abschnitt.

### Stoffwechsel-Vorgänge im lebenden Nervengewebe.

#### Capitel I.

Die chemische Reaction der Nerven. . . . .	5
--	---

#### Capitel II.

Nervenathmung und Muskelathmung. Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Gehirns. . . . .	16
§. 1. Vorbesprechung. . . . .	—
§. 2. Versuche. . . . .	20
§. 3. Nachweis einer physiologischen Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen, blutfreien Froschmuskels aus der ihn umgebenden Atmosphäre. Vom Verfasser und st. med. E. DAXENBERGER. . . . .	28
§. 4. Schlussbetrachtungen des Capitels. . . . .	35

#### Capitel III.

Der physiologische Wassergehalt der nervösen Centralorgane. . . . .	36
§. 1. Versuchsplan. . . . .	—
§. 2. Versuche. . . . .	38
§. 3. Ergebnisse. . . . .	45

## II. Abschnitt.

### Die physiologischen Erregbarkeitsänderungen im Nerven in ihrem Zusammenhang mit dem Nervenstoffwechsel.

#### Capitel IV.

Das Leben der Nerven als Function der quantitativen chemischen Nerven-Zusammensetzung. . . . .	48
§. 1. Vorbesprechung. . . . .	—
§. 2. Versuche. . . . .	50
I. Schwankungen des Nervenwassergehaltes. . . . .	—
a. Destillirtes Wasser und Vertrocknung. . . . .	—
b. 0,7% Chlornatriumlösung und Vertrocknung. . . . .	54
II. Quantitative Schwankungen der Nervenreaction. . . . .	58
c. Vermehrung der alkalischen Reaction der Nerven. . . . .	—
III. Schwankungen in der Menge der im Nerven enthaltenen Kalisalze. Die neutralen Kalisalze zählen zu den ermüdenden Stoffen. Von Dr. A. BURKHARDT und dem Verfasser. . . . .	63
§. 3. Resultate. . . . .	65
	70



**Capitel V.**

	Seite
Einfluss der Nervenregbarkeit auf den Nervenstoffwechsel. Vom Verfasser und st. med. L. PUILLE. . . . .	73
§. 1. Zur Orientirung. . . . .	—
§. 2. Versuche. . . . .	76

**Anhang.**

Filtrationsversuche mit lebenden und todtten Schleimhäuten, mit Rücksicht auf den Choleraprocess und die Verdauung. Vom Verfasser und st. med. J. HALENKE. . . . .	88
§. 1. Resultate. . . . .	—
§. 2. Versuche. . . . .	90

**Capitel VI.**

Einwirkung von Gasen auf die Nervenregbarkeit. . . . .	97
§. 1. Kohlensäure, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Leuchtgas. . . . .	—
§. 2. Versuche mit ammoniakalischen und saueren Dämpfen. . . . .	106

**Capitel VII.**

Chemische Begründung der physiologischen Nervenregbarkeit. . . . .	114
§. 1. Die normale Nervenermüdung. . . . .	—
§. 2. Ueber krankhafte Einwirkungen auf die Nervenregbarkeit. . . . .	122

**III. Abschnitt.**

Die thierische Electricität und die electriche Nervenreizung in ihrem Verhältniss zu chemischen Gewebsmodificationen.

**Capitel VIII.**

Der Electrotonus PFLÜGER's und die vorgetragene chemische Theorie der Modificationen der Erregbarkeit. . . . .	124
§. 1. Veränderung der chemischen Reaction des Nerven durch den constanten Strom: Nervelectrolyse. . . . .	—
§. 2. PFLÜGER's Electrotonus lässt sich durch chemische Nervenänderungen nachahmen. . . . .	129

**Capitel IX.**

Der Nervenstrom in seinem Verhältniss zu chemischen Aenderungen der Nervensubstanz. . . . .	140
§. 1. Vorbemerkungen über eine chemische Theorie des Muskel- und Nervenstromes. . . . .	—
§. 2. Die Wirkung der bei dem Tetanus eintretenden Säuerung des Nerven auf den Nervenstrom. . . . .	142
§. 3. Die electrolytischen Producte der Nervenpolarisation (Alkali und Säure) im Verhältniss zu dem du Bois'schen Electrotonus. . . . .	144
§. 4. Versuchsbeispiele. . . . .	148

**Capitel X**

Regelmässig angeordnete chemische Differenzen in den electromotorischen Gewebs- elementen als Quellen der thierischen Electricität. . . . .	164
§. 1. Vorbesprechungen. . . . .	—
§. 2. Beobachtungen. . . . .	167



## Einleitung.

Das Nervengewebe ist bisher auf seine chemischen Lebensbedingungen noch weit weniger untersucht worden als andere Organe und Gewebe des thierischen Organismus.

Es ist das um so auffallender, da sich doch gerade an die Vorgänge im Nervensysteme das allgemeinste Interesse knüpft, da kein Organ so sehr die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich gelenkt hat, als es die Organe der Nervensubstanz seit der Zeit ihrer ersten Erkennung gethan haben.

Wir entbehren bisher eine eigentlich physiologisch-chemische Durchforschung der Vorgänge im Nervenleben noch fast vollkommen: es existirt noch kein Versuch eines Nachweises, geschweige ein solcher Nachweis selbst, dass die wechselnden Vorgänge des Nervenlebens auf chemischen Bedingungen beruhen, dass die Lebesenseigenschaften der Nerven nach der chemischen Zusammensetzung der Nervensubstanz schwanken.

Der Grund, warum diese wichtigen Fragen bisher noch so wenig in Angriff genommen wurden, scheint ein mehrfacher.

Auf keinem der physiologischen Gebiete hielt sich ein wissenschaftlicher Mysticismus so lange als gerade in der Nervenphysiologie. Wie weit liegt die Zeit hinter uns, dass man hier Alles mit einigen philosophischen Phrasen abmachen zu können glaubte?

Die Entdeckung der Nervelectricität und ihrer Gesetze war der erste grosse Fortschritt aus diesem dunkeln Zustande heraus, die Nervenphysik lenkte die Aufmerksamkeit der bedeutendsten Forscher auf sich. Es entfaltete sich ein reges Leben auf diesem Punkte, das zu schönen Resultaten führte. Hier hatte die Forschung einen Angriffspunkt gefunden, von dem aus in mannigfacher Weise das Vordringen versucht wurde.

Inzwischen lag die Chemie der Nervensubstanz fortwährend im Argen. Noch heute schwanken die Angaben über die chemischen Hauptbestandtheile der Nervensubstanz in der traurigsten Weise. Die Fragen nach ihren Eiweiss-substanzen, nach ihren Fetten, die Fragen, ob Cerebrin oder Protagon oder



Lecithin, die Fragen über den Ursprung und die Zersetzungen der Nervensubstanz eigenthümlichen phosphorhaltigen Stoffe widersprechen sich noch fortwährend, obwohl der aner kennenswerthe Eifer, mit dem an der Entscheidung der berührten Fragen in der neuesten Zeit gearbeitet wird, vielleicht in Bälde eine definitive Aufklärung verspricht.

So war auf der einen Seite ein Forschungsweg (der physikalische) gebahnt, der nach Herstellung der exactesten Methoden einen raschen Erfolg sicherte, auf der anderen Seite waren die Aussichten so wenig anlockend, dass man wohl begreift, dass sich Wenige fanden, die den chemischen Forschungsweg betraten.

Und in Wahrheit, welche Resultate könnte eine physiologisch-chemische Durcharbeitung der nervösen Organe versprechen, da ihre nicht-physiologische Chemie noch so wenig sichere Resultate ergeben hat?

Die Antwort auf die letzte Frage stellt sich nun aber nach den Ergebnissen, die meine Untersuchungen der Muskelsubstanz gebracht haben, ganz anders als man bisher glaubte erwarten zu dürfen. Es wird sich zeigen, dass eine physiologische Betrachtung der chemischen Zusammensetzung der Nervensubstanz trotz dieser Mängel zu weittragenden Resultaten führt.

Meine Untersuchungen der Muskeln haben gelehrt, dass die Lebensbedingungen dieser Organe von sehr einfachen chemischen Veränderungen abhängen. Ausser von gewissen anorganischen und organischen Stoffen, wie z. B. von der Anwesenheit von Kalisalzen im Muskelsafte, sehen wir die Lebens eigenschaften der Muskeln abhängen und schwanken je nach der chemischen: ob saueren, ob neutralen oder alkalischen Reaction des Muskelsaftes. Dabei stellt es sich als fast vollkommen gleichbedeutend heraus, ob diese Reactionsveränderung durch organische oder unorganische Säuren oder Alkalien hervorgerufen wurde. Diese meine erwähnte Untersuchung über die Ermüdung der Muskeln, die Entdeckung der ermüdenden Substanzen für das Muskelgewebe hat der Forschung auf dem Gebiete der physiologischen Chemie der Gewebe eine neue erfolgreiche Bahn eröffnet, die auch schon in den Untersuchungen anderer Forscher zu beachtenswerthen Resultaten geführt hat. GIANNUZZI hat unter LUDWIG's Leitung wahrscheinlich gemacht, dass es auch eine Ermüdung der Speichel-Drüsen geben könnte, die von ähnlichen oder denselben Stoffänderungen abhängig sei, die ich für die Muskelermüdung vor ihm gefunden hatte. KÜHNE und Andere sehen die Flimmer-Bewegung, die Bewegung der contractilen Substanz von denselben chemischen Momenten in ganz analoger Art beeinflusst wie ich die Muskelbewegung.

Mir selbst hatten sich bei der Beobachtung der Muskeln gleichzeitig einige Bemerkungen aufgedrängt, welche dafür sprachen, dass von denselben Bedingungen, von welchen die Muskelerregbarkeit abhängt, auch die Nervenerregbarkeit beeinflusst werde, freilich in verschiedener Art als die Muskeln selbst.



Diese Andeutungen fanden neben jenen Untersuchungen eine vorläufige Besprechung. Im Folgenden sollen die Resultate, die sich nach neuen Arbeiten in dieser Richtung ergeben haben, im Zusammenhange dargestellt werden.

Die Untersuchung geht von dem Grundsatz aus, dass der physiologische Wechsel der Lebeenseigenschaften der Nerven ebenso wie bei den Muskeln von gewissen chemischen Aenderungen des Nerveninhaltes, des Nervensaftes, wenn wir so sagen dürfen, abhängig sei.

Es muss versucht werden, diesen von der physiologischen Wissenschaft längst behaupteten Grundsatz zu beweisen. Die Experimente werden zeigen, dass das Nervenleben in Wahrheit mit gewissen chemischen Stoffumänderungen der Nervensubstanz, mit einem Stoffwechsel verbunden ist. Wir müssen dann weiter versuchen, wie weit wir mit diesen erkannten Stoffwechselvorgängen als Erklärungsgrund für die Lebeenseigenschaften der Nervensubstanz ausreichen. Es wird sich ergeben, dass die Zusammensetzung der Ernährungsflüssigkeit der Nervensubstanz (des Blutes) von dem einschneidendsten Einfluss auf die Stoffzusammensetzung der Nervenflüssigkeit sei, dass sich also gewisse Aenderungen in den Lebeenseigenschaften der Nerven auf das Blut als auf die eigentliche Quelle beziehen, das selbst wieder, als Motor der Stoffausgleichung im Gesamtorganismus, von anderen Organen in chemischer Beziehung beeinflusst wird.

Die Nerven zeigen sich in Beziehung auf den Widerstand, den sie einem auf sie einwirkenden Reize entgegen zu setzen vermögen, sehr verschieden. Der eine wird schon durch einen Minimalreiz aus dem ruhenden Zustand in den thätigen hineingerissen, der andere bedarf dazu eines viel stärkeren Anstosses. Es hat sich längst ergeben, dass im normalen Thiere diese Aenderungen der Erregbarkeit aus verschiedenen Ernährungseinflüssen entspringen; es ist demnach eine chemische Ursache für sie anzunehmen. Wir wissen, dass man durch Einwirkung polarisirender constanter electrischer Ströme auf den Nerven ähnliche Veränderungen in der Erregbarkeit hervorzubringen vermag, es wird die Frage aufgeworfen werden müssen, ob auch diese Veränderungen im letzten Grund in chemischen Vorgängen, durch den constanten Strom erzeugt, ihre Ursache haben.

Es wurde von mehreren Autoren, am entschiedensten von A. v. BEZOLD \*), die Vermuthung ausgesprochen, dass das reizende Agens für den Nerven bei der Anwendung electrischer Ströme im letzten Grunde ein chemischer Stoff, ein Product der Electrolyse sei. Es wird unsere Aufgabe sein, zu sehen, ob diese Annahme sich auf experimentellem Wege zu einer Entscheidung bringen lasse.

\*) Untersuchung über die electrische Erregung der Nerven und Muskeln. S. 327 ff.



Wir müssen zum Schlusse noch fragen, ob vielleicht auch die electricischen Eigenschaften der ruhenden und thätigen Nerven eine erkennbare, nachweisbare Abhängigkeit von der chemischen Nervenzusammensetzung erkennen lassen, ob sich vielleicht die Nervelectricität auf chemische Grundlagen basiren lässt.

Die Aufgabe, die wir uns gestellt haben, ist gross. Die folgenden Bogen werden zeigen, wie weit es gelungen ist, sie zu lösen.

Die Untersuchung selbst zerfällt in drei Abschnitte:

### I. Abschnitt.

Stoffwechselvorgänge im lebenden Nervengewebe.

### II. Abschnitt.

Die physiologischen Erregbarkeitsänderungen im Nerven in ihrem Zusammenhange mit dem Nervenstoffwechsel.

### III. Abschnitt.

Die thierische Electricität, die electricische Nervenreizung und die Erregbarkeits-Änderungen der polarisirten Nerven in ihrem Verhältniss zu chemischen Gewebsmodificationen.



## I. Abschnitt.

### Stoffwechsel-Vorgänge im lebenden Nervengewebe.

#### Capitel I.

##### Die chemische Reaction der Nerven.

Die wichtigste Angabe über chemische Veränderung der Nervensubstanz während des Nervenlebens, welche sich in der bisherigen physiologischen Literatur findet, ist die Angabe O. FUNKE's\*), dass sich während der anhaltenden, erschöpfenden Nerventhätigkeit, während des Nerventetanus die chemische Reaction der Nervensubstanz verändere. Es folgte diese Angabe FUNKE's den bekannten Entdeckungen E. DU BOIS-REYMOND's über die Veränderung des Muskelsaftes durch Absterben und Tetanus, welche gezeigt hatten, dass der nach anhaltender Ruhe im gesunden Thiere befindliche Muskel neutrale oder schwach alkalische Reaction seines Muskelsaftes zeige, während sich diese Reaction in eine saure verwandle durch anhaltende, erschöpfende Thätigkeit und durch den Process des Absterbens.

Die von FUNKE über den Nerven gemachten Angaben behaupten nun für diesen die gleichen Vorgänge. Der geruhte, ohne Krämpfe dem Thiere entnommene Nerve reagirt neutral, diese Reaction geht durch Tetanus und Absterben in eine saure über.

Die Angabe FUNKE's hat bisher keine Bestätigung gefunden, ja wir vermissen in der physiologischen Literatur ein sicheres Eingehen auf dieselbe. Noch die neuesten Besprechungen [KÜHNE, phys. Chemie. S. 337] stellen sie als unbewiesen oder wenigstens dringend einer Bestätigung bedürftig hin. E. DU BOIS-REYMOND [Widerlegung der v. L. HERMANN kürzlich veröff. Theorie. Aus d. M. Bericht der königl. Acad. d. W. z. Berlin. S. 625] bezweifelt das FUNKE'sche Resultat, auf entgegenstehende Angaben gestützt, direct, soweit es sich auf den Tetanus und seine Wirkung bezieht; dagegen erkennt er die saure Reaction der Nervensubstanz nach dem Absterben an. Die negativen Angaben, auf die sich DU BOIS bezieht, stammen nach DU BOIS-REYMOND von O. LIEBREICH, der die Säuerung der Nerven bei der Anstrengung geradezu leugnet

\*) Ueber die Reaction der Nervensubstanz. Ber. d. k. sächs. Ges. d. W. math.-phys. Cl. 1859. August.



[Widerlegung etc. S. 625. Tagblatt der 44. Versamml. deut. Naturforscher u. Aerzte in Frankfurt a. M. 1867. No. 6. S. 73]. So zweifelhaft stand bisher diese einzige Angabe, die einen physiologischen Stoffwechselvorgang der Nerven behauptete.

Diesen Zweifeln und Widersprüchen gegenüber kann ich nun mit voller Sicherheit behaupten, dass die Angaben FUNKE's über die Säuerung der Nerven durch den Tetanus zu Recht bestehen.

Meine Untersuchungen beziehen sich vor allem auf die Nerven der Frösche, doch habe ich auch Versuche an warmblütigen Thieren angestellt.

Bei den Beobachtungen über Tetanus des Muskels\*) hatte ich häufig Gelegenheit, neben den Muskeln auch die Nerven in Beziehung auf ihre Reaction einer Prüfung zu unterwerfen.

Es stellt sich mir ausnahmslos heraus, dass, abgesehen von den an spontanem Tetanus krankenden Thieren, alle lebenden geruhten Organe, sowie die Gewebesäfte eine mehr weniger deutliche schwach-alkalische Reaction zeigen, die sich nur selten zum vollkommen Neutralen hinneigt. Kranke Frösche zeigen, wie ich schon früher angegeben, hier und da eine schwach-sauere Reaction der Muskeln. Hier kann ich hinzufügen auch eine neutrale zur saueren hinneigende Reaction der Nervensubstanz. Ich prüfte ausser den Muskeln und der gesamten Nervensubstanz auch die Reaction der Drüsen; vor allen anderen eignen sich dazu ihres verhältnissmässig geringen Blutreichthumes wegen die Thränen- und Speicheldrüsen warmblütiger Thiere. Das Blut und die Lymphe reagiren normal auch nach dem Absterben noch stark alkalisch. Die Muskeln, Nerven, Drüsen werden dagegen, trotzdem dass sie von den auch nach dem Absterben alkalisch reagirenden ebengenannten Flüssigkeiten durchdrungen sind, bei dem Absterben neutral oder sauer von einer fixen Säure. Am stärksten ist die saure Reaction der Nerven bei Thieren (Fröschen), welche durch anhaltende Krämpfe getödtet wurden. Hier erreicht die Säuerung der Nervensubstanz (besonders des Gehirns) den Grad der Muskelsäuerung. Aber auch durch Curare krampflos getödtete Thiere, wenn auch ihre Muskeln noch alkalisch reagiren, zeigen hier und da eine freilich äusserst schwache saure Reaction des Rückenmarkes und Gehirnes.

Ehe wir zu einer Kritik der Ergebnisse fortschreiten, müssen wir uns zuerst beispielsweise einige Beobachtungen, in fraglicher Beziehung an der Nervensubstanz angestellt, eingehender betrachten.

Die vielen Versuche an Fröschen, die eine schwach alkalische oder neutrale Reaction der lebenden Nervensubstanzen der geruhten Thiere nachweisen liessen, will ich hier nicht näher berühren; am Ischiadicus fiel mir öfters eine sehr schwache alkalische (neutrale) Reaction auf; besonders wenn die Frosch-Nerven längere Zeit im feuchten Raume ruhig liegen, so zeigen sie sich neutral, obwohl ihre Erregbarkeit noch sehr gut sein kann.

Du Bois hat schon lange nachgewiesen, dass nach dem Absterben die Nervenmasse an Consistenz zunimmt. Diese Beobachtung, verbunden mit der eben zu beschreibenden der Säuerung, rechtfertigt es, wenn wir den für die Mus-

\*) J. RANKE, Tetanus. 1865. S. 142. 5. Capitel.



kelsubstanz gebräuchlichen Ausdruck der Todtenstarre auch auf die Nervensubstanz übertragen. Die Identität beider Vorgänge ergibt sich noch weiter aus den folgenden Beobachtungen.

## Versuchsbeispiele I.

### Zeitstarre und Wärmestarre der Nervensubstanz.

#### a. Zeitstarre.

1. Rückenmark und Gehirn eines eben krampflos getödteten Kaninchens wurden frisch auf ihre Reaction geprüft; die Reaction war deutlich schwach alkalisch.

Eine Partie der beiden Organe wurde bei  $25^{\circ}\text{C.}$ , eine andere bei  $16^{\circ}\text{C.}$  (Zimmertemperatur) aufbewahrt.

Die erstere Portion des Rückenmarks und Gehirnes ( $25^{\circ}\text{C.}$ ) zeigte schon nach 3 Stunden eine deutliche saure Reaction. Die zweite Portion war zu dieser Zeit noch deutlich alkalisch, nach 24 Stunden war aber auch bei ihr eine saure Reaction aufgetreten.

Die saure Reaction der todten Nervensubstanz scheint schwächer als bei dem abgestorbenen Muskel. In Beziehung auf die Prüfung, besonders der peripherischen Nerven, muss man sich hierbei jedoch vor falschen Schlüssen aus der Schwäche der mit dem Reagenzpapier wahrnehmbaren Reaction sehr hüten. Die Nervenbündel sind umhüllt und durchzogen mit sehr viel Bindegewebe, welches bei dem Absterben die alkalische Reaction, die ihm im Leben eigen ist, nicht verändert. Hier darf man also keine sehr deutlichen Resultate erwarten, wenn auch vielleicht die Säuerung des Nervenmarkes durch das Absterben, wie sich zum Schlusse der ganzen Untersuchung noch ergeben wird, an Intensität die Säuerung des absterbenden Muskels wohl übertrifft. Dabei ist, wie bei dem Muskel, auch die Reaction der sauren Nerven eine mehr weniger ausgesprochen amphichromatische, was als weiterer Täuschungsgrund Erwähnung verdient.

2. Rückenmark und Gehirn einer eben möglichst krampflos geschlachteten Taube. Das frisch alkalische Rückenmark wurde bei  $16^{\circ}\text{C.}$  (Zimmertemperatur) 24 Stunden aufbewahrt. Es reagierte nun deutlich in seinen weissen und grauen Partien sauer. Eine amphichromatische Reaction war nur undeutlich nachzuweisen.

Auch das Gehirn reagierte frisch deutlich alkalisch. Nach 24 Stunden im feuchten Raume waren sowohl die grauen als weissen Partien deutlich sauer.

#### b. Wärmestarre.

3. Ein Taubengehirn frisch alkalisch; 30 Minuten lang auf  $50^{\circ}$ — $60^{\circ}\text{C.}$  erwärmt. Die Reaction beider Gehirnsubstanzen ist darnach deutlich sauer. Die Nervensubstanz wird also durch Wärme in ganz analoger Weise zur Säuerung gebracht, wie der Muskel bei der Wärmestarre.

#### c. Gehirnsubstanz gekocht.

4. Die Verhältnisse der Reaction der Nerven und Muskeln sind, wie oben schon erwähnt, bei dem Absterben ganz identisch. Es zeigt sich dieses auch darin, dass durch Kochen (bei  $100^{\circ}\text{C.}$ ) Nerven sowie Muskeln ihre alkalische Reaction beibehalten. Das Gehirn einer frisch getödteten Taube reagierte deutlich alkalisch. Es wurde 15 Minuten lang auf  $100^{\circ}\text{C.}$  im feuchten Raume erhitzt; die Reaction der grauen Gehirnsubstanz war danach deutlich alkalisch, die inneren Gehirn-



partien waren neutral oder sehr schwach ausgesprochen amphichromatisch. Ebenso blieben bei dem Erhitzen grösserer Muskelstücke die äusseren Partien alkalisch, die inneren zeigten sich neutral oder sogar sauer, da sie durch die äusseren Theile geschützt nur langsamer erwärmt und dadurch wärmestarr werden konnten. Auch eine deutlich saure Reaction der inneren Hirnpartien, während die äusseren nach dem Kochen alkalisch waren, habe ich in anderen Fällen beobachtet.

Weit wichtiger als der im Vorstehenden gelieferte Nachweis, dass sich die Nerven, wie man schon früher annahm, in Beziehung auf die Veränderung ihrer chemischen Reaction bei dem Absterben vollkommen den Muskeln analog verhalten, ist der, dass auch die physiologische Anstrengung der Nervensubstanz wie im Muskel mit der Bildung einer fixen Säure Hand in Hand gehe.

Hier wurden, wie gesagt, die wichtigsten, beweisenden Versuche an Fröschen angestellt, die sich hiezu weit besser als Warmblüter eignen. Geben wir auch hier zur Veranschaulichung der obwaltenden Verhältnisse einige Versuchsbeispiele.

## Versuchsbeispiele II.

### Säuerung der Nerven durch Tetanus.

#### A. Versuche an Fröschen.

##### a. Strychnintetanus des Gesammtthieres.

1.  $\alpha$ ) 5 Frösche vergiftet, sie leben noch. Das Blut ist sehr dunkel, venös, gerinnt langsam und ungenügend, nach 24 Stunden scheint es noch nicht vollkommen geronnen.

Das Dialysat des Blutes zeigte deutlich schwach-sauere Reaction (die Reaction ist wie bei Muskel und Nerve amphichromatisch). Dass nicht vergessen wurde, ganz neutrale Flüssigkeiten neben dem Dialysat zur Controlle auf demselben Reagenzpapier gleichzeitig zu prüfen, ist selbstverständlich.

Die Muskeln reagierten deutlich sauer.

Die Nerven: Gehirn, Rückenmark und Ischiadici wurden mit vollkommen neutralem destillirtem Wasser gewaschen, auf ungeleimtem Papier getrocknet und nun auf dem sehr empfindlichen Reagenzpapier zerdrückt; die Reaction aller Nervensubstanz war deutlich sauer. Es ist zu bemerken, dass durch den Strychnintetanus die Nervenirregbarkeit noch nicht erloschen war, die lebenden Nerven zeigten also in diesen Beobachtungen eine saure Reaction.

1.  $\beta$ ) Gegenversuch mit 5 frischen ohne Tetanus getödteten Fröschen.

Das Dialysat des Blutes, die Lymphe waren sehr stark alkalisch, die Muskeln und die Nervensubstanzen waren deutlich schwach alkalisch. Die Lymphe ist wie das Blut bei normalen Thieren stets sehr intensiv alkalisch.

##### b. Electricischer Tetanus des Gesammtthieres.

Drei Frösche mit 4 Grove'schen Elementen kleinster Dimension und dem Schlitten tetanisirt. Das Spiel des Schlittens wurde durch einen Uhrwerkunterbrecher, der den primären Strom öffnete und schloss, viermal in der Minute unterbrochen und wieder eingeleitet, die Zeiten der Ruhe und des Tetanus waren gleichgehalten. Der Tetanus mit steigenden Stromstärken währte etwas über zwei Stunden, die Thiere waren dann noch schwach auf die stärksten Schläge des Inductions-



apparates erregbar. Nach dem Verbluten aus dem Herzen kehrt die Erregbarkeit wieder stärker zurück, entsprechend meinen vielseitigen älteren Beobachtungen über die Ermüdungserscheinungen am Muskel.

Die Lymphe und die Muskelsubstanz reagierten nach dem Tetanus deutlich sauer, vor allem die erstere. Auch die Nervensubstanz: Gehirn, Rückenmark und die peripherischen Nerven (= Ischiadici) zeigte deutlich saure Reaction.

Die Nervensubstanzen wurden wie bei dem Strychnintetanus behandelt, mit neutralem destillirtem Wasser sorgfältig von der sauren Lymphe gewaschen, auf feinem ungeleimten Papier getrocknet und auf empfindlichem Lacmuspapier zerdrückt. Die Röthung war ziemlich lebhaft und vollkommen deutlich.

Auch das Blut zeigte sich nach dem Dialysiren deutlich schwach-sauer (sehr schwach amphichromatisch). Das Blut war braunroth bis schwarzroth, gerann langsam, röthete sich an der Luft.

Auch hier ergaben gleichzeitig angestellte Controllversuche das gleiche Resultat, wie es in 1.  $\beta$ ) beschrieben wurde.

### c. Electrischer Tetanus des ausgeschnittenen Ischiadicus.

Zu den vorstehenden Versuchen reihe ich hier sogleich ein Versuchsbeispiel von ausgeschnittenen Nerven an. Es wird sich in der Folge zeigen, dass dieser Versuch trotz der Uebereinstimmung, die er scheinbar mit den unter Ziffer a und b stehenden Versuchen erkennen lässt, doch vorwiegend zu einer Gattung ganz anderer Versuche zu zählen ist, die erst später Besprechung finden können. Doch da wir auch hier dem Auftreten einer Säure im Gefolge des (electrischen) Tetanus begegnen, so steht er doch vorläufig an dieser Stelle am rechten Platze, wenn auch der Ursprung der Säure zum Theil wohl sicher auf ganz anderen Momenten beruht als in den erstbeschriebenen Versuchen.

Männlicher Frosch. Beide Ischiadnerven mit den Unterschenkeln präparirt. Der eine (a) wie oben unter b mit dem Schlitten, dem Uhrwerkunterbrecher und 2 Grove'schen kleinsten Elementen 2 Stunden tetanisirt auf amalgamirten Zink-electroden (ebenso ist es auf Platinelectroden) in der feuchten Kammer. Der Nerve ist reactionslos. Der Gastrocnemius auf dem Querschnitt reagirt deutlich und stark sauer.

Auch der Nerve ist auf dem Querschnitt stark sauer! ebenso das zwischen den Electroden gelegene Stück, auch etwas weiter nach abwärts durch die ganze Masse hindurch nicht nur an der Oberfläche. Gegen den Muskel zu nimmt die saure Reaction immer mehr ab und verschwindet endlich ganz, einer alkalischen Reaction Platz machend. Es entsteht also die Säure bei diesen Versuchen nur an der direkt electrisch mit Metallelektroden gereizten Stelle und an den diesen zunächstliegenden Nervenabschnitten, weiter entfernt bleibt die normale Reaction.

Der gleichzeitig mit dem Nerven a präparirte zweite Nerve b desselben Thieres mit dem Unterschenkel lag inzwischen in der feuchten Kammer ruhig. Er ist, wie sich erwarten liess, nach den zwei Stunden des Versuches noch sehr gut erregbar. Er reagirt am Querschnitt nicht sauer sondern neutral, der Nerveninhalt reagirte sehr schwach alkalisch zu neutral, durchaus nicht sauer.

Hier will ich sogleich erwähnen, dass die Tetanisirung des Nerven mit den unpolarisirbaren Electroden Du Bois-REYMOND's diese Säuerung nicht deutlich erkennen lässt, was später noch besprochen werden wird. Bei dem Tetanisiren auf mechanischem Wege mit dem electrischen Hämmerchen zeigte sich keine Säuerung



des Nerven, dagegen reagirt meist der im Vertrocknungstetanus liegende Nerve wenn auch sehr schwach sauer.

Es scheint demnach, dass wir es bei der in Folge der electricischen Reizung mit Metallelektroden auftretenden, eben beschriebenen lebhaften Säuerung des gereizten Nervenstückes wenigstens vorwiegend mit Wirkungen einer eigenthümlich modificirten Electrolyse zu thun haben, eine Vermuthung, die uns in der Folge noch von Wichtigkeit werden wird.

## B. Versuche an Warmblütern.

### d. Strychninversuch am Kaninchen.

Ein kräftiges Kaninchen durch eine Rückenwunde vergiftet. Nach 1 Stunde und 20 Minuten bekam das Thier lebhafte Krämpfe, denen es aber sehr bald erlag. Es hatte einen sehr starken Krampfanfall, dann noch zwei bis drei sehr schwache. Die noch stark erregbaren Muskeln reagirten deutlich sauer, der Armnerve schien dagegen alkalisch, doch ist hier die Prüfung durch die sehr stark alkalische Gewebeflüssigkeit des Bindegewebes fast unmöglich auf dem gewöhnlichen Wege. Rückenmark und Gehirn reagirten in ihren weissen Partien schwach aber erkennbar sauer, die Prüfung wurde durch die graue Materie, die noch schwach alkalisch war, erschwert.

Nach 24 stündigem Liegen im feuchten Raume war die weisse Nervensubstanz in Gehirn und Rückenmark noch sauer (schwach amphichromatisch), die graue Gehirnschubstanz deutlich, die graue Rückenmarksschubstanz äusserst schwach alkalisch, letztere erschien fast neutral.

Bei diesen Versuchen ist die anhaftende, wie gesagt ungemein stark alkalisch reagirende Lymphe sehr störend, man muss die zu prüfenden Gewebe davon sorgfältigst reinigen mit neutralem destillirtem Wasser und säurefreiem ungeleimtem Papier.

### e. Mechanischer Tetanus an der Taube.

Die Taube durch Kopfabreissen getödtet, der Rumpf fiel in die heftigsten Krämpfe, welche ziemlich lange andauerten. Während bei frischen Tauben, die krampflos gestorben sind, die Reaction der Rückenmarksschubstanz, wie oben angegeben, deutlich alkalisch gefunden wird, zeigte sich bei diesem Versuche das Rückenmark nach sorgfältiger Reinigung neutral (sehr schwach amphichromatisch).

## C. Versuch an Fröschen,

### f. die in Krämpfen (electricischem Tetanus) gestorben waren.

Reaction der todtten Nervensubstanz nach vorausgegangenem, erschöpfendem Tetanus.

Drei Frösche wurden mit 2 Grove'schen Elementen, Uhrwerkunterbrecher und Schlitten in 2 Stunden tetanisirt; seit 16 Stunden todt.

Bei allen dreien war die Lymphe zwischen den Muskeln schwach sauer, unter der Haut neutral.

Das Blut schwach alkalisch.

Die Muskeln stark sauer.

Die peripherischen Nerven (Ischiadici) waren theils (2) neutral mit einer Neigung zur saueren Reaction, theils (1) deutlich sauer (schwach).

Die drei Gehirne und Rückenmarke waren sauer kaum weniger stark



als die Muskeln. Auch die dem Rückenmarke anhaftenden Flüssigkeiten, die bei geruhten Thieren auch im Tode alkalisch bleiben, waren hier sauer (Lymphé etc.).

#### D. Versuche an Fröschen,

g. die mittelst Curare krampflos getödtet waren.

Reaction der todtten Nervensubstanz nach krampflosem Tode.

2 Frösche seit 3 Stunden vergiftet. Bei beiden Thieren sind die Reactionen schlecht ausgesprochen bei allen Organen.

Lymphé und Rückenmarksumhüllung und Blut alkalisch.

Muskeln neutral aber zum Alkalischen neigend.

Ischiadici neutral, äusserlich (Lymphé etc.) alkalisch.

Rückenmark und Gehirn neutral zum schwächst-sauerem neigend.

#### E. Der einzige mir aufgestossene Fall,

h. in welchem nach (24stündigem, schwachem) Strychnintetanus

die Nervensubstanz alkalisch reagirte.

Frosch seit 24 Stunden mit Strychnin vergiftet, lebt, Erregbarkeit ziemlich gut erhalten.

Alle Organe stark alkalisch! sie bläuen leicht-blaues, violettes und rothes Papier.

Gehirn (stark) alkalisch.

Rückenmark „

Ischiadici „

Nervenwurzeln „

Muskeln (stark) alkalisch.

Blut „ „ (Farbe roth).

Lymphé „ „

Es ist noch zu erwähnen, dass auch bei einem spontan erkrankten Thiere (Frosche; es war zufällig das Wasser längere Zeit nicht erneuert worden, in welchem er sich befand), das in seinen letzten Zügen schwache Krämpfe zeigte, über deren Dauer aber Nichts bekannt ist, die Reaction aller lebenden Organe stark alkalisch gefunden wurde.

Gibt es normal einen Tod mit Zunahme der alkalischen Reaction der Gewebe, wie sich eine solche bei dem Erhitzen der Gewebe auf 400°C. einstellt?

Der Nachweis der saueren Reaction der Nervensubstanz nach dem Strychnin- und electrischen Tetanus gelingt nicht in allen Fällen.

Es kann vorkommen, dass die Nervensubstanz bis fast zu Tode tetanisirter Frösche neutral oder wenigstens nur sehr schwach sauer reagirt, hie und da vielleicht (ich sah das nur einmal unzweifelhaft) auch noch alkalisch.

Es machte mich diese Beobachtung anfänglich sehr misstrauisch, bis ich fand, dass bei solchen Thieren die Muskeln und alle Gewebesäfte auch deutlich alkalisch reagiren. Nun war der Schlüssel zu diesen Ausnahmefällen leicht gefunden. Ich hatte zuerst die Vermuthung gefasst, weil sich die Reaction der Muskeln in diesen Fällen auffallend stark alkalisch zeigte, dass nach einer Periode der Säuerung der Gewebe durch den Tetanus eine Periode folge, in welcher eine stärker alkalische Reaction als während der Ruhe aufträte. Die Vermuthung war daraus entsprungen, dass der Muskel und Nerve auch durch Kochen stärker alkalisch werden kann. Es wäre nicht undenkbar, dass auch in Folge



des Tetanus ein derartiger zur alkalischen Reaction führender Process vorhanden wäre, der nur durch den bisher allein bekannten der Säuerung überwogen und verdeckt wurde. Die Versuche lassen sich jedoch auch abgesehen von dieser Vermuthung erklären. Es stellt sich nämlich heraus, dass starker Strychnintetanus sowie der electriche Tetanus bei kräftigen Thieren, nach starken Muskelkrämpfen stets zu einer Säuerung der Muskeln und Nerven führt. Nur schwache Individuen (Weibchen vor dem Laichen etc.), welche schon von Anfang an schwache Krämpfe zeigen und sehr bald erschöpfen, behalten eine alkalische Reaction. Ist freilich die Vergiftung mit Strychnin nur schwach, so bleiben auch die Gewebe stärkerer Thiere hie und da alkalisch oder neutral. Es hängt demnach von der Stärke und Ausdauer der Krämpfe ab, welches Resultat wir bei der Reactionsprüfung erhalten, nicht von der Art der Behandlung der Thiere.

Stets tetanisirte ich bei dem electricen Tetanus wenigstens 3 Frösche gleichzeitig mit dem gleichen electricen Apparate. Trotzdem zeigten sich auch in diesen Fällen Unterschiede in der Stärke der Säuerung der Muskeln und Nerven entsprechend der Kraft der verwendeten Individuen. Nur wenn die Muskeln sauer reagiren, dürfen wir auch eine saure Reaction der Nerven durch den Tetanus erwarten.

Im Ischiadicus ist die Reaction gewöhnlich schwächer als in den Nerven-centralorganen.

Es ist lange bekannt, dass sehr schwache Individuen, welche von Anfang an nur schwache Zuckungen zeigten, den Reizzustand sehr viel länger ertragen als stärkere Thiere, die von Anfang an stärkere Krämpfe zeigten. Offenbar hängt das mit der auch sonst beobachteten Reactionsverschiedenheit der gesunden Gewebe zusammen.

Dieses Ausbleiben der Reactionsveränderung, welches sich bei verhungerten, lange aufbewahrten oder sonst schwachen Fröschen öfter zeigen kann, scheint mir die Ursache, dass die Beobachtung FUXKE's bisher solange nicht bestätigt wurde.

Zur Wiederholung des Versuches rathe ich electricen, langsam ansteigenden, erschöpfenden Tetanus und kräftige männliche Frösche. Der beginnende Winter scheint zu den Versuchen günstiger als der Spät-Winter und Sommer, da zu ersterer Zeit bekanntlich die Frösche am kräftigsten sind. Die Versuche, welche mir zuerst eine Säuerung des Blutes ergaben, waren Anfang November 1866 angestellt.

Die Versuche beweisen, dass die tetanische Thätigkeit mit einer beträchtlichen Veränderung in den chemischen Vorgängen im Gesamthiere verbunden ist, für uns ist hier die Säuerung der Nervensubstanz das Wichtigste. So merkwürdig die Beobachtung von dem Verluste der alkalischen Reaction des Blutes und der Lymphe durch den Tetanus des Gesamthieres auch an sich ist, so beabsichtige ich auf die hieran sich schliessenden Fragen und Aufgaben für jetzt doch nicht näher einzugehen, ich werde dazu an einem anderen Orte hoffentlich sehr bald Gelegenheit finden \*).

\*) Hier sei mir nur gestattet, die Priorität meiner Beobachtung von dem Einflusse des



So hat denn mit dem Nachweise der Aenderung der Nervenreaction unsere Bestrebung, die Lebensbedingungen der Nerven näher zu erforschen, einen glücklichen Anfang gewonnen. Diese Beobachtungen sind es, die lange Jahre hindurch vergeblich eine ernste Mahnung an die Physiologen ergehen liessen, den Weg einer im wahren Sinne des Wortes physiologisch-chemischen Erforschung des Nerven zu betreten, sie werden uns der Wegweiser sein in den verwickelten Irrgängen, zu denen unser Weg uns führen wird.

Was dürfen wir nicht von diesem Auftreten einer Säure am und im normal-alkalischen Nerven für physiologische Wirkungen erwarten, nachdem es uns für den Muskel gelungen ist, nachzuweisen, dass wenn nicht alle, doch die überwiegende Mehrzahl seiner Lebenserscheinungen in analogen Reactionsänderungen ihren inneren Grund haben!

Die Natur bedient sich zur Erfüllung ihrer Ziele sehr einfacher Mittel, die nur durch ihr zweckmässiges Ineinandergreifen wunderbare Effecte erzielen.

Es wird sich ergeben, wie manigfach und verschieden die Resultate sind, welche die Natur mit der einfachen Aenderung der Reaction der Nerven vom Alkalischen zum Sauerem und vom Sauerem zum Alkalischen zurück zu erreichen vermag. Ehe wir jedoch auf diese Fragen eingehen, haben wir noch einige andere Lebenserscheinungen der Nerven zu betrachten, die von kaum minder weittragender Bedeutung sind.

### Resultate.

Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die chemische Reaction des normalen, lebenden, geruhten Nervensystemes ist schwach alkalisch zum Neutralen neigend.

Die gleiche Reaction zeigen auch die geruhten Muskeln und Drüsen (Speicheldrüsen, Thränendrüsen).

Das Blut, die Lymphe und das Bindegewebe sind bei normalen geruhten Thieren dagegen stets stark alkalisch.

2. Die schwach alkalische Reaction geht bei dem normalen Absterben der Nerven in eine schwach saure über. (Am stärksten ist die saure Reaction bei Thieren [Fröschen], welche unter starken Krämpfen gestorben sind. Aber auch nach Tod durch Curare fehlt die schwach saure Reaction meist nicht.) Denselben Einfluss auf die Nervenreaction hat Erwärmen auf 45—55° C. Durch rasches Erhi-

Tetanus auf die Reaction des Blutes gegen die unter Herrn PFLÜGER's Leitung angestellte wichtige Arbeit von ZUNTZ zu wahren. Es wird dort eine Abnahme der alkalischen Reaction des Blutes durch den Tetanus angenommen, ohne meiner in meinen »Grundzügen der Physiologie« (cf. z. B. a. a. O. S. 280) früher publicirten Notiz über diesen Gegenstand zu erwähnen. Da es sich bei dieser Frage nicht um Meinungen sondern um Experimentalergebnisse handelt, scheint mir diese Mahnung an mein Besitzrecht nicht ungegründet. [N. ZUNTZ, Zur Kenntniss des Stoffwechsels im Blute. Centralblatt, 23. Nov. 1867. Nr. 51.]



tzen der Gehirnsubstanz (von Tauben) auf 100°C. bleibt die Reaction alkalisch; es scheint, dass die alkalische Reaction des Nerven durch das Kochen verstärkt wird.

Meist sind die äusseren Schichten der in Wasserdampf gekochten Taubengehirne deutlich alkalisch, während die inneren, der Hitze langsamer und weniger ausgesetzten Partien neutral oder selbst sauer reagiren.

In allen diesen Verhältnissen stimmt die Reactionsveränderung der absterbenden Nervensubstanz vollkommen überein mit den analogen Phänomenen bei dem Absterben der Muskelsubstanz. Da auch eine Vermehrung der Consistenz der Nervensubstanz durch das Absterben beobachtet ist\*), so steht Nichts im Wege, den Vorgang des Absterbens der Nerven als Todtenstarre speciell als Nervenstarre zu bezeichnen. Wie die Todtenstarre des Muskels so kann auch die Todtenstarre des Nerven in Wärmestarre und Zeitstarre unterschieden werden.

Bei den peripherischen Nerven ist die angegebene Reactionsänderung nur wenig ausgesprochen. Es rührt das daher, dass die Nervenfasern durch reichliches Bindegewebe umhüllt werden, das beim Absterben seine alkalische Reaction nicht verliert und somit die Prüfung auf dem gebräuchlichen Wege erschwert. Wir werden in der Folge Prüfungsmittel kennen lernen, die uns auch bei den peripherischen Nerven die Reaction deutlich zeigen.

Dieselben Reactionsänderungen wie die absterbenden Muskeln und Nerven zeigen auch die absterbenden Drüsen (Speichel- und Thränendrüsen). Auch sie vermehren deutlich durch das Absterben ihre Consistenz, sie erstarren\*\*). Wir müssen danach auch eine Todtenstarre der Drüsen annehmen.

Blut, Lymphe, Bindegewebe behalten dagegen bei dem normalen Absterben eine alkalische Reaction.

3. Durch andauernden starken Tetanus des Gesamthieres vermittelt Strychninvergiftung oder noch besser mittelst electricischer Reizung geht die schwach alkalische Reaction **des lebenden** Nervensystemes (Gehirn, Rückenmark, periphere Nerven) in eine schwach saure Reaction (von einer fixen Säure) über.

Diese saure Reaction ist je nach der anhaltenden Stärke des Tetanus bei verschiedenen Thieren verschieden. Gleichzeitig mit dem geringeren Tetanus nimmt auch diese Reactionsveränderung an Intensität ab; geschwächte Thiere, welche keinen continuirlichen, starken Tetanus zeigten, haben, auch wenn die Strychninvergiftung Tage lang andauert hat, neutrale Nerven und alkalische Muskeln. Es tritt also durch schwachen Tetanus weder die Säuerung der Muskeln noch die correspondirende der Nerven ein.

Durch den Tetanus des Gesamthieres kann auch das Blut eine schwach saure Reaction annehmen, stets zeigt sich seine alkalische Reaction nach starkem Tetanus deutlich geschwächt.

\*) E. du Bois-REYMOND, *Unters. ü. thier. Elect.* Bd. II. S. 284 (1849). — GORUP-BESANZ, *phys. Chemie.* II. Aufl. 639 (1867).

\*\*) KÜHNE, *phys. Chemie*, sagt das Gleiche für die Leber S. 64 (1868): von der Niere a. a. O. S. 462.



4. Auch der ausgeschnittene Nerve wird durch elektrische Reizung mit dem Schlittenapparat und Metallelektroden durch und durch sauer und zwar an der Reizungsstelle.

Eine Säuerung des ausgeschnittenen Nerven durch mechanische Reizung konnte nicht constatirt werden. Dagegen schien der vertrocknete Nerve sauer zu reagiren.

## Capitel II.

### Nervenathmung und Muskelathmung.

#### Kohlensäureabgabe und Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen (frischen) Gehirnes.

##### §. 1. Vorbesprechung.

Als Resultat der Untersuchung der Nervensubstanz ergaben unsere bisherigen Beobachtungen eine nahe Uebereinstimmung der chemischen Vorgänge im lebenden und absterbenden Nerven und Muskel.

Das Auftreten einer fixen Säure im Nervensaft wird in den Lebenseigenschaften desselben die wesentlichsten physiologischen Aenderungen hervorbringen.

Unter den chemischen Agentien, welche ausserdem auf die Lebenseigenschaften der Nerven im lebenden Organismus influiren, stehen sicher der Sauerstoff und die Kohlensäure obenan. Die Kohlensäure ist einer der wichtigsten Organreize, die sich der Organismus selbst erzeugt. Wir wissen schon, wie mächtig verändernd die Kohlensäure auf die Erregbarkeit der Muskeln einwirkt, es wird sich ergeben, dass in ganz analoger Weise auch die Nerven von diesem Gase beeinflusst werden.

Die Untersuchungen von v. PETTENKOFER und VOIT, an die sich die Ergebnisse HENNEBERG's anschliessen, haben eine zeitweise Aufspeicherung, Bindung von Sauerstoff in dem lebenden, gesunden, thierischen Organismus erwiesen. Aus dem Vorrath dieses fest-gebundenen Sauerstoffs bestreitet der thierische Organismus seine physiologischen Organoxydationen, er ist um so nachhaltiger leistungsfähig, je grösser dieser Sauerstoffvorrath in seinen Organen ist. Es ergibt sich also der Sauerstoff als einer der wichtigsten die Erregbarkeit erhaltenden Stoffe, im Gegensatz zu den von mir entdeckten ermüdenden Stoffen; der Sauerstoffmangel ist ein wichtigstes Moment der definitiven Muskel-Ermüdung, da, wenn ein solcher einmal eingetreten ist, nur eine neue Sauerstoffaufspeicherung in die ermüdeten Organe, aber nicht eine blose Wegschaffung der ermüdenden Stoffe einen wiederbelebenden Einfluss mehr wird äussern können. Die Anwesenheit des gebundenen Sauerstoff's in den Organen ist also eine wesentliche Grundbedingung des Lebens, ebenso wichtig wie die der Eiweissstoffe, Fette und anderer Organbestandtheile. Dieser Sauerstoff wird im normalen Leben den Organen durch das Blut zugeführt, die Organe ent-



ziehen ihn dem Blute, sie beweisen dadurch eine stärkere chemische Verwandtschaft zum Sauerstoffe als sie das Blut besitzt, es ist klar, dass man ihn aus den Organen nicht auf demselben Wege wird gewinnen können wie aus dem Blute.

Auf die Aufnahme von Sauerstoff in die lebenden Gewebe und auf eine correspondirende Abgabe von Kohlensäure aus den Geweben an das durchströmende Blut hat man bekanntlich seit den ersten Blutgasanalysen geschlossen aus dem Verhalten der Blutgase im arteriellen Blute, welches den Organen zuströmt, verglichen mit den Blutgasen des venösen Blutes, das die Organe schon passiert hat. Man fand im Allgemeinen das arterielle Blut sauerstoffreicher und kohlensäureärmer als das venöse.

Das Venöswerden der Blutfarbe, was vor allem, wie man durch die spectroscopischen Untersuchungen jetzt sicher weiss, von einer Abnahme des Sauerstoffs im Blute herrührt, tritt bei dem Durchströmen des Blutes durch alle Organe ein.

Durch LUDWIG und SCZELKOW sind die Gesetze des Wechselverkehrs der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe zwischen dem lebenden Muskel und dem Blute eruirt \*).

Das Blut findet sich auch in den aus der Nervensubstanz kommenden Venen von venöser Farbe. Man darf sich daher für berechtigt halten, anzunehmen, dass auch die Nervensubstanz zur Erhaltung ihrer Lebenseigenschaften eine Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe bedarf. Wirklich nachgewiesen ist dieser Wechselvorgang im Nerven aber noch nicht. Es leuchtet ein, wie wichtig für die Theorie des Nervenlebens der sichere Nachweis sein würde.

Lange vor den Untersuchungen LUDWIG's und SCZELKOW's war die Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels und die Kohlensäureabgabe auf einem andern Wege gefunden worden.

G. v. LIEBIG \*\*) hatte beobachtet, dass der lebende, ausgeschnittene, blutfreie Muskel des Frosches aus der Luft Sauerstoff aufnimmt und dafür Kohlensäure aushaucht. Die noch weit älteren Untersuchungen von A. v. HUMBOLDT \*\*\*), an die sich Beobachtungen anderer Forscher anschlossen, hatten schon vor G. v. LIEBIG ergeben, dass der Sauerstoff der Atmosphäre, in welcher sich der lebende Froschmuskel befindet, einen lebenserhaltenden Einfluss auf denselben ausübe.

Seit G. v. LIEBIG stellte man diese Entdeckungen über den Stoffwechsel des ausgeschnittenen Muskels unter dem Namen: **Muskelrespiration** der Gesamtrespiration des thierischen Organismus an die Seite.

Seine Versuche ergaben schon, dass die Kohlensäureabgabe des Muskels von der gleichzeitigen Sauerstoffaufnahme wenigstens zum Theil unabhängig sei. Er fand, dass der Muskel auch in sauerstoffreicher Atmosphäre fortfährt, Kohlensäure zu entwickeln, die aber in der Gesamtquantität gegen die Kohlen-

\*) SCZELKOW, Zur Lehre vom Gasumtausch in verschiedenen Organen. Wiener akademische Sitzungsberichte Math. nat. Cl. XLV. S. 171—226.

\*\* Ueber die Respiration der Muskeln. MÜLLER'S Archiv. 4850. S. 393—416.

\*\*\* Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfasern. 4797. II. S. 282—286.



säureproduction des Muskels in sauerstoffhaltiger Luft zurückbleibt. Es konnte also nur ein Theil der von dem lebenden Muskel ausgehauchten Kohlensäure als direkt durch Oxydation der Muskelsubstanz, durch den Sauerstoff der Atmosphäre erzeugt betrachtet werden. Die Hauptmenge der Kohlensäure stammte aus einer anderen, physiologischen Quelle. Dass aber die Sauerstoffaufnahme des Muskels aus der Luft ebenfalls ein physiologischer Vorgang sei, ergaben die schon angeführten Versuche, welche bewiesen, dass der Muskel in sauerstoffhaltiger Luft länger lebt als in sauerstofffreier, dass also der aus der Luft nachgewiesenermassen aufgenommene Sauerstoff eine erhaltende Wirkung auf das Muskelleben äussere.

Die Entdeckung der Muskelrespiration machte ein bedeutendes Aufsehen, da sie der erste und einzige Nachweis eines Stoffwechsels in den vom Gesamtkörper getrennten noch leistungsfähigen Organen war und weil sie beweist, dass dieser Organ-Stoffwechsel wenigstens in dem Muskel nach den Gesetzen des Stoffwechsels des Gesamtorganismus erfolgt.

Die Untersuchungen VALENTIN's \*) über dieselbe Frage trugen wesentlich zur Klärung der Ansichten über Muskelathmung bei. Er zeigte, dass das Phänomen der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe nicht allein dem lebenden Muskel angehöre, er zeigte, dass auch der abgestorbene und faulende Muskel sowie andere Gewebe ein analoges Verhalten erkennen lassen. Seine Versuche machten dadurch auch für die Respiration des lebenden Muskels ein Einmischen solcher einfacher Oxydationsprocesse mehr als wahrscheinlich, wie sie jeder feuchte organische Körper in sauerstoffhaltiger Luft zeigt, ein Theil der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe auch des lebenden Muskels durfte nach den Beobachtungen VALENTIN's jedenfalls auf diese einfache Oxydation bezogen werden. Dabei hatte sich aber doch ergeben, dass der Gasaustausch zwischen lebendem und totem Muskel insofern eine wesentliche, innere Verschiedenheit zeigte, dass letzterer neben der Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff und Kohlensäure auch noch eine Stickstoffabgabe erkennen liess.

Die wesentlichsten Entdeckungen G. v. LIEBIG's blieben durch VALENTIN unbestritten. Die Kohlensäureabgabe des Muskels in sauerstofffreien Gasen, beweist für diesen Vorgang eine Unabhängigkeit von der Fäulniss, wie wir jenen gewöhnlichen Oxydationsvorgang schlechtweg nennen wollen. Diese Kohlensäureabgabe blieb also auch nach den Versuchen VALENTIN's ein unbestreitbar physiologischer Vorgang; die Kohlensäuremenge, welche bei der Athmung des lebenden Muskels producirt wird, ist also nur zum (kleineren) Theil als Produkt der Fäulniss zu betrachten, die schon bei dem lebenden Muskel beginnt.

Für den Vorgang der Sauerstoffathmung des lebenden Muskels war aber, wie es schien, eine solche vollkommene Trennung der wirklich physiologischen Sauerstoffaufnahme von der Fäulniss-Sauerstoffaufnahme experimentell un-

\*) Ueber die Wechselwirkung der Muskeln und der sie umgebenden Atmosphäre. Archiv f. phys. Heilkunde. XIV. S. 434—478. 1855. — a. s. O. 1859. S. 477 f. Ueber das Verhalten des Stickstoffs dabei cf.: Grundriss der Physiologie. S. 523 ff. 1855.

Ranke, Lebensbedingungen der Nerven.



möglich, obwohl das längere Leben der in sauerstoffhaltiger Luft befindlichen Muskeln eine physiologische Sauerstoffaufnahme nach wie vor sicher erwies.

Die Muskelrespiration hat bis in die letzte Zeit keine neue Bearbeitung erfahren, wenn wir von den Beobachtungen über Veränderung derselben durch den Tetanus absehen, die keine neuen Gesichtspunkte für die Hauptfragen ergeben.

In letzter Zeit hat L. HERMANN\*) die älteren Angaben geprüft und vollkommen bestätigt. Er versuchte es, die physiologische Sauerstoffaufnahme von der durch Fäulniss bedingten bei der Muskelrespiration zu trennen, indem er die Sauerstoffaufnahme möglichst ähnlicher lebender und todter Muskeln desselben Thieres mit einander quantitativ verglich. Seine Versuche ergaben geringe Unterschiede in der Sauerstoffaufnahme beider, die zwar meist zu Gunsten des lebenden waren, der also mehr Sauerstoff aufgenommen hatte, in einem Falle aber zeigte sich die Sauerstoffaufnahme der todten und lebenden Muskeln fast gleich (kleines Uebergewicht des lebenden), in einem seiner Versuche überstieg sogar die Sauerstoffabsorption des todten die des lebenden\*\*).

Man erkennt sogleich, dass mit diesem Misslingen eines direkten Nachweises einer physiologischen Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels die Frage nach keiner Richtung einen Fortschritt gemacht hatte.

Sind wir denn berechtigt zu glauben, dass die physiologische Sauerstoffaufnahme in den Muskel bei der Muskelrespiration eine quantitativ bedeutendere sein müsste als die Fäulniss-Sauerstoffaufnahme?

Es beweisen derartige Versuche Nichts weiter als ihr direktes Ergebniss, dass unter den beobachteten Bedingungen die Sauerstoffaufnahme des lebenden und eines möglichst ähnlichen todten Muskels annähernd gleich seien. Ob aber die eine der beiden Grössen eine Summe von zweien an sich zwar gleichartigen aber im Ursprung verschiedenen Grössen sei, darüber können sie natürlicherweise Nichts lehren. Es wäre selbstverständlich ebenso wenig möglich gewesen, aus derartigen Versuchen einen Schluss zur Entscheidung dieser hier einzig wichtigen Frage zu ziehen, wenn die Versuche ein bedeutenderes Uebergewicht der Sauerstoffabsorption der lebenden oder der todten Muskeln ergeben hätten.

Die von HERMANN erneute Prüfung der A. v. HUMBOLDT'schen Versuche über Lebensdauer der Muskeln in verschiedenen Gasen bestätigte für grössere, massigere Muskeln die altgewonnene Thatsache von der lebenserhaltenden Wirkung des Sauerstoffs. Es zeigte sich also auch nach seinen Beobachtungen eine unzweifelhafte physiologische Betheiligung des vom Muskel notorisch aufgenommenen Sauerstoffs an den Lebensvorgängen.

Der Fortschritt, welcher sich für unsere Frage aus den Untersuchungen HERMANN's ergibt, ist vor allem\*\*\*) der, dass es ihm gelang, die nicht physiolo-

\*) Untersuchung über den Stoffwechsel der Muskeln, ausgehend vom Gaswechsel derselben. 1867 (Hirschwald).

\*\*) cf. unten §. 3.

\*\*\*) Die von mir und VALENTIN (a. a. O.) beobachtete Veränderung in der Kohlensäure-



gische Sauerstoffwirkung auf den lebenden Muskel bis zu einem gewissen Grade direkt zur Anschauung zu bringen. Er fand nämlich, dass im Gegensatz zu dem oben Gesagten in sauerstoffhaltigen Gasen sehr dünne, kleine Muskeln, wie der Sartorius des Frosches, die dem Sauerstoff eine verhältnissmässig grössere Oberfläche bieten, etwas rascher absterben als in sauerstofffreien Gasen.

Man musste daraus schliessen, dass die durch VALENTIN zuerst erkannte neben der physiologischen einhergehende Fäulniss-Aufnahme von Sauerstoff in den Muskel das Leben des Muskels zu vernichten strebt, dass also auch die erhaltende Wirkung des Sauerstoffs der Luft auf das Leben des ausgeschnittenen Muskels eine Summe aus wenigstens zwei Grössen ist, von denen die eine im positiven, die andere im negativen Sinne gleichzeitig wirksam wird. Welche Grösse in ihren Wirkungen überwiegt, hängt von gleichzeitigen äusseren Bedingungen ab, die entweder den Fäulnissvorgang oder die Athmung des Muskels begünstigen. Dieser Versuch zeigt, dass ein unter Umständen erfolgendes Ausbleiben des von A. v. HUMBOLDT zuerst bemerkten Sauerstoffeinflusses an sich ebensowenig im Stande wäre, irgend Etwas gegen die Existenz der erhaltenden Wirkung des Sauerstoffes zu beweisen, wie die erst besprochene ziemlich gleichmässige Sauerstoffaufnahme lebender und todter Muskeln.

HERMANN konnte wie gesagt in seinen Beobachtungen eine physiologische Sauerstoffaufnahme des Muskels nicht nachweisen. Er baut vor allem auf dieses und einige weitere negative Resultate ein neues System des Muskelstoffwechsels und der thierischen Electricität auf, ein Gebiet auf das wir ihm nicht folgen wollen\*). Im Folgenden (§. 3) soll nur gezeigt werden, dass die von ihm gesuchte aber nicht aufgefundene physiologische Sauerstoffresorption aus der Luft neben der Fäulniss-Sauerstoffaufnahme bei dem lebenden Muskel existirt und verhältnissmässig leicht nachweisbar ist. Die angedeuteten Schlussfolgerungen aus seinen negativen Versuchen werden damit von selbst gegenstandslos, ebenso die Angriffe aus seiner Theorie gegen meine älteren Beobachtungen.

Nehmen wir die physiologische Bedeutung der ganzen Muskelrespiration als erwiesen an, wozu erst im §. 3. dieses Capitels der letzte Beweis geliefert werden wird, so ist es klar, welchen Weg wir zur Entscheidung über den Gasverkehr der Nervensubstanz mit ihrer Umgebung am einfachsten werden einschlagen können.

Im Folgenden soll gezeigt werden, dass die Nervensubstanz während des Lebens einen der Muskelrespiration ganz analogen Gasverkehr erkennen lässt. Dass sie Sauerstoff aus der Luft aufnimmt und dafür Kohlensäure an dieselbe abgibt, worüber bisher nur einige Versuche VALENTIN's bekannt sind.

Es wird sich auf demselben einfachen Wege wie bei dem Muskel (Athmen

abgabe der Muskeln in Folge vorausgegangenen Tetanus bestätigte HERMANN. Es bleibt unverständlich, wie er sich berechtigt finden kann, diese vor Jahren gemachte Beobachtung sich zuzueignen. Ueber die Genauigkeit meiner Methode siehe im Folgenden.

\*) Man vergleiche darüber: E. du Bois-REYMOND. Widerlegung der von LUDIMAR HERMANN kürzlich veröffentlichten Theorie der electromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven. Auszug aus dem Monatsbericht d. kgl. Akad. d. W. zu Berlin 1867.



in Wasserstoffgas) ergeben, dass die Kohlensäureproduktion der lebenden Nervensubstanz zum überwiegenden Theil mit Fäulniss Nichts zu thun hat, dass sie also ein wahrhaft physiologischer Vorgang sei.

Für die Sauerstoffaufnahme wird sich ebenso eine vollkommene Gleichheit für den Muskel und Nerven ergeben, so dass demnach unser Nachweis der physiologischen Sauerstoffaufnahme des Muskels die physiologische Bedeutung des entsprechenden Vorganges für den Nerven mit beweist. Gehen wir nun sogleich zu den Versuchen über.

## §. 2. Versuche\*).

Zu den Athemversuchen der Nervensubstanz wählte ich vor allem Gehirne von Tauben, die sowohl ihrer Grösse nach gut entsprechen als auch mit wenig Kosten und leicht frisch zu erhalten sind. Nur einige Versuche, welche die Kohlensäureabgabe des Gehirnes qualitativ ergaben, wurden an Kaninchengehirnen angestellt.

Die Tauben wurden durch Abschneiden des Kopfes getödtet, wobei sowohl der Rumpf als der Kopf ausbluteten, so dass das Gehirn fast vollkommen blutfrei wurde. Ausspritzen mit einer Kochsalzlösung, um das Blut gänzlich zu entfernen, konnte wegen des raschen Absterbens der Nervensubstanz nicht Anwendung finden, da diese ja möglichst mit ihren Lebenseigenschaften versehen untersucht werden sollte.

Um den Einfluss des im Gehirne nach äusserlicher sorgfältiger Reinigung und nach Verbluten noch restirenden Blutes übersehen zu können, stellte ich eine Blutmengenbestimmung im Gehirne nach der WELCKER'schen Methode an. Sie ergab folgendes, zufriedenstellendes Resultat.

### Versuch I.

#### Blutmengenbestimmung im verbluteten Taubengehirne.

Gehirn der Taube verblutet und äusserlich von Blut mit Filtrirpapier in derselben Weise wie bei den folgenden Versuchen gereinigt.

Gewicht des Gehirnes 4,83 Grmm.

Es wurde fein zerschnitten und mit 20 cc Wasser angesetzt, 24 Stunden stehen gelassen, dann filtrirt.

1 cc Blut derselben Taube wurde abgemessen mit 100 cc aq versetzt.

Davon 10 cc herausgenommen und mit 200 cc Wasser versetzt, die Flüssigkeit ist noch deutlich roth, während die Waschflüssigkeit des Gehirnes nur röthlich-gelb ist, letztere ist also noch weit verdünnter. Bei weiterer Verdünnung des Probe-Blutes wird das Urtheil ungenau, jedenfalls war im Gehirne procentisch weniger Blut enthalten als in der Blutverdünnung.

20 cc der Blutverdünnung enthalten: 0,00943 cc flüssiges Blut oder bei einem specifischen Gewicht von 1055 = 0,00995 Grmm. Legen wir die genauen jeden-

---

\*) Versuche über das Leben der Nerven in verschiedenen Gasen finden sich Capitel VI.



falls hier zu hohen Werthe der Blutkörperchenbestimmung von HOPPE (am Pferdeblute gewonnen) zu Grunde, so enthielt diese Blutmenge etwa: 0,00326 Grmm. feuchte oder 0,00142 Grmm. trockene Blutkörperchen mit noch 0,7 % Asche.

Nehmen wir diese ganze Menge fester Stoffe als Haemoglobin an, so enthielte das Gehirn doch nicht mehr als etwa 4 Milligramm des Blutfarbestoffes, eine Grösse die wir doch sicher als verschwindend bei den folgenden Versuchen ausser Acht lassen dürfen.

Der vorstehende Versuch ergibt wenigstens so viel, dass wir das verblutete Gehirn sicher wenigstens ebenso für blutfrei betrachten dürfen, wie die mit Kochsalzlösung ausgewaschenen Muskeln, in denen bekanntlich niemals eine Minimal-Quantität von Hämoglobin fehlt.

Wenden wir uns nach dieser Voruntersuchung zu den Versuchen selbst und zwar zuerst zu den Bestimmungen der von einem Taubengehirne ausgehauchten Kohlensäuremenge und der äusseren Einflüsse auf dieselbe.

Die Gehirne, welche zu diesen Versuchen dienten, wurden wie gesagt möglichst rasch eben geschlachteten Tauben entnommen. Es ist das leicht geschehen, da sich die Hirnschale gut mit einer stärkeren Schere abtragen lässt. Das unverletzte Gehirn wurde sogleich in ein feines, geflochtenes Körbchen von Platindraht und damit in einen abgeschlossenen Luftraum hereingebracht, wo es entweder ruhig bei constanter Temperatur hing oder erwärmt werden konnte.

Als Luftraum verwendete ich aus Gründen, die im folgenden § erörtert werden sollen, kein Eudiometer sondern ein etwas ausgekochtes Wasser enthaltendes Glaskölbchen. Um die in diesem enthaltene Luft möglichst leicht zur Untersuchung ablassen und wieder erneuern zu können, hatte ich dieselbe Ventil-Einrichtung getroffen, die ich bei der Bestimmung der Kohlensäureabgabe des geruhten und tetanisirten Muskels benützt hatte (Tetanus S. 154). Doch wurde hier die Luft nicht wie dort beständig, so lange der Versuch währte, durchgesaugt, sondern erst nach Beendigung des Versuches wurde die Luft durch Absaugen im Kölbchen erneuert. Die Kohlensäurebestimmung geschah, indem die Luft ihre Kohlensäure an Barytwasser, durch welches sie geleitet wurde, abgab, nach der PETTENKOFER'schen Methode. Die Genauigkeitsgrenzen dieser Methode sind von v. PETTENKOFER selbst besprochen worden. Sie gestattet die scharfe Bestimmung von 0,0001 Grmm. = 0,0508 cc Kohlensäure bei dem Normalbarometerstand (= 1 Meter), eine Genauigkeit, welche von der eudiometrischen Bestimmung kaum erreicht wird.

Vor jeder Versuchsreihe sowie nachher wurde der Apparat einer sorgfältigen Prüfung auf seine Dichtigkeit und Kohlensäurefreiheit unterworfen. Die beiden folgenden, beispielsweise angeführten Controlversuche des Apparates werden seine vollkommene Brauchbarkeit dokumentiren.

## Versuch II und III.

### Controlversuche mit dem Kohlensäurebestimmungs-Apparat.

1. Von dem vorgelegten Barytwasser entsprechen vor dem Versuche: 40 cc = 26,5 cc Normal-Oxalsäure = 26,5 Milligrammen Kohlensäure.



Es wird 15 Minuten lang Luft durch den Apparat gesaugt. 15 cc Barytwasser waren vorgelegt, davon wurden 10 cc nachtitrirt.

Sie erfordern nach dem Versuche zur Neutralisation: 26,4 cc Oxalsäure. Es wurden also in 15 Minuten absorhirt: 0,00015 Grmm. Kohlensäure.

Nun wurde der Apparat geöffnet und in dem Glase, in welches das Gehirn kommen sollte, so handirt, wie es bei dem Hereinbringen des Gehirnes erfolgt. Dann der Apparat wieder geschlossen und wieder 15 Minuten lang gesaugt. Es trat nun keine erkennbare Spur einer Neutralisirung des Barytwassers auf; 10 cc desselben, die vor dem Versuche 26,5 cc Oxalsäure zur Neutralisation bedurften, bedurften nach dem Versuche ebenfalls 26,5 cc. Es geht aus diesem Versuche hervor, dass während des Einbringens des Gehirnes in den vorher CO<sub>2</sub>-freien Apparat keine erkennbare CO<sub>2</sub>-Menge in denselben hereingelangt; und weiter, dass der Apparat vollkommen dicht ist, so dass nach der Absorption der im schädlichen Raume des Apparates in der Luft enthaltenen Kohlensäure, keine Kohlensäure von aussen mehr hereintritt.

2. Derartige Versuche ergaben nach stundenlangem Saugen das gleiche Resultat, z. B.:

Beginn des Controlversuches	11 hor. 17'
Ende       "       "	12 hor. 17'.

Von dem vorgelegten Barytwasser entsprachen wie oben 10 cc genau 26,5 cc Oxalsäure vor dem Versuch, nach dem Versuche dagegen nur 26,4 cc, so dass (es waren 15 cc Barytwasser vorgelegt) wieder nur 0,00015 Grmm. CO<sub>2</sub> absorhirt waren = 0,0762 cc bei N. B. Kohlensäure. In den folgenden Versuchen entsprach 1 Millimeter der nicht reducirten Theilung der verwendeten Eudiometer (Absorptionsröhren) im Durchschnitt etwa: 0,25 cc, ein halber Theilstrich ist noch mit Sicherheit abzulesen = 0,125 cc. Die mit meinem Apparate bestimmte Fehlergrenze ist also etwa halb so gross, meine Bestimmungen nach der v. PETTENKOFER'schen Methode innerhalb sehr kleiner Werthe also etwa doppelt so genau als die mit dem Eudiometer.

Nach dieser Darlegung der Methode können wir nun zur Beschreibung der Versuche selbst übergehen. Sie ergeben ausnahmslos eine nicht unbeträchtliche CO<sub>2</sub>-Production des Gehirnes, die mit dem Verschwinden der Lebens-eigenschaften des Gehirnes abnimmt, aber nicht vollkommen aufhört, bei dem Eintritt der Fäulniss dagegen wieder nicht unbeträchtlich ansteigt.

Ebenso wie bei dem Muskel kann man durch Erwärmen des Gehirnes auf die Temperatur der Wärmestarre (45° C.) eine grössere Kohlensäureproduction auf ein Mal erzielen, welche vielleicht als Ausdruck der bis zum Absterben physiologisch erzeugten und abgegebenen Kohlensäure-Menge angesehen werden könnte (cf. V. V—VII). Aehnliches tritt bei dem Erwärmen auf 100° C. ein. Die Kohlensäureproduction des Gehirnes zeigt selbstverständlich, da unter keinen Umständen die Versuchsbedingungen absolut genau gleich gehalten werden können, keine quantitative Uebereinstimmung in den verschiedenen Versuchen, es wäre eine vollkommene Verkennung der obwaltenden Verhältnisse, wenn man eine solche erwarten würde. Trotzdem ergeben die quantitativen Versuche immerhin einige Anhaltspunkte für weitere Betrachtungen, so dass wir sie doch einfach qualitativen vorziehen müssen, vor allem werden sie uns bei der Entscheidung der Frage nach der Abhängigkeit der Kohlensäureabgabe in ihrem Verhältnisse zur Sauerstoffaufnahme aus der Luft Dienste leisten.



Im Folgenden werde ich einige besonders übersichtliche Beispiele aus meinen Versuchen auswählen.

### Versuch IV.

**Kohlensäureabgabe des Gehirnes bei dem Absterben in Zimmertemperatur (16°C).**

Taubengehirn, Gewicht: 2,00 Grmm.

Versuchs-Nr.:	Zeit nach Beginn des Versuchs.	Versuchsdauer in Stunden.	Während des Versuchs abgegebene Gesamt-CO <sub>2</sub> in Milligrammen.	Die abgegebene CO <sub>2</sub> auf die Stunde berechnet:		Abgegebene Kohlensäure in:	
				in Milligramm.	in CC reducirt.	Gewichtprocenten.	Volumsprocenten*).
1.	4,0	4,00	3,90	<b>0,98</b>	0,498	0,050 0/0	23,7 0/0
2.	20,5	16,50	4,05	<b>0,25</b>	0,127	0,0423 »	6,0 »
3.	23,0	2,58	0,60	<b>0,24</b>	0,122	0,0420 »	5,8 »
4.	28,0	5,00	0,90	<b>0,18</b>	0,091	0,0090 »	4,3 »
5.	45,2	16,63	1,50	<b>0,09</b>	0,046	0,0045 »	2,2 »
6.	48,0	2,2	0,90	<b>0,42</b>	0,219	0,0210 »	10,4 »
7.	53,1	5,75	2,40	<b>0,42</b>	0,219	0,0210 »	10,4 »

Der Versuch zeigt die nach und nach eintretende Verminderung der Kohlensäureabgabe während und nach dem Eintritt der Gewebssäuerung recht deutlich, nach zwei Tagen trat im Gefolge der Fäulniss nun wieder eine bedeutende Steigerung der Kohlensäureabgabe ein.

Es weist uns diese Beobachtung darauf hin, dass wir es bei der Kohlensäureabgabe des Gehirnes unzweifelhaft ebenso wie bei dem Muskel mit zwei verschiedenen Ursachen zu thun haben, von denen wir die eine als physiologische Kohlensäureproduction, die andere als Fäulniss bezeichnen dürfen.

Um die bei dem physiologischen Vorgange des Absterbens der Gehirns substanz entstehende Kohlensäure-Gesamtquantität annähernd bestimmen zu können, schien der Weg durch die Beobachtung, dass es eine eigentliche Wärmestarre der Nervensubstanz gibt, vorgezeichnet. Das Gehirn musste im geschlossenen Luftraum todtentstarr gemacht und dann die während dieser Zeit producirt Kohlensäuremenge bestimmt werden. Ich schliesse an einige derartige Versuche auch einen an, in welchem durch Erhitzen auf 400°C. die Kohlensäure aus dem Gehirne rasch gewonnen wurde.

### Versuche V, VI und VII.

**Kohlensäureproduction des Taubengehirnes bei dem Absterben in der Wärme.**

V. Gehirn einer Taube: 1,8 Grmm. 30 Minuten lang im Gasapparat auf 45°C. erhitzt, seine Reaction deutlich sauer. Es hatte während der Zeit abgegeben:

1,05 Milligramme Kohlensäure.

\*) Das spec. Gewicht des Gehirnes zu 1050 angenommen.



VI. Gehirn einer Taube: 2 Grmm. 30 Minuten lang im Gasapparat auf  $45^{\circ}\text{C}$ . erhitzt, Reaction schwach sauer. Es hatte während der Zeit abgegeben:

2,7 Milligramme Kohlensäure.

Es zeigte sich, dass die Kohlensäureproduction nach 30 Minuten noch nicht beendigt war, es wurde weitere 30 Minuten auf  $45^{\circ}\text{C}$ . erwärmt, währenddem gab das Gehirn ab:

1,05 Milligramme Kohlensäure.

Im Ganzen also betrug die Kohlensäureabgabe während einer Stunde:

3,75 Milligramme Kohlensäure.

VII. Taubengehirn: 2,06 Grmm. 15 Minuten lang auf  $100^{\circ}\text{C}$ . erhitzt, Reaction nachher alkalisch\*). In den 15 Minuten des Versuches wurden abgegeben:

2,5 Milligramme Kohlensäure.

In dem als Beispiel angeführten Versuche über Kohlensäureproduction des zeitstarr-werdenden Taubengehirnes (V. IV) entziffert sich die Menge Kohlensäure, welche während der ersten Versuchsstunde im Durchschnitt ausgegeben wurde, zu: 0,975 Milligrammen. Das starke Sinken in der Ausscheidungsmenge in den folgenden Versuchsstunden lässt aber vermuthen, dass sich eine Abnahme der Kohlensäuremenge auch schon in den ersten Versuchsstunden möchte ergeben haben.

Direkt darauf gerichtete Versuche zeigten nun, dass die in der ersten Versuchsstunde vom Gehirne gelieferte  $\text{CO}_2$ -Menge wirklich etwa um die Hälfte grösser ist als jene Mittelzahl, ich fand sie im Durchschnitt aus mehreren Versuchen zu: 1,35 Milligrammen.

Die vorstehenden Versuche ergeben demnach, dass wir durch Erwärmen von 30 Minuten auf  $45^{\circ}\text{C}$ . oder von 15 Minuten auf  $100^{\circ}\text{C}$ . eine Kohlensäuremenge aus dem Gehirne entwickeln können, welche meist ziemlich viel grösser ist, als diejenige, welche durch Liegen in feuchtem Raume bei Zimmertemperatur während 1 Stunde aus dem Gehirne austritt. Der letztmitgetheilte Versuch Nr. VI ergibt jedoch deutlich, dass wir diese Mengen durchaus nicht wie wir gehofft als einen Massstab betrachten dürfen für die Beurtheilung der Gesamtkohlensäuremengen, die ein ausgeschnittenes Gehirn physiologisch zu liefern vermag. Der erwähnte Versuch zeigt nur zu deutlich, wie gross auch nach 30 Minuten noch die Kohlensäureabgabe sein kann.

Um eine physiologische Kohlensäureabgabe des Gehirnes unabhängig von gleichzeitiger Fäulniss-Oxydation über allen Zweifel fest zu stellen, wurde die Kohlensäureabgabe des Gehirnes in Wasserstoff der Prüfung unterworfen.

Der Athemapparat wurde, während das Gehirn in ihm enthalten war, mit kohlensäurefreiem, reinem Wasserstoff vollkommen gefüllt, der vor dem Einleiten in das verschlossene Kölbchen entsprechend sorgfältig gewaschen wurde. Das Kölbchen enthielt gasfreies destillirtes Wasser. Der Wasserstoff wurde fort und fort eingeleitet. Der  $\text{CO}_2$ -Bestimmungs-Versuch begann erst nach

\*) Bekanntlich konnte FUNKE dieses Alkalischwerden der Nervensubstanz durch Kochen nicht konstatiren. Mir gelang es einige Male vollkommen deutlich.



15 Minuten, als alle Luft aus dem Kölbchen ausgetrieben war und das Gas an der Ausmündungsstelle des Apparates ruhig brannte.

Das Gehirn zeigte in 30 Minuten eine deutliche Kohlensäureentwicklung = Trübung des vorgelegten Barytwassers. Die Quantität der ausgehauchten Kohlensäure wurde nicht genau bestimmt (etwa 1 Milligramm).

In einem zweiten Versuche wurde das Taubengehirn in reinem Wasserstoff 5' lang auf 100° C. erhitzt und dann noch 25 Minuten im heissen Apparat hängen gelassen.

Die während der 30 Minuten des Versuchs ausgegebene Kohlensäure Menge betrug:

1 (0,98) Milligramm Kohlensäure. Gehirngewicht: 1,88 Gramm.

Die Versuche über Athmung des Taubengehirnes in Wasserstoff ergeben also, dass die Kohlensäureabgabe der frischen Nervensubstanz auch in sauerstofffreien Gasen, aber wie es scheint etwas vermindert, eintritt, dass sie demnach zum Theil unabhängig von einem Fäulnissprocesse erfolgt. —

Nach diesen Beobachtungen, welche uns gelehrt haben, dass das lebende Gehirn, aus dem eben getödteten Körper herausgenommen, eine nicht unbedeutende physiologische Kohlensäureentwicklung zeigt, ganz analog den ausgeschnittenen Muskeln, wenden wir uns nun zu der Frage, ob diese Kohlensäureabgabe begleitet sei von einer gleichzeitigen Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft.

Die einfache Methode, die ich bei den Versuchen anwendete, welche zur Entscheidung dieser Frage dienen, war folgende.

Es wurde kohlenstofffreie \*) Luft nach den BUNSEN'schen Methoden der Gasanalyse in eine trockene Absorptionsröhre hereingebracht, getrocknet und dann gemessen.

In dieses gemessene Luftvolumen wurde das Gehirn eingeführt, eingeschlossen in ein ähnliches Platindrahtkörbchen, wie es zum Aufhängen im Kohlensäurebestimmungs-Apparate gedient hatte. Diese Einführung bietet, wenn das Körbchen gut geflochten und der Führungsdraht hinreichend steif ist, nicht die geringste Schwierigkeit dar, und nach einiger Uebung und geeigneter Berücksichtigung der für die Einführung von Absorptionskugeln in die Röhren von BUNSEN gegebenen Vorschriften wird durch Einführen und Ausführen des Gehirnes in und aus der Luftmenge diese nicht messbar verändert.

Nach 24 Stunden wurde der Versuch beendet und das Gehirn aus der Luftmenge, ebenso wie es eingeführt war, wieder entfernt, letztere mittelst mehrmals erneuerter Kalikugeln nach der BUNSEN'schen Methode getrocknet und von Kohlensäure befreit und sodann von neuem gemessen. Die ausnahmslos eingetretene Abnahme der Luftmenge nach dem Versuch wurde direkt als Sauerstoffaufnahme betrachtet und in Rechnung gebracht.

Die Haupteinwendung, welche gegen diese Methode gemacht werden kann, ist bei Berücksichtigung der nöthigen Versuchsaufgaben allein die, dass das Gehirn vielleicht analog wie der Muskel auch etwas Stickstoff an die Atmo-

\*) Die Luft wurde vor der Einfüllung in die Röhre mehrmals durch Kali geleitet.



sphäre abgibt. Diese Annahme ist jedoch noch nicht erwiesen und die Mengen des abgegebenen Stickstoffs sind, wenn wir analoge Verhältnisse voraussetzen, wie bei dem Muskel während der ersten 24 Stunden so unbedeutend, dass wir sie als unwirksam auf das Versuchsergebniss betrachten dürfen. Dazu kommt noch, dass eine solche vorausgesetzte Stickstoffabgabe des Gehirnes das Resultat der Sauerstoffaufnahme nicht grösser, sondern nur etwas kleiner erscheinen lassen könnte, als sie in Wahrheit ist. Der Fehler scheint also ganz ungefährlich zu sein.

Aus einer grösseren Anzahl von Versuchen wähle ich einige der zuletzt angestellten aus, bei denen ich die nöthige Geschicklichkeit besonders in der Manipulation des Einführens des Gehirnes in die Absorptionsröhre vollkommen sicher erlangt hatte. Es wäre Platzverschwendung, wenn ich die ganzen Versuchsprotocolle hier mittheilen wollte, die doch zuletzt nur beweisen, dass der Experimentator richtig zu rechnen verstand. Der Raum, in dem die Gasanalysen angestellt wurden, erfüllte die von BUNSEN geforderten Bedingungen möglichst vollkommen, die Temperaturschwankungen waren während der Versuchszeiten sehr gering, mehrmals nur um Bruchtheile eines Grades.

Das Absorptionsvermögen des Gehirnes für Sauerstoff wurde sowohl bei der gerade vorhandenen Zimmertemperatur gemessen, welche zur Zeit der Versuche meist sehr niedrig war, theils bei erhöhten Temperaturen. Diese wurden durch Versenken einer kleinen gläsernen Quecksilberwanne, welche zu diesen Versuchen diente, mit den Absorptionsröhren in gewärmtes Wasser erreicht. Die Wasserwärme wurde dann während mehrerer Stunden möglichst konstant erhalten, dann der freiwilligen Abkühlung überlassen. Es wurde selbstverständlich bei Beendigung der Versuche alle Sorgfalt verwendet auf die Trocknung der Röhren und des Quecksilbers sowie auf die Erzielung einer vollkommenen Ausgleichung der Temperatur der Apparate mit der der Luft, was ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt.

Die Differenz des Gehirngewichtes bei ausgewachsenen Tauben ist nur sehr gering, sodass sie eine Berechnung auf Volumprocente wenig beeinflusst, im Mittel wiegt ein Gehirn: 2,0 Grmm. Die Berechnung auf Volum wurde daher hier übergangen. 1 Volumen der Absorptionsröhren betrug: 0,26 cc.

### Versuche VIII, IX, X, XI.

#### Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Taubengehirnes aus der Luft.

1.

Versuchsdauer 24 Stunden.

Taubengehirn frisch, 2,1 Grmm.

Mittlerer Barometerstand	724,8 M. M.
Mittlere Zimmer-Temperatur	6,4° C.
Anfangsvolumen der Luft reducirt CO <sub>2</sub> - und aq-frei	55,3 Vol.
Endvolumen der Luft reducirt CO <sub>2</sub> - und aq-frei	54,2 "
Das Gehirn hatte während 24 St. aufgenommen	1,1 Volum Sauerstoff.

2.

Versuchsdauer 24 Stunden.

Taubengehirn frisch, 2,3 Grmm.



Mittlerer Barometerstand . . . . .	712 M. M.
Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . .	10 <sup>0</sup> C.
Anfangsvolumen der Luft reducirt . . . . .	60,0 Vol.
Endvolumen der Luft reducirt . . . . .	54,9 „
Das Gehirn hatte in 24 Stunden aufgenommen:	5,1 Volum Sauerstoff.

## 3.

(Versuch 3 und 4 wurden bei höherer Temperatur angestellt, die Gehirne wurden in den Absorptionsröhren mehrere Stunden lang auf 37<sup>0</sup>C. erwärmt.)

Versuchsdauer 24 Stunden.

Gehirn frisch, 1,89 Grmm.

Mittlerer Barometerstand . . . . .	722 M. M.
Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . .	5,0 <sup>0</sup> C.
Anfangsvolumen der Luft reducirt . . . . .	15,8 cc.
Endvolumen der Luft reducirt . . . . .	14,6 cc.

Das Gehirn nahm auf in 44 Stunden: 1,2 cc.  
4,8 Volum Sauerstoff.

## 4.

Versuchsdauer 24 Stunden.

Gehirn frisch, 1,85 Grmm.

Mittlerer Barometerstand . . . . .	712 M. M.
Mittlere Zimmer-Temperatur . . . . .	5,0 <sup>0</sup> C.
Anfangsvolumen der Luft reducirt . . . . .	49,9 Vol.
Endvolumen der Luft reducirt . . . . .	45,2 „

Das Gehirn nahm auf in 24 Stunden: 4,7 Volum Sauerstoff.

Die Versuche ergaben, dass das Taubengehirn, während es Kohlensäure an die Atmosphäre abgibt, dafür auch nicht ganz unbeträchtliche Mengen von Sauerstoff aus dieser aufnimmt. Und zwar steigen diese Mengen wie es scheint mit der steigenden Temperatur. Während bei 6<sup>0</sup>C. nur 1,1 Volum aufgenommen wurde, stieg diese Grösse auf das Vierfache und mehr bei höheren Temperaturen.

Es ist also durch die in vorstehendem § mitgetheilten Versuche erwiesen, dass die Nervensubstanz ebenso wie die Muskelsubstanz aus dem Körper ausgeschnitten eine Respiration zeigt, die wir füglich analog der geläufigen Bezeichnung: Muskelrespiration als Nervenrespiration benennen dürfen.

Es ist bekannt, dass bei der Muskelrespiration die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe kein vollkommenes Wechselverhältniss erkennen lassen. Die Kohlensäureabgabe ist stets eine weniger beträchtliche als die entsprechende Grösse der gleichzeitigen Sauerstoffabsorption.

Das Gleiche ergeben wie es scheint auch die vorstehenden Versuche für das Gehirn.

Die Kohlensäureabgabe in 24 Stunden beträgt in unserem Versuche IV: 7,73 Milligramme, die grösste von mir beobachtete Menge.

Das Maximum der Sauerstoffaufnahme in 24 Stunden berechnet sich dagegen auf: 2 Milligramme [5,1 Vol. = 1,86 Mg.].



Diese 2 Milligr. Sauerstoff können aber bei der Oxydation 44,3 Milligr. Kohlensäure liefern.

Es liegt nach diesen Beobachtungen, welche bis in's Einzelne eine Uebereinstimmung der Nervenathmung mit der Muskelathmung ergaben, noch eine schwierige Aufgabe vor uns.

Es hat sich zwar für das frische Gehirn wie für den Muskel leicht erweisen lassen, dass ein bedeutender Theil der an die Atmosphäre abgegebenen Kohlensäure aus physiologischer Quelle kommt, dass sie sicher nur zu einem Theile aus einem beginnenden Fäulnissvorgange entstammen kann.

Für die Sauerstoffaufnahme in den Nerven dagegen ist eine physiologische Bedeutung damit noch nicht erwiesen.

Die physiologische Bedeutung der Sauerstoffabsorption in den Muskel ergab sich uns bisher allein aus dem Leben-erhaltenden Einfluss, den sie auf (dickere) Muskeln ausübt.

Den neuerdings aufgetauchten Anfechtungen der physiologischen Bedeutung der Sauerstoffaufnahme bei der Gewebsathmung gegenüber liegt es uns ob, diese Frage wo möglich zu einer direkten Entscheidung zu bringen.

Aus nahe liegenden Gründen werden wir uns bei der folgenden Untersuchung auf den zählebigen Froschmuskel beschränken.

### §. 3. Nachweis einer **physiologischen Sauerstoffaufnahme** des ausgeschnittenen, blutfreien Froschmuskels aus der ihn umgebenden Atmosphäre.

Vom Verfasser und st. med. **E. Daxenberger.**

Herrn L. HERMANN's Versuche über die physiologische Bedeutung der Sauerstoffaufnahme des Muskels bei der Muskelathmung haben zu keinem entscheidenden Resultate geführt.

Während die erneute Bestätigung der alten A. v. HUMBOLDT'schen Versuche (cf. §. 1) für eine physiologische Betheiligung des aufgenommenen Sauerstoffes an dem Muskelleben sprach, traten die Differenzen in der Sauerstoffaufnahme möglichst ähnlicher lebender und todter Muskeln nicht so in die Augen springend hervor, als man es wohl glaubte erwarten zu dürfen.

Zur Entscheidung der Frage, ob ein grösserer oder geringerer Theil des vom lebenden Muskel aus der Atmosphäre aufgenommenen Sauerstoffes auf Rechnung eines von dem Fäulnissvorgange unabhängigen Lebensvorganges zu setzen sei, ergab sich aber ein sehr einfacher Weg, der uns, wie die folgenden Versuche lehren werden, zum erwünschten Ziele führte.

Es ist klar, dass wir dadurch zur Entscheidung der Frage kommen würden, wenn wir die zu vergleichenden lebenden und todten Muskeln Bedingungen unterwerfen könnten, welche in verschiedener Weise das Muskelleben und den Fäulnissvorgang beeinflussen. Würden wir eine Bedingung finden, bei welcher das Muskelleben und mit ihm die während desselben erfolgende physiologische Sauerstoffaufnahme fortbesteht, während die Fäulniss aufhört, so würden wir im Stande sein, ähnlich wie es durch Athmung der Muskeln und



Gehirne in Wasserstoff für die physiologische Kohlensäureabgabe möglich war, die physiologische Sauerstoffaufnahme direkt zu beweisen, sie allein für sich, gesondert von der sonst gleichzeitigen Fäulnis-Sauerstoffaufnahme sichtbar zu machen.

Eine derartige Bedingung existirt in den verschiedenen Temperaturen, bei denen man experimentirt.

Bei einer dem Gefrierpunkte gleichen oder sehr nahen Temperatur hören, wie wir wissen, die Fäulnisprocesse vollkommen oder fast vollkommen auf.

Bei dieser niederen Temperatur geht jedoch bei Fröschen das Muskelleben noch (fast) ungestört seinen normalen Gang.

Ist das Muskelleben mit einer physiologischen Sauerstoffaufnahme bei der Muskelathmung verbunden, so muss bei dem Vergleiche der Sauerstoffaufnahme lebender und todter Muskeln mit der sinkenden Temperatur die Differenz in der Sauerstoffaufnahme zu Gunsten des lebenden Muskels zunehmen, bei der Temperatur des Gefrierpunktes muss die Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels noch fortbestehen, während die Sauerstoffaufnahme des todten Muskels (auf Fäulnis beruhend) verschwunden oder wenigstens auf ein Minimum reducirt sein muss.

Ehe wir aber zur experimentalen Erforschung des Einflusses schreiten, den die Temperatur auf die Sauerstoffaufnahme lebender und todter Muskeln hat, haben wir uns mit den vorliegenden Untersuchungen Herrn HERMANN's noch etwas näher zu beschäftigen.

Ordnen wir zuerst alle seine angegebenen Versuche neben einander tabellarisch \*).

Sauerstoffaufnahme der lebenden und todten Muskeln desselben Frosches nach L. HERMANN.

(Bei 15° — 20,5° C. angestellt).

Versuche nach HERMANN.	Zustand des Muskels.	Sauerstoffaufnahme. Vol.-Proc.	Sauerstoffmehraufnahme des lebenden Muskels.	Procentische Sauerstoffmehraufnahme des lebenden Muskels, die Sauerstoffaufnahme des todten = 100 gesetzt.
(21.) 1.	lebend wärmestarr	11,84 0/0 7,64 "	+ 4,2 0/0	+ 55 0/0
(22.) 2.	lebend wärmestarr	19,34 0/0 15,44 "	+ 3,9 0/0	+ 25 0/0
(23.) 3.	lebend wärmestarr	18,35 0/0 15,62 "	+ 2,73 0/0	+ 17 0/0
(24.) 4.	lebend wärmestarr (nicht entblutet)	23,44 0/0 14,77 "	+ 8,67 0/0	+ 58 0/0
(25.) 5.	lebend wasserstarr	13,86 0/0 15,64 "	— 1,75 0/0	— 15 0/0
(26.) 6.	lebend wasserstarr	14,82 0/0 14,56 "	+ 0,26 0/0	+ 2 0/0 (1,8 0/0)

\*) Der Mangel solcher Tabellen erschwert die Uebersicht über Herrn HERMANN's Untersuchung in hohem Grade.



Unter 6 Fällen sehen wir nur einmal die Sauerstoffaufnahme des toten (wasserstarren) Muskels grösser als die des mit ihm verglichenen lebenden, sonst überwiegt in allen von HERMANN mitgetheilten Fällen die Sauerstoffaufnahme des lebenden, und wie man sieht nicht unbedeutend!

Aus diesen Versuchen leitet Herr HERMANN den Schluss ab, dass die Vorgänge der Sauerstoffaufnahme des lebenden und des toten Muskels identische, gleichwerthige seien.

Unser Versuchsplan muss das entscheiden können. Sprechen wir seine Grundzüge noch einmal aus:

Sind die Processe der Sauerstoffaufnahme des lebenden und des toten Muskels identisch, wie das HERMANN behauptet, so müssen beide von äusseren Einwirkungen, z. B. Temperaturveränderungen, in gleicher Weise beeinflusst werden. Zeigt sich diese Gleichheit in dem Verhalten nicht, so ist damit auf das sicherste erwiesen, dass diese behauptete Identität nicht besteht, dass wir es hier mit zwei verschiedenen Vorgängen aus verschiedenen Ursachen hervorgehend zu thun haben.

Die Versuchsmethode der Sauerstoffbestimmung ist die gleiche wie sie bei dem Nachweis der Gehirn-Sauerstoffaufnahme gedient hatte.

Als Muskelpräparat dienten die beiden Oberschenkel eines Frosches, der mit 0,7 % Kochsalzlösung ausgespritzt war. Die Schenkel waren mit möglicher Vermeidung grösserer Muskelquerschnitte durch einen Schnitt durch die Symphyse getrennt; waren die Schnitte zuerst etwas ungleich ausgefallen, so wurden sie nachträglich möglichst gleich gemacht. Nach dem Ausschneiden wurden die Schenkel auf das sorgfältigste von anhaftenden Flüssigkeiten gereinigt und gewogen. Nun wurden sie an etwas stärkere Platindrähte befestigt, als sie gewöhnlich bei den Absorptionskugeln für die Gasanalysen dienen und in Kochsalzlösung gelegt. Der eine in der Kochsalzlösung wärmestarr gemacht \*). Es war nun nothwendig \*\*), sie noch auf gleiche Temperatur abzukühlen, ehe sie in die Absorptionsröhren in ein gemessenes, kohlensäurefreies und trockenes Luftquantum eingeführt wurden. Diese Einführung hat bei einiger Uebung auch nicht die leiseste Schwierigkeit, sie gelingt genau ebenso sicher ohne nachweisbare Volumveränderung des Luftvolums in der Röhre, wie die Ein- und Ausföhrung einer Absorptionskugel, was freilich auch geübt sein will.

Innerhalb der Röhren wurden die Muskeln nun verschiedenen Temperaturen meist 24 Stunden lang ausgesetzt und ihre Sauerstoffaufnahme nach dem Herausnehmen bestimmt, durch Trocknen und Absorption der Kohlensäure mittelst mehrmals eingeföhrter Kalikugeln und Zurückmessen der Luft.

Diese Messungen sowie das Ein- und Ausföhren der Muskeln in die Röhren und aus denselben wurde mit der grösstmöglichen Sorgfalt ausgeföhrt, wie

\*) Die Wärmestarre wurde darum gewählt, weil sich Herrn HERMANN's meiste Versuche auf diese Todesart beziehen. Die »Wasserstarre«, welche die Fäulniss des Muskels nach den HERMANN'schen beiden Versuchen begünstigt, schien ein zu wenig exact in jedesmal ähnlicher Weise herstellbarer Zustand zu sein, als dass er sich hiezu hätte empfehlen können.

\*\*) Worauf Herr HERMANN nicht aufmerksam macht.



sie die BUNSEN'schen Methoden lehren. Die Resultate machen also auf volle Genauigkeit Anspruch.

Gehen wir nun zu den Beobachtungen selbst über. Das spezifische Gewicht der Muskeln ist zu 1058 angenommen. Die Volumeneinheit, auf welche die Absorptionsröhren calibriert wurden, war wie in §. 2. = 0,26 cc.

### Versuche I—VI.

#### Sauerstoffaufnahme der lebenden und todtten Muskeln desselben Thieres bei verschiedenen Temperaturen verglichen.

##### A. Versuche I. und II.

Bei 45°—55° C.

Die Muskeln wurden in den Absorptionsröhren 20 Minuten lang auf die angegebene Temperatur erwärmt, dann herausgenommen.

##### I.

Muskel lebend:	3,415 Grmm.	= 2,944 cc.
Muskel todttenstarr:	3,100 »	= 2,930 cc.
Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff:		4,58 Vol.
Der todtte » » » »		4,13 »

##### II.

Muskel lebend:	6,46 Grmm.	= 5,160 cc.
Muskel todttenstarr:	5,49 »	= 5,179 cc.
Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff:		2,20 Vol.
Der todtte » » » »		2,18 »

##### B. Versuche III. und IV.

Bei einer Mitteltemperatur von 9° C. angestellt.

##### III.

Muskel lebend:	4,33 Grmm.	= 4,092 cc.
Muskel todttenstarr:	4,13 »	= 3,903 cc.
Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff:		5,9 Vol.
Der todtte » » » »		2,8 »

##### IV.

Muskel lebend:	3,41 Grmm.	= 3,223 cc.
Muskel todttenstarr:	3,32 »	= 3,147 cc.
Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff:		6,7 Vol.
Der todtte » » » »		5,3 »

##### C. Versuche V. und VI.

Bei einer Mitteltemperatur von 20° C. angestellt.

##### V.

Muskel lebend:	3,66 Grmm.	= 3,459 cc.
Muskel todttenstarr:	3,55 »	= 3,355 cc.
Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff:		3,3 Vol.
Der todtte » » » »		0,4 »



## VI.

Muskel lebend: . . . 3,34 Grmm. = 3,159 cc.

Muskel todtenstarr: 3,32 » = 3,139 cc.

Der lebende Muskel verzehrte an Sauerstoff: . . . . 3,5 Vol.

Der todte » » » » . . . . 0,2 »

Der grösseren Uebersichtlichkeit wegen stellen wir die Resultate der vorstehenden 6 Versuche noch in einer einzigen Tabelle zusammen. Da die Muskelgewichte fast gleich sind und die Gewichtsbestimmungen der Knochen nach dem Versuche kaum einige Willkürlichkeiten vermeiden lassen, wegen der mit den Muskeln verbundenen nur unvollkommen trennbaren Sehnen und Bänder, welche natürlich bei dem Abpräpariren mit in Rechnung zu ziehen sind, scheint es zweckmässig, auch die direkt im Versuche gemessenen, nicht auf Volumprocente umgerechneten Werthe mit in die Tabelle einzustellen. Würden wir annehmen, es seien die Gewichte der verglichenen Muskeln in je einem Versuche vollkommen gleich gewesen, so würden die gemessenen Werthe direkt vergleichbar sein; wirklich ist die Differenz der Gewichte so gering, dass eine solche Annahme gerechtfertigt erscheint.

## Tabelle

über die Sauerstoffabsorption lebender und wärmestarrer Muskeln desselben Thieres bei verschiedenen Temperaturen.

Versuchs-Nr.	Temperatur.	Zustand des Muskels.	Sauerstoffaufnahme direkt gemessen nach Volumeinheiten der Absorptionsröhre.	Sauerstoffaufnahme auf Volumprocente des Muskels berechnet.	Mittlere Differenz der Sauerstoffaufnahme in je zwei Versuchen nach Vol. ‰.
1.	45°—55° C.	lebend wärmestarr	4,58 Vol. 4,13 »	43,95 ‰ 40,06 »	} 2,04 ‰
2.	»	lebend wärmestarr	2,20 Vol. 2,18 »	44,08 ‰ 40,94 »	
3.	7,2°—9° C.	lebend wärmestarr	5,9 Vol. 2,8 »	37,48 ‰ 47,62 »	} 44,72 ‰
4.	»	lebend wärmestarr	6,7 Vol. 5,3 »	54,08 ‰ 44,50 »	
5.	0°—7° C.	lebend wärmestarr	3,3 Vol. 0,4 »	24,77 ‰ 3,10 »	} 24,73 ‰
6.	»	lebend wärmestarr	3,5 Vol. 0,2 »	28,84 ‰ 4,04 »	

Das Resultat ist vollkommen schlagend:

Die Sauerstoffaufnahme des lebenden und des todten Muskels sind wesentlich verschiedene Processe, indem sie in wesentlich verschiedener Weise von den gleichen äusseren Versuchsbedingungen beeinflusst werden.



Die Sauerstoffaufnahme des todtten Muskels zeigt sich in ihrer absoluten Abhängigkeit von der Temperatur als ein gewöhnlicher chemischer Oxydationsvorgang (Fäulniss), der die ihm unterliegende Muskelsubstanz der allmählichen Zerstörung entgegenführt.

Die Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels ist dagegen in nicht unbeträchtlichem Grade von der Temperatur unabhängig, in so fern als eine Temperaturerniedrigung, welche die einfachen chemischen Oxydationsprocesse zum Verschwinden bringt, diese Aufnahme des Sauerstoffs in den lebenden Muskel nur unwesentlich beeinträchtigt.

Wir konnten zeigen, dass die lebenden und todtten Muskeln sich bei niedrigster Temperatur, in welcher die Lebesenseigenschaften der Gewebe eben noch fortbestehen, in Beziehung auf ihren Sauerstoffverbrauch sehr verschieden verhalten: hier war für den todttenstarren Muskel der Sauerstoffverbrauch kaum zu constatiren = Null, während der lebende Muskel in regelmässiger Weise fortfuhr Sauerstoff in sich aufzunehmen. Wir haben so in dieser Erniedrigung der Versuchstemperatur das Mittel gefunden, eine physiologische Sauerstoffaufnahme des lebenden Muskels fast vollkommen rein von jedem nicht physiologischen Oxydationsvorgange zu beweisen.

Wir müssen demnach HERMANN's Behauptung, dass eine solche physiologische Sauerstoffaufnahme nicht nachweisbar sei, entgegentreten.

Mit steigender Temperatur sehen wir die nicht physiologische Oxydation der todtten Muskelsubstanz zunehmen, die Sauerstoffaufnahme der lebenden und todttenstarren Muskeln nähert sich dadurch in ihren Grössen mehr und mehr, bis endlich etwa bei 50° C., wie mein Versuch Nr. 2. beweist, kein Unterschied in der Sauerstoffaufnahme beider mehr nachweisbar ist. HERMANN's Resultate fügen sich sehr gut in die Reihe dieser Beobachtungen ein. Seine Versuche 21, 22, und 23 (1—3 in unserer Tabelle S. 29. NB. Nr. 24 [4] ist nicht vergleichbar, da er an nicht entbluteten Muskeln angestellt wurde) sind bei Sommertemperaturen angestellt zwischen 15°—20,5° C. Die mittlere Differenz der Sauerstoffaufnahme der lebenden und todtten Muskeln fällt dadurch etwas kleiner aus als in meinen bei viel niedrigeren Temperaturen angestellten Versuchen Nr. 3 und 4.

Mit den seinigen bilden meine Versuche folgende Reihe mit Rücksicht auf die Temperaturverhältnisse während der Versuche:

Temperatur:	vom lebenden Muskel mehr als vom todtten Muskel aufgenommener Sauerstoff:
0° — 2° C.	24,73 Vol. %
7° — 9° C.	14,72 „
15° — 20° C. (HERMANN's Versuche)	3,64 „
45° — 55° C.	2,04 — 0 „

Fragen wir uns zum Schlusse dieser Betrachtung noch über das Verhältniss der nachgewiesenen physiologischen Sauerstoffaufnahme zur rein oxydativen bei steigenden Temperaturen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch der lebende Muskel dem zerstö-



renden nicht physiologisch oxydativen Einflüsse des Sauerstoffes ebenso wie der todte unterliegt und zwar ist kaum ein Grund vorhanden, warum wir annehmen sollten, dass dieser Oxydationsprocess bei dem lebenden Muskel viel kleiner sei als bei dem todtenstarren.

Jedenfalls muss diese nichtphysiologische Oxydation des lebenden Muskels ebenso mit der Temperatur zunehmen wie die des todten.

Von diesem Gesichtspunkte aus gewinnen nun unsere Resultate noch eine neue Bedeutung, sie zeigen:

Der Vorgang der physiologischen Sauerstoffaufnahme steigt nicht sondern fällt bei dem Muskel mit der Zunahme der Temperatur, bis er bei einer Temperatur, bei welcher der Muskel abstirbt, fast oder vollkommen der experimentalen Wahrnehmung verschwindet.

Nur damit lässt sich die beobachtete Abnahme der Differenz bei steigender Temperatur erklären. Würden beide physiologische und nichtphysiologische Sauerstoffaufnahme gleichzeitig steigen, oder bliebe sich die erstere bei dem Temperaturwechsel nur gleich, so könnte eine der beobachteten analoge Ausgleichung der Differenzen, wie sich bei einiger Ueberlegung von selbst ergibt, unmöglich eintreten.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass die lebend in die Absorptionsröhren eingeführten Muskeln durch die in Versuch I. und II. angewendete Temperaturerhöhung natürlich todtenstarr wurden. Die gleiche Sauerstoffaufnahme der verglichenen Muskeln schien dafür zu sprechen, dass der Muskel um starr(-sauer) zu werden keines Sauerstoffes bedarf.

Es lässt sich das wirklich direkt erweisen. Es lassen sich Muskeln durch Erwärmen in vollkommen gasfreiem Wasser todtenstarr machen, bei Vermeidung alles Luftzutrittes. Das genügend lang gekochte Wasser, kühlte bei diesen Versuchen unter einer Oelschicht bis auf die nöthige Temperatur ab, ehe der Muskel eingebracht wurde. Der Muskel wurde freilich an der Luft präparirt.

### Resultate.

Fassen wir die Resultate des vorstehenden §. noch einmal übersichtlich zusammen:

1. Es existirt eine nachweisbare (hier zum ersten Male erwiesene) physiologische Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Muskels aus der Luft, welche wir als den Grund der grösseren Lebensdauer solcher Muskeln in Luft als in nicht sauerstoffhaltigen Gasgemischen betrachten müssen.

2. Diese physiologische Sauerstoffaufnahme des Muskels tritt um so reiner hervor, je mehr durch Temperaturerniedrigung die rein oxydativen Prozesse, welche auf den Muskel zerstörend einwirken, herabgedrückt werden. Bei einer Temperatur ( $0^{\circ}$ — $2^{\circ}$  C.), bei welcher Oxydationsprocesse aufhören, erreicht, wie es scheint, die physiologische Sauerstoffaufnahme (bei dem Froschmuskel) ihr Maximum.

3. Mit steigender Temperatur nimmt die physiologische Sauerstoffauf-



nahme mehr und mehr ab, während gleichzeitig die nichtphysiologische Oxydation der Muskelsubstanz zunimmt; bei höheren Temperaturen, bei welchen der Muskel abstirbt, ist die physiologische Sauerstoffaufnahme nicht mehr sicher nachweisbar.

4. Die Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Muskels ist ein der Sauerstoffaufnahme des Gesamtkörpers in der Athmung ganz analoger Vorgang, man ist also berechtigt, die Sauerstoffaufnahme des ausgeschnittenen Muskels und die Kohlensäureabgabe desselben aus und an die umgebende Luft mit dem alten Namen: als Muskelrespiration zu bezeichnen.

5. Zum Todtenstarrwerden bedarf der (Frosch-)Muskel keines Sauerstoffs.

#### §. 4. Schlussbetrachtungen des Capitels.

Vorstehender §. 3. sollte einzig dem Nachweis gewidmet sein, dass eine physiologische Sauerstoffaufnahme aus der Luft in den ausgeschnittenen Muskel existirt.

Der Nachweis ist vollkommen gelungen.

Was aus dem aufgenommenen Sauerstoff wird, wozu er Verwendung findet, ist freilich mit den vorstehenden Versuchen nicht einmal angedeutet.

Dass man aus dem Muskel mit der Gaspumpe und durch Einwirkung von Gasen keinen Sauerstoff gewinnen kann, beweist nur, dass der Sauerstoff von der Muskelsubstanz fester gebunden wird als das Haemoglobin das zu thun im Stande ist. Dass aber leicht reducirbare Substanzen im Muskel enthalten seien, die den Sauerstoff an oxydirbare Stoffe abgeben können, scheinen gerade HERMANN's Versuche zu beweisen mit Stickoxyd, welcher sich auf Kosten im Muskel enthaltenen Sauerstoffs wahrscheinlich (zu Untersalpetersäure?) oxydirte (cf. S. 53 f. a. a. o.). Da kein gasförmiger Sauerstoff auspumpbar ist, so könnte diese Oxydation nur auf Kosten einer Reduction stattgefunden haben.

Auf die theoretischen Bedenken, welche Herr HERMANN gegen einige meiner im »Tetanus« veröffentlichten Versuche ausspricht, brauche ich nach dem Vorstehenden nicht mehr einzugehen.

Den einzigen meiner Versuche, den Herr HERMANN wiederholte, hat er bestätigt (cf. oben S. 48 Anmerkung). —

Gehen wir nun noch einmal auf die oben in §. 2. nachgewiesene Nervenrespiration zurück.

Wir fanden sie in allen verglichenen Beziehungen mit der Muskelrespiration übereinstimmend.

Es gelang die Muskelrespiration als einen physiologischen Vorgang nachzuweisen; der ausgeschnittene lebende Muskel nimmt physiologisch zur Erhaltung seines Lebens Sauerstoff aus der Luft auf und gibt an diese Kohlensäure ab, ein Vorgang, der bei niederen Temperaturen ganz analog der Gesamtrespiration des Organismus ist. Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe gehören demnach zu den Lebensbedingungen der Muskeln. Wir sind danach berechtigt auch die nachgewiesene Kohlensäureabgabe der Nervensubstanz sowie das analoge Phänomen der Sauerstoffaufnahme, mit einem Worte:



die Nervenathmung ebenfalls als eine der Lebensbedingungen der Nervensubstanz aufzufassen.

Auch das Nervenleben ist an einen physiologischen Vorgang geknüpft, der in Beziehung auf die Sauerstoffaufnahme und die Bildung von Kohlensäure ebenso als eine eigenthümliche physiologische Art der Oxydation aufzufassen ist, wie wir das für das Gesamtleben des Organismus aus der Gesamttrespiration zu schliessen gewohnt sind. Diese physiologische Oxydation ist freilich himmelweit von anorganischer Oxydation (= Fäulniss) verschieden.

Wir sind somit dem Verständniss der Lebensvorgänge im Nerven wieder um einen Schritt näher gerückt. In der Folge wird sich weiter ergeben, wie bedeutsam diese Kohlensäureproduction für das Nervenleben selbst ist. Die Nervenirregbarkeit ist auch eine Function der im Nerven enthaltenen Kohlensäuremenge.

### Capitel III.

#### Der physiologische Wassergehalt der nervösen Centralorgane.

##### §. 1. Versuchsplan.

Bei meinen Untersuchungen über die Veränderungen, welche der Muskel durch angestrengte Thätigkeit erleidet, war mir vor allem eine Zunahme des Wassergehaltes des tetanisirten Muskels gegen den geruhten aufgefallen \*).

Bei einer analogen Untersuchung der Lebeenseigenschaften der Nerven im Zusammenhange mit dem chemischen Stoffwechsel in ihrer Substanz musste sich sogleich die Frage aufdrängen, ob sich derartige Veränderungen im Wassergehalte der Nerven durch ihre Thätigkeit, oder vielmehr durch die Thätigkeit der Muskeln und Nerven des Gesamtorganismus ebenfalls würden auffinden lassen.

Bei dem Nerven ist diese Frage fast von noch grösserer Bedeutung als bei dem Muskel. Wir wissen durch die Untersuchungen, besonders von E. HARLESS, dass mit dem Steigen und Fallen des Wassergehaltes der Nerven die Erregbarkeit sich wesentlich verändert. Die Untersuchungen von HARLESS ergaben, dass eine Zunahme des Wassergehaltes die Nervenirregbarkeit herabsetzt, während eine Abnahme des Wassergehaltes die Erregbarkeit anfänglich erhöht. Bei steigender Vertrocknung des Nerven sehen wir dann eine plötzliche Abnahme der Erregbarkeit bis zum vollkommenen Verschwinden eintreten.

Die betreffenden Untersuchungen von HARLESS sind mit anerkanntem Verständniss der Hauptfragen, um die es sich hier handelt, angestellt. HARLESS fasst die Erregbarkeit direct als eine Function des (verschiedenen)

\*) Neuerdings hat NAWROCKI (HEIDENHAIN, Studien. Heft IV. S. 54. 1868.) auf eine Wasserzunahme der tetanisirten Unterkieferspeicheldrüse nachgewiesen.



Wassergehaltes der Nerven auf. Wir werden sehen, dass wir in ähnlicher Weise noch andere Momente aufzufassen haben.

Wenn bei der Erregbarkeit der Nerven als ein nicht unwesentlicher Factor der Wassergehalt in Rechnung zu ziehen ist, so muss uns die Frage, ob der Wassergehalt der Nervensubstanz im lebenden Thiere physiologische Schwankungen erleidet, auf's Höchste interessiren. Wir würden ja, wenn uns dieser Nachweis gelänge, gewisse physiologische Aenderungen in der Erregbarkeit der Nerven unzweideutig auf Aenderungen im Wassergehalte der Nerven beziehen können. Freilich würde es voreilig sein, wenn wir dann auf diese Aenderungen allein als Erklärungsgrund recurriren wollten. Wir werden sehen, dass ausser dem Wassergehalt noch eine Reihe fassbarer Factoren auf die Erregbarkeit einwirken. Es wird sich ergeben, dass im concreten Falle Bedingungen, welche entgegengesetzte Wirkung auf die Erregbarkeit ausüben, gleichzeitig auf den Nerven einwirken können, wodurch dann die Erregbarkeit entweder ganz unverändert bleiben kann oder, wenn die eine oder die andere Bedingung überwiegt, trotz der gleichzeitigen entgegengesetzten Wirkung der anderen, nach der Richtung der stärker wirkenden Bedingung eine einseitige Aenderung auftritt.

Jedenfalls ist die Frage nach physiologischen Aenderungen des Nervenwassergehaltes im lebenden Organismus interessant genug, wenn etwaige Resultate uns auch nicht berechtigen werden, zu folgern, dass nun mit einem erhöhten Wassergehalt der Nervensubstanz aus physiologischen Gründen jedesmal eine nachweisbare Abnahme der Erregbarkeit und mit Verminderung des Wassergehaltes eine nachweisbare Erhöhung der Erregbarkeit eintreten müsste.

Die Vorgänge in der lebenden Natur sind alle von sehr wenig einfacher Art; überall sehen wir in den Organen eingetretene Aenderungen möglichst rasch wieder ausgeglichen, wir sehen, dass Vorgänge, welche nach der einen Richtung verändernd und störend wirken, durch gleichzeitige entgegengesetzte Aenderungen nach einer anderen Richtung compensirt werden. Wir sind bei näherer Betrachtung erstaunt über die Zahl der Mittel, welche dem Organismus zu Gebote stehen, seine Functionen lange ungestört zu erhalten, trotzdem, dass die Bedingungen, unter denen diese Functionen zu Stande kommen, durch die Functionirung selbst nicht unwesentliche Aenderungen erleiden. Als Beispiel kann die von mir zuerst betonte Wechselwirkung bei der Ermüdung der Muskeln und ihrer Nerven dienen. Während der Muskel ermüdet, sehen wir gleichzeitig die Nervenerregbarkeit zunehmen, sodass trotz der beginnenden Ermüdung und ohne Reizverstärkung Muskel und Nerven doch lange gleichmässig fort zu arbeiten vermögen. Die Erregbarkeitsveränderungen der Muskeln und Nerven verhalten sich bei beginnender Ermüdung entgegengesetzt.

Wenden wir uns sogleich zu den Experimenten, welche zu der Frage nach physiologischen Aenderungen des Nervenwassergehaltes angestellt wurden.

Bei dem Muskel hatte sich ergeben, dass die von mir beobachtete Zunahme des Wassergehaltes durch den Tetanus herrührte, vor allem von dem Auftreten einer sauren Reaction im Muskelsaft, von der Bildung leicht diffundirender Zersetzungsprodukte aus den Muskelstoffen, die eine grössere Wassermenge in den Muskel hineinzogen.



Bei dem Nerven haben wir eine analoge Reactionsänderung durch den Tetanus wie am Muskel gefunden, es scheint mehr als wahrscheinlich, dass sich für Nerv und Muskel gleiche Aenderungen durch den Tetanus auch im Wassergehalte ergeben werden.

Ich habe zuerst Versuche an warmblütigen Thieren zur Entscheidung der Frage angestellt, ob durch den Tetanus die Wassermenge des Nerven in constanter Weise beeinflusst wird. Es zeigte sich, dass die Strychninvergiftung wenigstens bei den allein zur Verfügung stehenden Kaninchen zu rasch tödtet, als dass sie eine bemerkbare Veränderung im Wassergehalte der peripherischen Nerven hervorbringen könnte. Diese Versuche zeigten keine Constanz nach einer Richtung, sodass sie also keine Erwähnung verdienen. Es ist klar, dass derartige Versuche nur dann Anspruch auf Beweisfähigkeit nach einer Richtung besitzen, wenn alle richtig angestellten nach derselben Seite hin Verschiedenheiten ergeben. Auf diese Weise allein ist man sicher vor Werthlegen auf Schwankungen, die allein auf Versuchungenauigkeiten beruhen.

Von kaltblütigen Thieren, welche lange den Tetanus ertragen, stand nur der Frosch zu Gebote. Sein Ischiadicus ist leider zu klein und leicht, um vergleichende Trockenbestimmungen mit genügender Schärfe zu gestatten. Ich habe darum nur wenige derartige vergleichende Bestimmungen gemacht, welche ebenfalls keine constante Veränderung des Nervenwassergehaltes durch den Tetanus ergaben, trotz der grössten Sorgfalt, mit der sie angestellt wurden. Auch sie bleiben daher unbesprochen.

Es blieb also nur noch der umständlichere Weg der Vergleichung von Nervensubstanzen verschiedener Thiere übrig. Dazu konnte das Rückenmark der Frösche verwendet werden, welches schwer genug ist, um eine genaue Trockenbestimmung zu gestatten.

## §. 2. Versuche.

Das Rückenmark geruhter oder vorher bis zur annähernden Reactionslosigkeit mit Strychnin tetanisirter Frösche wurde möglichst ohne Verletzung ausgeschnitten, auf feinem ungeleimten Papier von den anhaftenden Stoffen: Flüssigkeiten und Kalkkrystallen auf das Sorgfältigste gereinigt und sodann möglichst rasch in einem vorher genau gewogenen Uhrglasapparat verschlossen und nachgewogen. Das Trocknen geschah auf der einen Uhrschale des Apparates bei einer Temperatur von  $420^{\circ}$ . Gleichzeitig wurden gleichlang in demselben Apparat geruhter und tetanisirter Rückenmarke getrocknet.

In folgenden Tabellen stelle ich vorläufig die gewonnenen Werthe übersichtlich zusammen.



Tabelle I.

## Wassergehalt des Rückenmarks geruhter Frösche.

Versuchs-Nr.	Rückenmarksgewicht nach Grammen.		Feste Stoffe in %.	Wasser in %.
	Frisch.	Trocken bei 120° C.		
1.	0,0636	0,0097	14,4 0/0	85,6 0/0
2.	0,0535	0,0075	14,0 "	86,0 "
3.	0,0405	0,0050	12,3 "	87,7 "
4.	0,0620	0,0075	12,1 "	87,9 "
5.	0,0678	0,0083	10,9 "	89,1 "
6.	0,0508	0,0055	10,8 "	89,2 "
7.	0,0750	0,0080	10,6 "	89,4 "
8.	0,0572	0,0054	9,4 "	80,6 "
9.	0,0570	0,0047	8,2 "	91,8 "
10.	0,0579	0,0046	8,0 "	92,0 "
11.	0,0422	0,0030	7,1 "	92,9 "
12.	0,0355	0,0025	7,0 "	93,0 "
im Mittel:			10,4 0/0	89,6 0/0

Die Versuche der vorstehenden Tabelle ergeben, dass der Wassergehalt im Rückenmark der geruhten Frösche grosse Schwankungen zeigen kann. Die verglichenen Thiere waren alle möglichst kräftige Männchen vom selben Fange, ganz gleich lang, unter gleichen Verhältnissen aufbewahrt und doch sehen wir den Wassergehalt um 7,4 0/0 schwanken.

Es ist diese Beobachtung von Bedeutung. Sie gibt Anhaltspunkte zur Erklärung, wie die Nerven-Erregbarkeitsverhältnisse scheinbar ganz gleich gehaltener Individuen derselben Species (speciell Frösche) die enormen Schwankungen zeigen können, die wir so oft an ihnen beobachteten. Wir werden in der Folge sehen, wie gering die Stoffschwankungen im Nerven sein dürfen, um seine Erregbarkeit auf das Wesentlichste zu beeinflussen \*).

Hier sehen wir noch in der Breite der Gesundheit den Wassergehalt des nervösen Centralorganes, auf welchem dessen Erregbarkeit wesentlich basirt, sich um 3,7 0/0 nach aufwärts, und um 3,4 0/0 nach abwärts von dem Mittelwerthe entfernen.

Wir können das Resultat vorstehender Wasserbestimmung in folgender Weise formuliren:

1. Der normale Wassergehalt des Rückenmarks geruhter Frösche beträgt (im Mittel aus 12 Versuchen): 89,3 0/0.

2. Von diesem Mittelwerthe kann jedoch innerhalb der Breite der Gesundheit der Wassergehalt um etwa 3,5 0/0 nach aufwärts und nach abwärts schwanken.

3. Wir sind berechtigt auf diese nicht unbeträchtliche physiologische Vermehrung und Verminderung des Wassergehaltes der Nervencentralorgane zum grossen Theil die an den verschiedenen Individuen zu beobachtenden Schwankungen in der Nervenirregbarkeit zu beziehen, worauf wir in der Folge noch näher eingehen werden.

\*) Ueber den Ischiadicus des Frosches cf. S. 44.



Ehe wir weitere Betrachtungen in dieser Richtung anstellen, wollen wir zuerst auch die an den Rückenmarken tetanisirter Frösche gemachten Beobachtungen in Beziehung auf den Wassergehalt zusammenstellen.

Auch hier wurde mit der grössten Vorsicht bei dem Präpariren und Reinigen der Rückenmarke verfahren. Die Trocknung geschah bei 120 °C. alles wie bei den oben beschriebenen Versuchen.

Tabelle II.

Wasserbestimmungen im Rückenmarke tetanisirter Frösche.

Versuchs-Nr.	Rückenmarksgewicht nach Grammen.		Feste Stoffe in %.	Wasser in %.
	Frisch.	Trocken bei 120° C.		
1.	0,0420	0,0066	15,4 0/0	84,6 0/0
2.	0,0435	0,0065	14,9 „	85,1 „
3.	0,0697	0,0092	13,2 „	86,8 „
4.	0,0469	0,0060	13,0 „	87,0 „
5.	0,0600	0,0077	12,8 „	87,2 „
6.	0,0618	0,0087	12,5 „	87,5 „
7.	0,0474	0,0059	12,4 „	87,6 „
8.	0,0410	0,0050	12,2 „	87,8 „
9.	0,0520	0,0060	11,6 „	88,4 „
10.	0,0612	0,0070	11,4 „	88,6 „
11.	0,0565	0,0065	11,1 „	88,9 „
12.	0,0465	0,0055	11,1 „	88,9 „
13.	0,0537	0,0058	10,8 „	89,2 „
14.	0,0560	0,0050	9,0 „	91,0 „
im Mittel:			12,2 0/0	87,8 0/0

Vergleichen wir vorerst den Durchschnitts-Wassergehalt der geruhten und tetanisirten Rückenmarke mit einander.

Der Wassergehalt geruhter Rückenmarke: . . . 89,6 0/0

Der Wassergehalt tetanisirter Rückenmarke: . . . 87,8 0/0

Differenz zu Gunsten der geruhten . . . + 1,8 0/0

Die Mittelzahlen ergeben also einen um 1,8 0/0 grösseren Wassergehalt der geruhten Rückenmarke im Vergleich mit den tetanisirten. Wir hatten erwartet, dass analog den Verhältnissen am Muskel eine Vermehrung des Wassergehaltes auch der Nervensubstanz durch den Tetanus erfolgen würde: das vorstehende Resultat ergibt das Gegentheil und zwar, wenn wir die Tabellen selbst vergleichen, ist das Resultat ein vollkommen schlagendes.

Der Wassergehalt der tetanisirten Rückenmarke ist nur in einem Falle niedriger als der Mittelwerth des Wassergehaltes der geruhten; der Mittelwerth des Wassergehaltes der tetanisirten Rückenmarke dagegen ist mit Ausnahme von nur 3 Fällen absolut niedriger als der Wassergehalt der Rückenmarke der geruhten Frösche.

Das Maximum des Wassergehaltes findet sich auf Seite der geruhten Frösche; 4 Fälle zeigen bei diesen einen absolut höheren Wassergehalt als das



Maximum bei den tetanisirten Thieren. Das Minimum des Wassergehaltes findet sich bei den tetanisirten Thieren, es bezieht sich auf einen Fall, in welchem das Thier 48 Stunden lang im feuchten Raume in Strychninkrämpfen erhalten wurde. Bei den anderen Thieren betrug der Tetanus nur einige Stunden.

Ich stehe nicht an, zu behaupten, dass vorstehende vergleichende Wasserbestimmungen, mit der grössten Sorgfalt ausgeführt, das überraschende Resultat ergeben:

In Folge des Tetanus des Gesammtthieres wird das Rückenmark der Frösche wasserärmer.

Es ergibt sich weiter, dass durch den Tetanus der Wassergehalt der Nervensubstanz sehr viel gleichmässiger wird, als er sich vor dem Tetanus zeigte. Die individuellen Schwankungen treten sehr zurück, wie man aus der Vergleichung der gewonnenen Werthe mit der Mittelzahl erkennt. Der Tetanus bewirkt schliesslich bei allen Thieren einen fast gleichmässigen Wassergehalt des Rückenmarkes. Es stimmt das gut damit überein, dass die Minimalerregbarkeit nach dem Tetanus bei allen Thieren sichtlich gleich ist, während die Krämpfe im Beginn, je nach der Erregbarkeitsstärke des Individuums, sehr bedeutende Unterschiede zeigen.

Wie gesagt kam diese Beobachtung der Wasserverminderung vollkommen unerwartet. Es schien so selbstverständlich, dass Muskeln und Nerven, die in ihrer chemischen Reactionsveränderung durch den Tetanus volle Uebereinstimmung zeigen, sich auch hierin gleichverhalten würden.

Es scheint auf den ersten Blick sogar ganz unverständlich, wie eine derartige Abnahme des Wassergehaltes eintreten könne.

Bei dem Muskel fanden wir in der stärkeren Concentrirung seiner Flüssigkeit an leicht diffundirbaren Stoffen nach dem Tetanus, vor allem in dem Auftreten der Säure genügenden Grund, warum er an das Blut und die Lymphe Stoffe abgeben und dafür Wasser von diesen weniger concentrirten Flüssigkeiten aufnehmen könne. Wir konnten direkt ein bedeutenderes Imbibitionsvermögen des tetanisirten Muskels nachweisen, wir fanden das Blut nach dem Tetanus des Gesammtthieres wasserärmer als vorher.

Nun finden wir eine solche Wasserabnahme, wie sie sich für das Blut ergeben hatte, auch für die Nervensubstanz.

Offenbar ist die Stoffabgabe des Muskels an das Blut bedingt durch die stärkere Concentration der Muskelsubstanz gegenüber dem Blute und der Lymphe. Diese Flüssigkeiten sind weit wässriger als der Muskel, es wird also bei gegenseitiger Diffusion der s. v. v. Wasserstrom von ihrer Seite zum Muskel stärker sein als von jenem zu ihnen, der Muskel wird dagegen mehr feste Stoffe an jene abgeben. So kommt es zu einer Wassergehaltszunahme auf Seiten des Muskels, zu einer Zunahme an festen Stoffen auf Seite des Blutes.

Betrachten wir die Diffusionsvorgänge zwischen Geweb- und umspülender Flüssigkeit allein von diesem Standpunkte der einfachen anorganischen Diffusions-Gesetze, so sind wir gezwungen anzunehmen, dass dieser Wechselverkehr gerade den umgekehrten Weg einschlagen, das umgekehrte Resultat ergeben muss, wenn die Concentrationsverhältnisse zwischen Gewebe und Blut sich umkehren. Ist das Gewebe wasserreicher als das Blut, so muss der Haupt-



Diffusionsstrom des Wassers aus dem Gewebe heraus, der Strom der festen Stoffe in das Gewebe hinein stattfinden, das Gewebe muss durch die Diffusion wasserärmer werden.

Hier drängt uns demnach Alles zu der Frage, wie verhält sich der Wassergehalt des Blutes zu dem der Nervensubstanz bei demselben Thiere (Frosch). Ist ersterer kleiner, oder wird er wenigstens durch den Tetanus kleiner, so sind wir im Stande, das Resultat der Wasserabnahme des Rückenmarkes durch den Tetanus uns vollkommen zu erklären. Das Resultat der nach dieser Richtung angestellten Beobachtungen geben folgende Tabellen.

Tabelle III.

Vergleichende Wasserbestimmung im Blut, Nerv und Muskel desselben geruhten Thieres.

Versuchs-Nr.	Versuchs-Objecte vom Frosch.	Gewicht in Grammen.		Feste Stoffe in %.	Wasser in %.
		Feucht.	Trocken.		
1.	Rückenmark	0,0422	0,0030	7,4 0/0	92,9 0/0
	Blut . . . .	0,8463	0,1200	14,4 „	85,9 „
	Muskel . . .	1,7840	0,3633	20,0 „	80,0 „
2.	Rückenmark	0,0508	0,0050	10,8 0/0	89,2 0/0
	Blut . . . .	0,9215	0,1327	14,4 „	85,6 „
	Muskel . . .	1,1022	0,2094	19,0 „	81,0 „

An diese Tabelle schliessen wir sogleich die analoge, welche bei vergifteten (= tetanisirten) Fröschen den Wassergehalt der Gewebe vergleicht.

Tabelle IV.

Vergleichende Wasserbestimmung im Nerven, Blut und Muskel des tetanisirten Thieres.

Versuchs-Nr.	Versuchs-Objecte vom Frosch.	Gewicht in Grammen.		Feste Stoffe in %.	Wasser in %.
		Feucht.	Trocken.		
1.	Rückenmark	0,0565	0,0065	11,1 0/0	88,9 0/0
	Blut . . . .	0,6595	0,1060	16,0 „	84,0 „
	Muskel . . .	1,4524	0,2654	19,0 „	81,0 „
2.	Rückenmark	0,0465	0,0035	11,1 0/0	88,9 0/0
	Blut . . . .	0,9080	0,1162	12,8 „	87,2 „
	Muskel . . .	0,8560	0,1825	21,3 „	78,7 „
3 *).	Rückenmark	0,0420	0,0066	15,4 0/0	84,6 0/0
	Blut . . . .	0,6123	0,1119	18,3 „	81,7 „

\*). Der oben schon erwähnte Versuch, in welchem der Tetanus 48 Stunden im feuchten Raume wahrte. Der Muskel wurde leider nicht geprüft.



Wir sehen aus diesen Versuchen, dass das Rückenmark unzweifelhaft einen weit höheren Wassergehalt besitzt als das Blut und einen noch weit höheren als der Muskel desselben Thieres. — Dieses Verhältniss verschwindet nicht nach dem Tetanus. Es ist also damit die Möglichkeit einer Abnahme des Wassergehaltes der Nervensubstanz durch den Tetanus erwiesen. Sowie stärkere Diffusionsvorgänge zwischen Blut und Rückenmark eintreten, wird das Blut dem Rückenmarke Wasser entziehen müssen.

Durch eine solche Wasserabgabe an das Blut wird der Unterschied im Wassergehalt zwischen Rückenmark und Blut abnehmen. Aus den vorstehenden Versuchen ergeben sich folgende Differenzen des Wassergehaltes für Rückenmark und Blut desselben Thieres im Mittel:

Differenz zu Gunsten des Blutes bei geruhten Thieren: 5,3 %

»	»	»	»	»	»	tetanisirten	»	»	3,4 %
---	---	---	---	---	---	--------------	---	---	-------

Es scheinen also die Versuche für die vorausgesetzte Ausgleichung zu sprechen.

Der Beweis lässt sich durch die Vergleichen der Durchschnittszahlen führen, welche ich für den Wassergehalt des Frosch-Blutes bei meinen früheren Untersuchungen gewonnen habe (cf. Tetanus S. 89 u. S. 93) mit den vorstehenden Durchschnitts-Werthen für das Rückenmark.

Es ergeben sich als Mittelzahlen

4. für den Wassergehalt des Froschblutes geruhter Thiere . . . 88,3 %

»	»	»	» Rückenmarkes	»	»	. . . 89,6 0/0
---	---	---	----------------	---	---	----------------

Differenz zu Gunsten des Rückenmarkes . . . . .	1,3 0/0
---	---------

2. für den Wassergehalt des Froschblutes tetanisirter Thiere . 87,0  $\frac{0}{0}$

»	»	»	»	Rückenmarkes	»	»	87,8 0/0
---	---	---	---	--------------	---	---	----------

Differenz zu Gunsten des Rückenmarkes . . . . .	0,8 %
---	-------

Es ist deutlich, dass die Differenz im Wassergehalte des Blutes und des Rückenmarkes, die im ruhenden Thiere deutlich ist, nach dem Tetanus fast vollkommen verschwindet.

Es kann das nur so gedeutet werden, dass das Rückenmark an das Blut während des Tetanus Wasser abgibt und dafür feste Stoffe aufnimmt.

Diese Resultate beziehen sich zunächst nur auf das Froshrückenmark. Es steht aber Nichts entgegen, sie auf die nervösen Centralorgane auch der Säugethiere und des Menschen auszudehnen.

Es besteht auch hier die Möglichkeit einer Wasserabnahme der Centralnervensubstanz durch Diffusion mit dem Blute.

Die graue Nervensubstanz ist auch bei den Säugethieren und dem Menschen wasserreicher als das Blut, bei eintretender Diffusion muss also der s. v. v. Wasserstrom aus diesem in das Blut stattfinden, es müssen feste Stoffe aus dem Blute in die graue Nervenmasse eintreten.

Die bekanntgemachten älteren Einzelbestimmungen über Wassergehalt der grauen Hirnmasse und des Blutes ergeben im Durchschnitt für das

Menschenblut (Erwachsener) . . . 80,5 0/0 Wasser

Graue Substanz des Menschengehirnes .	85—86,4 0/0	»
---------------------------------------	-------------	---



E. BISCHOFF bestimmte den Wassergehalt in den Geweben eines neugeborenen Mädchens:

Menschenblut (Neugeborener)	85,0 %	Wasser
Gesamt-Gehirnsubstanz		
a. des grossen Gehirnes	89,4 %	»
b. des kleinen Gehirnes und verlängerten Markes	87,8 %	»
Der Skelettmuskeln	87,8 %	»
Rückenmark	84,8 %	»

Bei einem Ochsen bestimmte ich:

Ochsenblut	79,3 %	Wasser
Graue Gehirnsubstanz	87,6 %	»

Bei einem Hunde bestimmte ich:

	Feste Stoffe.	Wasser.
Hundeblut	24,4 %	78,9 %
Graue Rückenmarkssubstanz	24,2 %	87,8 %
Graue Gehirnsubstanz	43,6 %	86,4 %
Weisse Gehirnsubstanz	27,0 %	73,0 %
Weisse Rückenmarkssubstanz	29,9 %	70,1 %
Nervus Ischiadicus	38,0 %	62,0 %

Die graue Nervensubstanz ist also stets wasserreicher als das Blut.

Dagegen ist bei Erwachsenen die weisse Gehirn- und Rückenmarkssubstanz sowie die peripherischen Nerven bedeutend wasserärmer als das Blut.

Es wäre also wohl zu erwarten, dass sich bei diesen Nervensubstanzen das für die Nervencentralorgane gefundene Verhalten umkehre. Wie schon oben angegeben, war es mir bisher nicht möglich, constante Resultate für eine Wasserzunahme der peripherischen Nerven (und der weissen Gehirn- und Rückenmarkssubstanz) zu erhalten. Trotzdem ist mir aus Analogie ein solches Verhalten sehr wahrscheinlich und es wäre nicht undenkbar, dass fortgesetzt auf diesen Punkt gerichtete Versuche das erwartete Resultat auch deutlich machen würden.

Dass auch für den Froschnerven nach den auseinander gesetzten Principien eine Wasserzunahme durch den Tetanus möglich wäre, ergeben die am Nerven angestellten Wasserbestimmungen verglichen mit denen am Blute.

Den Wassergehalt des Froschischiadicus fand ich:

	Wasser.	Feste Stoffe.
1.	72,3 %	27,7 %
2.	73,9 %	26,1 %
3.	74,8 %	25,2 %
4.	75,6 %	24,7 %
5.	78,6 %	21,4 %
Ischiadicus im Mittel	75,0 %	25,0 %
Dagegen Froschblut im Mittel	88,3 %	11,7 %



### §. 3. Ergebnisse.

Diese neuen Resultate der Beobachtung eröffnen uns einen Blick in bisher nicht beachtete Wechselwirkungen der Stoffe und Kräfte im Organismus.

Wir sehen, dass sich die verschiedenen Gewebe in Beziehung auf die Diffusionsverhältnisse mit dem Blute ganz verschieden verhalten. Wir werden die Gründe, welche eine Verstärkung der Diffusion zwischen Geweb- und Ernährungsflüssigkeit (Lymphe und Blut) hervorbringen, erst in der Folge näher erkennen. Hier genügt es uns, zu sehen, dass wenn einmal aus inneren Gründen ein lebhafterer Stoffverkehr zwischen dem Blute und den Geweben eingeleitet ist, die verschiedenen Gewebe sich verschiedene Stoffe aus dem Blute aneignen. Die Gewebe, welche wasserärmer als das Blut sind, geben ihre leicht diffundirbaren festen Stoffe an das Blut ab und empfangen dafür eine sehr verdünnte Ernährungsflüssigkeit aus dem Blute, das Resultat ist eine Zunahme des Wassergehaltes des wasserärmeren Gewebes, eine Annäherung seines Wassergehaltes an den Wassergehalt der gegen dasselbe diffundirenden Flüssigkeit des Blutes, wie die Beobachtung auf das Schlagendste beweist.

Umgekehrt, wenn die Gewebsporen eines wasserreicheren Gewebes, z. B. des Nervencentralorganes, dem Diffusionsverkehre mit dem Blute geöffnet sind, sehen wir ersteres wasserärmer werden, es gibt eine wasserreiche Flüssigkeit an das Blut ab und nimmt dafür aus jenem eine concentrirtere Stofflösung auf. Dieser Vorgang muss sich steigern, wenn der Concentrationsgrad des Blutes z. B. durch den Tetanus zugenommen hat. Auch dieser Stoffaustausch führt schliesslich zu einer grösseren Annäherung des Wassergehaltes des Blutes zu dem Wassergehalte der Nervencentralorgane.

Es ist danach klar, dass, wenn Stoffe in das Blut gelangen, sie zuerst in die wasserreichsten Gewebe also in die nervösen Centralorgane diffundiren werden. So wird es uns klar, wie Gifte von dem Blute aus soviel früher die nervösen Centralorgane ergreifen müssen als alle anderen Gewebe.

So verstehen wir, dass Stoffe, welche an irgend einer Stelle im Organismus gebildet wurden, z. B. im tetanisirten Muskel, wenn sie in grösseren Mengen in das Blut kommen, sicher in die nervösen Centralorgane hineingelangen müssen. Ein Theil der Stoffe, die wir in diesen finden, ist also zweifelsohne nicht in ihnen selbst entstanden, sondern erst in sie diffundirt.

Wir sehen, dass der Organismus in diesen einfachen Verschiedenheiten des Wassergehaltes der Gewebe das Mittel besitzt, aus entfernten Körperregionen Stoffe als Lebensreize für andere Organe durch Vermittelung des Blutes herbei zu ziehen.

Es ist eine allbekannte Erscheinung, dass durch übermässige körperliche Anstrengung auch die geistigen Functionen des Menschen erschaffen. Es ist nun klar, dass die aus den arbeitenden Muskeln in das Blut gelangenden ermüdenden Stoffe sogleich auch in die nervösen Centralorgane gelangen und zwar auch in Theile derselben, welche selbst nicht an der Thätigkeit activ theilgenommen haben.

Aber auch nach einer anderen Richtung erhalten wir durch die Beobach-



tung der Veränderung des Nervenwassergehaltes in Folge der Arbeitsleistung erwünschte Aufschlüsse.

Wir sehen durch die Thätigkeit der nervösen Centralorgane eigenthümliche Veränderungen in ihnen eintreten. Hat eine nervöse Erregung oftmals ein und denselben Weg eingeschlagen, so wird der Gang der Erregung auf diesem Wege offenbar erleichtert, ein Phänomen, welches als Uebung Jedermann bekannt ist, welches aber ebenso den natürlichen und anerzogenen Reflexen, sowie Dem, was man als stabile Geistesrichtung oder schliesslich als fixe Idee bezeichnet, zu Grunde liegt.

Die Erregung räumt durch oftmaliges Betreten derselben Bahn in den Centralorganen gewisse Hindernisse aus dem Wege und wir lernen so gewisse Bewegungen (Gedanken) leicht mit einander zu verknüpfen, auf sensible Ein-drücke sicher gewisse Bewegungen auszuführen, was uns, ehe wir die Uebung erlangten, nur sehr schwer gelang, was uns, wenn wir ausser Uebung sind, wieder fast unmöglich ist.

Es war von vorne herein klar, dass diese Aenderungen der Erregbarkeit gewisser Centralbezirke des Nervensystemes im letzten Grunde auf chemische Differenzen zurückzuführen sein müssten. Die Erregung lässt das erregte Organ als ein chemisch-anderes zurück, als es vor der Erregung war. Nun scheinen wir aber in der Veränderung des Wassergehaltes der anhaltend gereizten nervösen Centralorgane wenigstens ein Moment für die Erklärung dieses Factums gefunden zu haben. Die andauernd gereizte Partie der nervösen Centren wird in Folge der eintretenden Wasserabgabe stärker erregbar!

Es wird uns ein Licht geworfen auf die so oft beobachteten wechsellvollen Verschiedenheiten in dem Wassergehalte verschiedener Gehirn- und Rückenmarksorgane auch des Menschen. Umgekehrt als bei den Muskeln sehen wir hier mit der angestregteren Thätigkeit eine Wasserabnahme eintreten, welche sich auf ein oder das andere nervöse Organ im Gehirne beschränken kann.

So öffnet unser Resultat der Wasserbestimmung den **ersten** Einblick in die inneren physiologisch-chemischen Vorgänge der nervösen Centren. Es weist einen Weg, auf welchem die pathologische Chemie bei Beurtheilung der chemischen Veränderungen erkrankter Gehirne fortzuschreiten haben wird.

Uebung der nervösen Centren sehen wir mit Verminderung ihres Wassergehaltes verbunden, Kinder und kindische Greise zeigen ein wasserreicheres Gehirn als Erwachsene, geistig Kräftige. Hier öffnet sich der Forschung ein neues Feld der Thätigkeit.

Es wird sich aus folgenden Untersuchungen ergeben, dass durch die gleichzeitig mit der Aenderung im Wassergehalte eintretenden chemischen (Reactions-) Veränderungen der Nervensubstanz ganz analoge Umstimmungen in den Erregbarkeits-Verhältnissen eintreten wie durch erstere. Wir werden die saure oder weniger stark-alkalische Reaction des thätig gewesenen Nerven als einen sehr stark-wirkenden Grund für Erregbarkeitserhöhung kennen lernen. Es wird dort die schon oben gemachte Behauptung näher ausgeführt werden, dass diese Erregbarkeitserhöhung als erstes Stadium der Nervenermüdung zu bezeichnen ist.



Die lokal gesteigerte Erhöhung der Erregbarkeit der Nervencentren, die wir, wie oben gesagt, als *Uebung* bezeichnen, auf welcher auch die angeborenen und erlernten Reflexe und ähnliche Vorgänge beruhen, ist also als eine partielle, beginnende Ermüdung anzusprechen.

Dass derartige Stoffumänderungen der Gewebe und Organe, wie wir sie hier behaupten, wirklich lokal-stabil werden können, beweisen meine Beobachtungen über den verschiedenen Wassergehalt der Muskeln desselben Thieres, welche mit aller Sicherheit ergeben, dass die constant angestrengteren Muskeln einen anderen Wassergehalt, andere chemische Zusammensetzung zeigen, als die constant weniger angestrengten.

### Resultate.

1. Durch den Tetanus des Gesamttieres (Frosch) nimmt der Wassergehalt der nervösen Centralorgane (Rückenmark der Frösche, graue Nervensubstanz) ab.

Diese Wasserabgabe erklärt (zum Theil) die Erregbarkeitserhöhung der centralen Nervensubstanz durch die Thätigkeit.

2. Die Möglichkeit der beobachteten Wasserabnahme liegt in dem grösseren Wasserreichthum der Nervencentralorgane gegenüber dem Blute. Es tritt durch Diffusion aus den thätigen nervösen Centralorganen Wasser an das Blut und dafür feste Stoffe aus dem Blute in erstere. Dadurch verwischt sich der Unterschied im Wassergehalte zwischen Blut und nervösen Centralorganen durch den Tetanus mehr und mehr. Da auch bei den Säugethieren und dem Menschen die graue Substanz wässeriger ist als das Blut, so ist ein analoges Verhalten auch bei ihnen vorauszusetzen für die graue Nervenmasse.

3. Der Wassergehalt der Rückenmarke der geruhten Frösche zeigt sehr bedeutende Schwankungen, welche wir als Ursache für Erregbarkeitsverschiedenheiten verschiedener Thiere betrachten dürfen.

Durch den Tetanus wird dieser Unterschied sehr viel geringer entsprechend dem ziemlich gleichen Erregbarkeitsstadium, in welchem die Thiere getödtet und untersucht wurden.

4. Bei dem peripherischen Nervensysteme und der weissen Nervensubstanz der nervösen Centralorgane der Säugethiere ist eine analoge Wassergehaltsänderung noch nicht nachgewiesen. Gewisse Betrachtungen und Experimente, besonders der viel geringere Wassergehalt dieser Organe, machen aber bei ihnen eine in Folge des Tetanus eintretende Wassergehaltsvermehrung wahrscheinlicher als eine Wasserverminderung.



## II. Abschnitt.

### Die physiologischen Erregbarkeitsänderungen im Nerven in ihrem Zusammenhange mit dem Nervenstoffwechsel.

#### Capitel IV.

##### Das Leben des Nerven als Function der quantitativen chemischen Nerven-Zusammensetzung.

##### §. 1. Vorbesprechung.

Die vorstehenden Versuche und Erfahrungen bilden die Basis, auf welcher wir in der Verfolgung der gestellten Aufgabe fortzuschreiten haben.

Es steht nun fest, dass ein nachzuweisender Stoffwechsel in den Nerven existirt.

Wir erkannten zuerst, dass das Nervengewebe während seines Lebens physiologische Aenderungen in Beziehung auf seine chemische Reaction erleidet. Es zeigt sich ein Schwanken der Reaction zwischen alkalisch, neutral und sauer.

Das zweite Resultat der Untersuchung war die Beobachtung einer physiologischen Kohlensäureproduction der lebenden Nervsubstanz, mit der eine Sauerstoffaufnahme Hand in Hand geht: die Nervenathmung.

Das dritte Resultat, das sich uns ergeben, ist die Beobachtung einer physiologischen Aenderung des Wassergehaltes der Nervensubstanz.

Die letztere Beobachtung liess sich nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse der Lebensbedingungen der Nerven sogleich verwerthen. Es ist lange bekannt, dass die Erregbarkeit der Nervensubstanz mit dem Wassergehalt schwankt, dass eine Wasserverminderung eine anfängliche Steigerung, dann eine Verminderung der Erregbarkeit des Nerven bedingt, während eine bedeutendere Wasserzunahme die Erregbarkeit herabsetzt. Wir werden in der Folge sehen, dass die Wasserverminderung und Vermehrung über oder unter die Norm eine vollkommen gleiche Wirkung hervorbringen.

Ueber die Wirkung der Säuren und der Alcalien auf die Nervensubstanz haben wir die grundlegenden Versuche noch anzustellen, ebenso über die Wirkung der Athemgase.



In den folgenden Versuchen soll zuerst quantitativ die Aenderung bestimmt werden, welche die Nerven in ihrer chemischen Zusammensetzung erleiden dürfen, bis sie ihre Lebenseigenschaften definitiv verlieren.

E. HARLESS hat derartige Bestimmungen für das destillierte Wasser angestellt. Nach dieser Richtung haben wir seine Ergebnisse nur zu controliren. Die Wirkung von Säuren und Alkalien auf das Nervenleben ist zuerst nach dieser Beziehung zu prüfen.

Für die Muskeln wurden die Kalisalze als die heftigsten Gifte erkannt. Es wird uns obliegen, diese Salze, welche in dem normalen Stoffwechsel eine so bedeutende Rolle spielen, auf ihre Wirkung auf den Nerven ebenfalls zu untersuchen.

Die Aufgabe ist hier also vorläufig nicht, die feineren Aenderungen in der Nervenregbarkeit, herbeigeführt durch die chemischen Veränderungen im Nerven, zu untersuchen; wir werden das in der Folge noch in ausgedehntem Masse zu thun haben bei der Frage nach der Ermüdung der Nerven. Hier handelt es sich nur darum, die Grenzen der chemischen Veränderungen festzustellen, innerhalb welcher das Nervenleben noch zu bestehen vermag, eine Grundlage, der wir für spätere Betrachtungen nicht entrathen können.

Die nach dieser Richtung für den Nerven geprüften Veränderungen sind folgende:

1. Schwankungen des Wassergehaltes:

- a. Vertrocknen an der Luft.
- b. Quellen in destillirtem Wasser.
- » in 0,7 % Kochsalzlösung.

2. Schwankungen der Nervenreaction:

- c. Vermehrung der alkalischen Reaction.
  - 1) Quellen in 1 pro mille Kalilösung.
  - 2) » in 1 % alkalischer Lösung von phosphorsaurem Natron.
- d. Erzeugung einer saueren Reaction.
  - 3) Quellen in 1 pro mille Phosphorsäure.
  - 4) » » » » Salzsäure.
  - 5) » » » » Salpetersäure.
  - 6) » » » » Essigsäure.

3. Schwankungen in der Menge der im Nerven enthaltenen Kalisalze:

- e. 1) Quellen in 1 % Chlorkaliumlösung.
- 2) » » » Kalisalpeterlösung.

Wir gehen nun sogleich zu den Versuchen selbst über. Es wird sich ergeben, dass uns die Verfolgung ihrer Resultate neben dem angestrebten Ziele auch zu einem Einblick in die Gesetze der Stoffaufnahme der Nerven und mit ihnen der anderen Gewebe aus dem Blute und den Gewebssäften führen wird.



## §. 2. Versuche.

Die folgenden Versuche wurden an dem Ischiadicus des Frosches angestellt, der im frischen Zustande schwer genug ist, um scharfe Gewichtsbestimmungen zu gestatten.

Um die Imbibition der geprüften Stoffe in den Nerven neben der dadurch gesetzten Aenderung in der Erregbarkeit quantitativ verfolgen zu können, wurden beide Ischiadici eines Frosches gleichzeitig präparirt. Der eine Nerve wurde nach genauer Reinigung und äusserlicher Trocknung im Uhrglasapparate gewogen. Am anderen blieb der Unterschenkel erhalten, so dass er auf seine Erregbarkeit geprüft werden konnte.

Beide Nerven lagen dann gleichzeitig gleichlang in derselben Flüssigkeit oder wurden anderen Versuchsbedingungen in gleicher Weise unterworfen, während der Muskel (= Unterschenkel) möglichst von allen Einwirkungen frei blieb. Es war somit die Möglichkeit gegeben, die chemischen Veränderungen der Nervensubstanz direkt mit den durch sie gesetzten Veränderungen der Lebereigenschaften der Nerven zu vergleichen.

Gleichzeitig kamen beide Nerven aus der Flüssigkeit und wurden sorgfältig auf ungeleimtem Papiere getrocknet. Der eine wurde sodann nachgewogen, um die von ihm aufgenommene oder abgegebene Menge Flüssigkeit zu bestimmen, der andere wurde auf seine Erregbarkeit geprüft und beide Resultate aufeinander bezogen.

In Beziehung auf die Methode dieser Versuche ist zu bemerken, dass eine grosse Sorgfalt dazu gehört, den Nerven von den anhängenden Gewebsresten frei zu präpariren, was selbstverständlich unumgänglich nöthig ist. Als Controle der wechselnden Erregbarkeit der Nerven wurde diejenige Entfernung der Rollen eines Magnetelectrometers (Schlitters) benützt, bei welcher die erste Minimalzuckung durch den Nervenreiz erfolgte. Der Rollenabstand ist nach Millimetern angegeben. Die primäre Rolle hatte, wo das nicht direkt angegeben wurde, keine Drahteinlage; der Apparat wurde durch 4 Daniell'sches Element getrieben. Die Auflagerung des Nerven auf die auf einem Glastischchen befestigten Metall-Electroden geschah stets in der möglichst gleichen Weise. Das Uebrige ergeben die Versuchsbeispiele selbst.

Diejenigen Versuche, welche mit Nerv-Muskelpräparaten lediglich über die Zeit des Absterbens der Nerven in verschiedenen Flüssigkeiten angestellt wurden, werde ich in der Folge zum grössten Theile übergehen. Die Resultate stimmen mit denen der quantitativ ausgeführten Beobachtungen so vollkommen überein, dass letztere sie am besten zugleich mit veranschaulichen.

## I.

## Schwankungen des Nervenwassergehaltes.

## a. Destillirtes Wasser und Vertrocknung.

In den ersten Tabellen werden die Vertrocknungs- und Quellungsversuche mit Nerven in destillirtem Wasser zusammengefasst.



Bei den Berechnungen der Wasserabgabe und Wasseraufnahme der Nerven liegt der oben gewonnene Mittel-Werth für den Wassergehalt des Frosch-Ischiadicus zu Grunde:

	Wasser.	Feste Stoffe.
Lebender Frosch-Ischiadicus:	75 0/0	25 0/0.

Tabelle I.

Vergleichende Wasserbestimmung im vertrocknenden und in destillirtem Wasser quellenden Froschnerven mit Rücksicht auf die gleichzeitige Erregbarkeit desselben.

Beobach- tungszeit (Minuten = ').	Erregbarkeit des Nerven (= Rollen- abstand) und sein son- stiger Zustand.	Nervenge- wicht in Grammen.	Gewichtsdiffe- renz, absolute (= Wasserver- dunstung resp. Wasseraufnahme).	Der Wasser- gehalt procen- tisch.	Bemerkungen.
0	250 M. M. Nerve frisch präparirt in Luft . . . . .	0,0215		75 0/0	Nach dem Ver- trocknen brachte das destillirte Was- ser die Erregbar- keit wieder zurück. Nach dem Erlö- schen der Erreg- barkeit durch Quel- lung kam sie dage- gen nicht wieder. Der Nerve wird also durch Vertrocknen nur scheinodt für den Anfang.
5'	Vertrock- nungs-Tetanus	0,0150	— 0,0065	64,2	
20'	Nerve unerreg- bar . . . . .	0,0100	— 0,0115	46,2	
22'	Nerve quillt in de- stillirtem Was- ser, auf starke Ströme eben wie- der erregbar . . .	0,0150	— 0,0065	64,2	
	9 M.M. (Drähte ein- gelegt hier und in der Folge) . . . . .	0,0180	— 0,0035	70,0	
25'	7 M. M.	0,0230	+ 0,0015	76,6	
28'	todt	0,0270	+ 0,0055	80,0	

Der Versuch ergibt das von E. HARLESS zuerst formulirte Abhängigkeits-verhältniss der Nervenirregbarkeit von dem Wassergehalte auf anschauliche Weise.

Nach HARLESS (Münchener gelehrte Anzeigen, 10. Juli 1857) kann der Wassergehalt des Nerven von dem mittleren Werthe, den er zu etwa 76 0/0 bestimmte, nach abwärts bis zu 30 0/0 sinken und nach aufwärts bis zu 89 0/0 steigen, ohne dass die Erregbarkeit vollkommen erloschen ist. Das Quellungsmaximum ist 96 0/0 aufgenommenen Wassers in Relation zum Gewicht des frischen Nerven.

Vorstehende Bestimmung zeigt ähnliche Grenzwerthe für den Bestand der Erregbarkeit; sie ergibt dabei aber weiter zur Gewissheit, dass die Erregbarkeitsveränderungen, die wir am trocknenden und quellenden Nerven wahrnehmen, im letzten Grunde wirklich nur von dem schwankenden Wassergehalte



desselben abhängig sind. Die Aufnahme des destillierten Wassers, welche den lebenden frischen Nerven rasch abtötet, hebt die Erregbarkeit des trockenen Nerven, zum Beweise, dass durch das Wasser zuerst die bei dem Vertrocknungsscheintode eingetretenen Störungen beseitigt werden. Doch sieht man deutlich, dass das Wasser auch schon hier, indem es den vertrocknenden Nerven wieder belebt, zugleich eine schädliche Wirkung auf die Nervensubstanz ausübt. Bei demselben Wassergehalte, bei welchem der vertrocknende Nerv noch so gut erregbar war, dass er den heftigsten Vertrocknungstetanus zeigte, kehrte nach der Quellung die Erregbarkeit zwar wieder zurück aber nur äusserst minimal, sie stieg dann mit steigender Wasseraufnahme zwar noch etwas aber doch nur sehr gering, die Zuckung zeigte sich stets nur auf die weit stärkeren Ströme des Apparates nach der Drahteinlage und schon bei etwa 70% Wassergehalt, also bei weit geringerem als dem normalen, begann ein neues Sinken der Erregbarkeit. Die Erregbarkeit erhielt sich noch bei einem um etwas mehr als 1% über das Mittel gesteigerten Wassergehalt, war aber definitiv verschwunden als die Zunahme 5% erreicht hatte.

Es findet sich angegeben, dass der durch Quellung in destilliertem Wasser reactionslos gewordene Nerv, durch mässiges Vertrocknen wieder belebt werden könnte, dass also auch dieser Zustand der Unerregbarkeit nur ein Scheintod sei. Ich konnte niemals die gequollenen Nerven durch Hängenlassen an der Luft, in der sie rasch vertrockneten, wieder beleben. Es mag das zufällig sein. Jedenfalls geht aber der Wasserscheintod sehr rasch in den wirklichen Tod des Nerven über, wie z. B. folgender Versuch, in umgekehrter Ordnung als der erste angestellt, ergibt.

Tabelle II.

Imbibition und Erregbarkeit der Froschnerven in destilliertem Wasser.

Beobachtungszeit.	Erregbarkeit (= Rollenabstand) und sonstiger Zustand des Nerven.	Gewicht des Nerven in Grammen.	Wasser-Aufnahme oder -Abgabe, absolute.	Der Wassergehalt in Procenten.	Bemerkungen.
0'	Nerve frisch 280 M. M.	0,0495		75 0/0	
	Nerve in destilliertem Wasser quellend:				
40'	245 M. M.	0,0252	+ 0,0057	80,7 0/0	
28'	220 "	0,0290	+ 0,0095	83,2 "	Gewichtszunahme = 64,5 0/0.
43'	102 "	0,0343	+ 0,0118	84,5 "	
53'	0 (todt)	0,0315	+ 0,0120	84,9 "	
	Der Nerve hängt an der Luft vertrocknend:				
1 hor. 13'	0	0,0215	+ 0,0020	77,4 "	70,0 0/0. Hier stünde der Nerve schon an der Grenze der Vertrocknungs- krämpfe, wo die Erregbarkeit wieder stark abnimmt, daher der Vers. abgebrochen.
23'	0 } todt	0,0185	- 0,0010	73,6 "	
44'	0 }	0,0165	- 0,0030	70,0 "	



Diese enorm grosse Aufnahmefähigkeit für Wasser, die wir am lebenden Nerven beobachten, zeigt uns, dass die directe Giftigkeit des dest. Wassers für den Nerven doch nur eine verhältnissmässig geringe ist. Wir werden sehen, dass das dest. Wasser im Verhältniss zu anderen Stoffen als sehr wenig schädlich betrachtet werden muss, wenn wir nämlich die Quantitäten der tödtenden Stoffe in's Auge fassen. Wenn wir freilich als Massstab der Giftigkeit eines Stoffes die Zeit vergleichen, welche von dem Beginn seiner Einwirkung bis zur Tödtung verläuft, so stellt sich das Wasser als eine sehr energisch wirkende giftige Substanz für den Nerven heraus.

Wir wissen seit lange, dass eine mässige Wasserentziehung die Nerven-erregbarkeit primär erhöht. An der Luft trocknende Nerven zeigen dieses Vorstadium eines auf Wasserentziehung folgenden Sinkens der Erregbarkeit der Nerven nur undeutlich oder gar nicht, da wohl die äusserlich trocknenden Nervenhüllen dem reizenden Strom einen immer stärker werdenden, endlich absoluten Widerstand entgegensetzen. So kommt es, dass die in warmer Luft trocknenden Nerven fast stets sogleich ein Sinken der Erregbarkeit erkennen lassen. Die Erhöhung der Erregbarkeit tritt bekanntlich vor allem schön durch Einbetten der Nerven in wasserentziehende Substanzen ein. In der Folge ist die Verminderung des Wassergehaltes unter allen Umständen mit einem wahren Sinken der Erregbarkeit verknüpft.

Man hätte aus der Erregbarkeitssteigerung schliessen können, dass der normale Wassergehalt des Nerven für ein Maximum seiner Kraftleistungen schon etwas zu hoch sei, da eine geringe Wasserentziehung ihn zu kräftigen scheint.

Es wäre das ein Irrthum. Die Erhöhung der Erregbarkeit ist, wie wir das noch schlagend beweisen werden, kein Symptom der Steigerung der Lebenseigenschaften der Nerven, sondern im Gegentheil ein Beweis von beginnender Ermüdung: es ist Zeichen von Nervenschwäche, wenn ein Minimalreiz schon stürmische (starke) Nerven-erregung hervorruft.

Dieses Stadium der Nerven-erregbarkeitserhöhung ist also Nichts, was der Wasserverminderung im Nerven speciell zugehörte. Jede eingreifendere Veränderung der chemischen Zusammensetzung des Nervenröhren-Inhaltes bringt als erstes Stadium eine Nerven-erregbarkeitserhöhung hervor: ein über das Normale gesteigerter Wassergehalt bedingt ebenfalls eine Erhöhung der Nerven-erregbarkeit.

Um diesen Satz zu erhärten, der für die eben gegebene Anschauung über die eigentliche physiologische Bedeutung der Nerven-erregbarkeitszunahme von schlagender Beweiskraft ist, werde ich im Folgenden einige Versuchsbeispiele zusammenstellen über die feineren Aenderungen der Nerven-erregbarkeit beim Quellen in destillirtem Wasser. Das Phänomen der Erregbarkeitserhöhung durch destillirtes Wasser ist flüchtig, woraus es sich erklärt, dass es sich bisher der Beobachtung entzog.

Wasserbestimmungen der quellenden Nerven wurden bei diesen Versuchen nicht gemacht.



Tabelle III.

## Erregbarkeitserhöhung der Nerven bei dem Quellen in destillirtem Wasser.

Quellungs- zeit in destillirtem Wasser.	Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern.			Wassergehalt der Nerven nach dem Absterben durch Trocknen bei 120° C. bestimmt.
	Nerve I.	Nerve II.	Nerve III.	
0'	frisch: 247	frisch: 225	frisch: 227	NB. Nerve II und III vom selben Thiere.
5'	248	<b>245!</b>	<b>247!</b>	
23'	<b>235!</b>	235	237	Der Wassergehalt der todten Ner- ven
38'	197	232	225	I = 89 0/0 II = 88 "
44'	185	207	210	im Momente des Absterbens.
54'	2	175	206	Es ist das nicht das Quellungs- Maximum. Nerve III lag todt noch
60'	todt	todt	todt	24 Stunden im Wasser, sein Wasser- gehalt war danach: 94,0 0/0.

Die Steigerung der Erregbarkeit ist deutlich ersichtlich. An anderen Stellen werden wir diese Steigerung auch für andere Stoffe als Wasser nachweisen, soweit solche vorläufig physiologisch von grösserer Bedeutung sind.

## b. 0,7% Chlornatriumlösung und Vertrocknung.

Das Kochsalz (Chlornatrium) zeigt sich bekanntlich (KÖLLIKER siehe unten) gehörig verdünnt für das Nervengewebe als eine ganz wirkungslose Substanz, in dessen 0,5 — 1% Lösung der lebende Nerve stundenlang bis tagelang fast unverändert seine Lebenseigenschaften conservirt.

Versuche der Art sollen für den peripherischen Nerven in der Folge zum Vergleiche mit der Wirkung der Kalisalze angeführt werden.

Hier stehe als Versuchsbeispiel, welches die erhaltende Eigenschaft der Kochsalzlösung in einem möglichst hellen Lichte erscheinen lässt, ein Vertrocknungsversuch am Nerven, bei welchem die Wiederbelebung anstatt mit destillirtem Wasser mit 0,7% Kochsalzlösung gemacht wurde. Die Versuchsbedingungen sind vollkommen mit denen identisch, welche bei den Versuchen zu Tabelle I. und II. in Anwendung kamen.



Tabelle IV.

Wiederbelebung des vertrockneten Nerven durch 0,7 %  
Kochsalzlösung.

Beobach- tungszeit.	Zustand des Versuchs- Objectes.	Erregbar- keit = Rol- lenabstand in Millimetern.	Gewicht des Nerven in Grammen.	Wasserauf- nahme oder Wasserabgabe, absolut.	Wasser- gehalt in Procenten.
0	frisch . . . . .	315	0,0175	—	75 0/0
	a. Nerve an die Luft zum Vertrocknen ge- hängt.				
3'	Vertrocknungskrämpfe beginnen . . . . .	170	0,0150	— 0,0025	70,7 "
8'	Vertrocknungs-Tetanus	95	0,0130	— 0,0045	66,2 "
13'	Vertrocknungs-Tetanus besteht fort . . . . .	Minimal	0,0111	— 0,0064	60,0 "
15'	Nerve scheintodt, die Krämpfe haben aufgehört . . . . .	0	0,0101	— 0,0074	56,5 "
18'	b. Nerve zur Wieder- belebung in 0,7 % Kochsalzlösung ge- legt.				
23	Die untere Nervenstre- cke wieder erregbar, keine Krämpfe . . .	130	0,0127	— 0,0048	65,4 "
28'	Die obere Nervenstre- cke noch unerregbar, Mitte . . . . .	82	0,0131	— 0,0044	66,5 "
1 hor. 5'	Die Erregbarkeit steigt immer weiter nach aufwärts . . . . .	180	0,0155	— 0,0020	71,1 "
20'	— — — — —	190			
35'	Minimalzuckung bei . .	240			
—	Gastrocnemius zuckt bei . . . . .	195	0,0177	+ 0,0002 = 0	} 75 "
2 hor. 10'	" "	170	0,0175	+ 0!	

Der Versuch lehrt wie vollkommen unschädlich das Chlornatrium in 0,7 % Lösung gegen den Nerven ist. Der scheintodte vertrocknete Nerve nimmt aus dieser Lösung nur so viel Wasser auf, um seinen normalen Wassergehalt wieder herzustellen, wenn er auch (2) Stunden lang in der Quellungsflüssigkeit liegt.

Der Versuch zeigt weiter, dass der Vertrocknungsscheintod offenbar die Lebesenseigenschaften der Nerven nur äusserst wenig alterirt. Durch Anwendung von Kochsalzlösung als wiederherstellende Flüssigkeit sind wir im Stande, die alte Erregbarkeit der vertrockneten Nerven fast vollständig wieder herzustellen. Nur die alleroberste, dem Schnittende des Nerven nächste Strecke bleibt unerregbar.

Die untere Grenze für den Wassergehalt des lebenden Nerven fand ich ziemlich viel höher als HARLESS, wie z. B. die vorstehende Tabelle ergibt. Oefsters sah ich bei directen Trockenbestimmungen den Tod schon eingetreten,



wenn der Wassergehalt auf etwa 67 % gesunken war, d. h. bei einer Wassergehaltsverminderung um etwa 8 %.

Die Versuche lehren gleichzeitig, dass bei der Wiederbelebung scheinotdter (vertrockneter) Nerven, die Erregbarkeit zuerst an den peripherischen Partien des Nerven wiederkehrt und erst nach und nach gegen die oberen emporsteigt, umgekehrt als bei dem Nervenabsterben. Wiederbelebung nach einer anderen Scheintodart gibt wie bekannt das gleiche Resultat.

Das Ritter-Valli'sche Gesetz, welches das Absterben von den centralen Nervenstrecken herabsteigend lehrt, kann also für diese Fälle (ob für alle Scheintodarten?) dahin ergänzt werden:

Die Lebenseigenschaften des sterbenden Nerven sinken in absteigender Richtung vom Centrum der Peripherie zu, die Wiederbelebung scheinotdter Nerven nimmt dagegen die umgekehrte Richtung, bei ihr schreitet die Wiederkehr der Erregbarkeit von der Peripherie gegen das Centrum fort.

Die von ROSENTHAL zuerst besprochene primäre Erhöhung der Erregbarkeit der absterbenden Nerven, welche dem Sinken derselben vorausgeht, wurde oft in nicht ganz den Verhältnissen entsprechender Weise als eine Modification des alten Ritter-Valli'schen Gesetzes betrachtet. Dieses will nur den Gang des Absterbens der Nerven beschreiben; die Erhöhung der Erregbarkeit ist aber nichts Anderes als der erste Act des Absterbens (= der Ermüdung), dem als zweiter Act das allmähliche Sinken bis zum gänzlichen Erlöschen folgt.

Die von W. KÜHNE erwähnte Thatsache (physiologische Chemie. S. 352), dass der durchschnittene, zum Theil frei präparirte Nerve bei Unterbindung der ernährenden Arterien der Muskeln, die er innervirt, im lebenden Thiere von dem Centrum zur Peripherie abstirbt (scheinotdt wird), um bei Erneuerung des Blutzuflusses in entgegengesetzter Richtung wieder belebt zu werden, ist jener zweite Fall für die Ergänzung des Gesetzes des Nervenabsterbens, auf den oben Bezug genommen wurde.

Die vorstehenden Versuche sind nicht direct in polemischer Richtung an- gestellt.

Soviel ergeben sie aber als Bestätigung der Versuche von KÖLLIKER, dass eine Wiederbelebung eines vollkommen durch Vertrocknen unerregbar (scheinotdt) gewordenen Nerven gelingt durch Wiederaufnahme von Wasser, dass also der Nerve während des aufreibenden Tetanus, der dem Vertrocknen voraus ging, nicht wirklich abgestorben ist; die Erregung der Nerven durch Vertrocknung ist also nicht mit einer momentanen, fortschreitenden Tödtung identisch. Dass hier die Feuchtung der Nervenoberfläche die Wiederbelebung nicht bloss vortäuscht, indem sie noch erregbar gebliebene Nervenfasern dem electrischen Strome wieder zugänglich macht, zeigt der Umstand, dass öfters die schon vollkommen durchfeuchteten oberen Nervenpartien erst nach und nach ihre Erregbarkeit wieder erlangen.

KÜHNE will aus den Versuchen über die Wiederbelebung der durch Ernährungsstörung im lebenden Thiere scheinotdt gewordenen Nerven schliessen, dass die Wiederkehr der Erregbarkeit auf einem vom letzten Muskelende des Nerven im Nerven aufsteigend gerichteten Ernährungsstrom beruhe, innerhalb



der Nervenröhren, unabhängig von der Blutzufuhr (die Nerven können bei dem Experimente eine weite Strecke ganz frei präparirt werden). Die im Vorstehenden aus meinen Versuchen erwähnte Thatsache lässt sich mit der KÜHNE'schen Auffassung wohl vereinigen. Freilich ist uns die Natur eines solchen hypothetischen Ernährungsstromes vollkommen unbekannt.

In Beziehung auf die Frage nach dem Wesen der Nervenreizung beim Vertrocknen scheinen meine Versuche wie die älteren zu ergeben, dass bei der Reizung des Nerven durch Wasserentziehung das Reizmoment nicht etwa der Wasserverlust an sich sein kann. Man könnte sich aber wohl denken, dass in Folge des Wasserverlustes in den Nervenflüssigkeiten gelöste Stoffe durch gesteigerte Concentration reizende Eigenschaften erlangen, die sie in verdünnten Lösungen nicht besitzen.

Meine Versuche lehren, wie ältere, dass die Vertrocknungskrämpfe bei verschiedenem Wassergehalte eintreten können, dass sie dagegen nicht eintreten, wenn der vertrocknete Nerve seinen Wassergehalt nach und nach durch Quellung in Wasser oder 0,7 % Kochsalzlösung wieder restituirt.

Beweisend für den Modus der Erregung sind diese Thatsachen nicht. Es ist nämlich die Annahme durchaus nicht zurückzuweisen, dass die Kochsalzlösung, obwohl sie frische lebende Nerven gar nicht verändert, sich doch gegen vertrocknete anders verhält. Und so ist es ja sichtlich. Während der lebende, frische Nerve seinen Wassergehalt stundenlang in derselben Lösung unverändert lässt, nimmt der vertrocknete Nerve die Lösung wenigstens anfänglich begierig auf und restituirt nach und nach seinen Wassergehalt. Es ist kaum zweifelhaft, dass während dieses Vorganges, während Flüssigkeit in den Nerven eindringt, auch Stoffe aus ihm auf dem der Diffusion nun offen stehenden Wege gleichzeitig austreten. Es könnten daher diese supponirten, reizenden Inhaltsstoffe des Nerven, indem sie wenigstens theilweise aus dem Nerven ausgezogen sind, bei der Neuauquellung nicht mehr die zur Reizung erforderliche Concentrationsstärke erlangen. Auch bei Imbibition der vertrockneten Nerven in feuchter Luft schlägt sich zuerst Wasser auf die Nervenoberfläche nieder, und es etablirt sich ein Diffusionsvorgang zwischen dieser Wasserschicht und den inneren Nervenpartien.

Dasselbe lässt sich, soviel ich sehe, auch gegen die Annahmen einwenden, welche auf den Wasserentziehungsmodus selbst (z. B. auf die Geschwindigkeit mit welcher die Wasserentziehung erfolgt) als auf das reizende Moment für den Nerven recurriren.

Ein directer Beweis für die von mir gegebene Anschauung wird schwer zu liefern sein. Ihre Möglichkeit dagegen kann nicht angefochten werden. Wir kennen ja im Nerven vorkommende Stoffe, ich brauche als Beispiel nur die Salze der Alkalien zu erwähnen, welche bei passender Concentration als Nervenreize wirken. Den vertrockneten Nerven fand ich öfters sauer. Dass Stoffe bei dem Quellen der lebenden Nerven in Kochsalzlösung aus dem Nerven austreten können, beweisen Versuche an tetanisirten Froschnerven.

Die Nerven durch Strychninkrämpfe unerregbar gewordener Frösche sind in ihren chemischen Verhältnissen verändert; auf der Anwesenheit gewisser ermüdender Stoffe im Nervensaft beruht die Verminderung der Nervenreg-



barkeit, welche insofern eine Aehnlichkeit mit dem Nervenscheintode hat, als sie auch durch Erneuerung des normalen Stoffwechsels wieder beseitigt werden kann, die Nerven zeigen dann ihre normale Erregbarkeit ganz und gar nicht verändert.

Bringen wir ausgeschnittene, wenig erregbare Nerven mit Strychnin (fast) getödteter Thiere in 0,7 % oder 1 % Kochsalzlösung, so sehen wir die normale Erregbarkeit der Nerven wieder zurückkehren und sich halbe Tage lang unverändert in der Flüssigkeit erhalten. Wir können uns diese Restituierung der Erregbarkeit nur durch ein Auswaschen der Erregbarkeitsverändernden Stoffe aus dem Nerven deuten. Hier findet also offenbar ein Diffusionsvorgang zwischen dem veränderten Nerven und der Kochsalzlösung statt, den wir also auch füglich für die vertrockneten Nerven mit demselben Erfolge voraussetzen dürfen. Dass die Erregbarkeit der vertrockneten Nerven bei der Quellung in 0,7 % Kochsalzlösung nicht vollkommen bis zur alten Höhe wiederkehrt, wie wir das nach anderen chemischen Nervenalterationen finden werden, spricht demnach vielleicht dafür, dass der Nerve mit der Wasseraufnahme aus der Kochsalzlösung auch Stoffe an diese abgegeben, seine normale chemische Zusammensetzung und damit auch seine normale Erregbarkeit verändert hat.

Als Beispiele zu dem Gesagten gebe ich folgende 3 Versuche.

Tabelle V.

Wiederherstellung durch Strychnin-Tetanus erschöpfter Nerven durch 0,7 % Kochsalzlösung.

Quellungs- Zeit (die Ner- ven liegen in 0,7 % NaCl) in Stunden u. Min.	Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern.		
	Nerve I.	Nerve II.	Nerve III.
0'	tetanisirt, frisch präparirt: 135	tetanisirt, frisch präparirt: 180	tetanisirt, frisch präparirt: 113
1 hor. —	<b>240!</b>	<b>240!</b>	<b>200!</b>
— » 45'	230	260	220
3 » 45'	244	229	225
5 » 45'	280	239	280
40 » 45'!	240	—	—
42 » 45'	135	—	—

## II.

### Quantitative Schwankungen der Nervenreaction.

#### c. Vermehrung der alkalischen Reaction der Nerven.

##### Quellen in 1 pro mille Kalilösung.

Um die Wirkung alkalischer Flüssigkeiten, die Vermehrung der alkalischen Reaction auf den Nerven zu prüfen, wurde er der Einwirkung von 1 pro mille Kali unterworfen.

Die Versuchsmethoden waren vollkommen mit denen gleich, welche das



Verhältniss des Wassergehaltes zur Erregbarkeit der Nerven constatirt. Auch hier dienten die beiden Ischiadnerven desselben Frosches zum Vergleiche.

Folgende beiden Versuche können als Beispiel der beobachteten Verhältnisse dienen. Die aufgenommene Quantität des alterirenden Stoffes wurde hier wie in der Folge aus der Gewichtszunahme des gequollenen Nerven berechnet, mit der Unterstellung, dass die in den Nerven aufgenommene Flüssigkeit dieselbe Concentration besitzt wie die zur Imbibition dargebotene.

Tabelle VI.

Die für den Nerven tödtende Kaliquantität.

Versuchszeit.	Zustand des Versuchsobjectes.	Erregbarkeit = Rollenabstand in M. M.	Gewicht der Nerven in Grammen.	Aus der Gewichtszunahme berechnete Kaliaufnahme.	Steigerung des Wassergehaltes.
I. 0'	Nerve frisch	255	0,0200	—	75 0/0
	In Kalilösung getaucht und wieder gereinigt:	295			
8'	Nerve todt!	0	0,0235	0,00035 Grmm.	78,7 0/0
II. 0'	Nerve frisch	275			
	In die Kalilösung gelegt:	260			
1'	„	275			
3'	„	267			
5'	„	268			
7'	„	250			
9'	„	250			
11'	„	245			
15'	„	0!			

Der Versuch lehrt, wie enorm rasch, in wenig Minuten die Kaliaufnahme den Nerven zu tödten vermag. Dass alkalische Stoffe auch den Muskel zu tödten vermögen, ergaben schon meine älteren Versuche (Tetanus S. 354 f.).

Die Stoffquantität, welche den Nerventod herbeiführt, ist minimal, es genügt für einen ganzen Froschnerven wenig mehr als:

$\frac{1}{3}$  Milligramm (wasserfreies) Kali.

Die Bestimmung der Erregbarkeitsveränderung des Nerven in der Kalilauge zeigt, dass die Einwirkung derselben zu Anfang langsam, in der Folge aber, sowie sie sich nur einmal geltend macht, fast momentan tödtend ist, es fällt bei dem Kalitode zum Schluss die Erregbarkeit sehr plötzlich.

Es ist nicht unmöglich, dass die hier beobachtete rasche Wirkung des Kali nicht allein von der alkalischen Reaction herrührte. Wir werden sogleich sehen, wie stark auch die neutralen Kalisalze auf die Nerven einwirken. Doch ergeben alle meine Beobachtungen über Tod der Nerven in alkalischen Flüssigkeiten das gleiche Resultat, dass, wenn einmal die Einwirkung der letzteren merklich wird, der Tod der Nerven in grosser Raschheit erfolgt.

Schliessen wir hier sogleich die Versuche an, welche über den Säuretod des Nerven angestellt wurden.



## d. Künstliche Erzeugung einer saueren Nervenreaction.

Die folgende Tabelle enthält Versuchsbeispiele über die Säureaufnahme des Nerven.

Die Versuchsmethoden blieben den bisher angewendeten vollkommen gleich.

Es scheint überflüssig hier noch darauf hinzuweisen, dass meine älteren Versuche am Muskel ermüdende und tödtende Wirkung der Säuren für diesen ergeben haben (Tetanus, S. 354 f.).

Tabelle VII.

Die für den Nerven tödtende Säurequantität.

Versuchs-zeit.	Zustand des Versuchsobjectes.	Erregbarkeit = Rollenabstand in M. M.	Gewicht der Nerven in Grammen.	Aus der Gewichtszunahme berechnete Säureaufnahme in Grammen.	Steigerung des Wassergehaltes.
I. 1 pro mille Essigsäure:					
0'	Nerve frisch	?	0,0275	—	75 0/0
1'	In Essigsäure gelegt	270			
3'	Der Muskel zuckt vom Nerven aus	255	0,0345	0,0004	
5'	»	245			
8'	»	243	0,0345	0,0006	
17'	»	230	0,0355	0,0008	
22'	»	195			
27'	Nerve todt	—	0,0360	0,00085 Grmm.	80,9 0/0
II. 1 pro mille Phosphorsäure.					
0'	Nerve frisch	284	0,0265		75 0/0
1'	In die Säure gelegt	300			
4'	»	285	0,0340	0,00075	80,5 0/0
9'	»	230			
14'	Nerve todt	—	0,0375	0,00110 Grmm.	81,3 0/0
19'	»	—	0,0385		
1 hor 4'	»	—	0,0425		
6 hor	»	—	0,0475		86,1 0/0
III. 1 pro mille Salpetersäure.					
0'	Nerve frisch	265	0,0225	—	75 0/0
	In Salpetersäure gelegt				
7'	»	195	0,0310	0,00085	
27'	»	195	0,0310	0,00085	
38'	Nerve todt	—	0,0328	0,00103 Grmm.	82,3 0/0
IV. 1 pro mille Salzsäure.					
0'	Nerve frisch	275	0,0215	—	75 0/0
	In Salzsäure gelegt	280			
5'	»	240	0,0279	0,00064	
21'	»	85	0,0320	0,00105	
38'	Nerve todt	—	0,0361	0,00146 Grmm.	85,1 0/0



Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die Quantitäten der Säure wasserfrei gedacht, welche den Nerventod herbei führen, sehr gering sind.

Der Ischiadnerve des Frosches wird getödtet durch die Aufnahme von:

1—1½ Milligramm Säure.

Dieses Resultat bedarf jedoch noch einer eingehenderen Besprechung.

In den Tabellen ist neben der Quantität der aufgenommenen, wasserfrei gedachten Säure auch die gleichzeitige Wasserzunahme des Nerven, die wir als einen sehr ausgiebigen Todesgrund kennen, quantitativ dargestellt. Wir können uns dem Gedanken nicht verschliessen, dass das Resultat des Absterbens der Nerven in Säure, sowie in allen zu prüfenden Flüssigkeiten sich aus wenigstens diesen beiden Todesursachen zusammensetzt. Dass neben anderen Todesursachen z. B. auch noch ein Stoffauslaugen aus dem Nerven wirksam wird, wurde oben erwähnt.

Bei der Kaliaufnahme, welche den Nerventod herbeiführt, ist die Wasserzunahme nur eine sehr geringe. In dem Versuchsbeispiele der Tabelle ist die Wasservermehrung über das Mittel: 2,7 %, eine Wasserzunahme, welche noch lange innerhalb der Grenzen der beobachteten physiologischen Schwankungen des Nervenwassergehaltes hereinfällt. Meine Versuche, die am Schlusse des dritten Capitels zusammengestellt sind, ergaben für den normalen Ischiadicus Schwankungen im Wassergehalte von 72,3 %—78,6 %, also um: 6,3 %. Die Mittelzahl kann demnach um 3,6 % überstiegen werden.

Die bei der Kaliaufnahme gleichzeitig mit erfolgende Wasseraufnahme in den absterbenden Nerven dürfen wir also als fast bedeutungslos für den Nerven unbeachtet lassen. Wir dürfen annehmen, dass weit überwiegend das Kali selbst die Todesursache für den Nerven war, resp. das Anwachsen der alkalischen Nervenreaction.

Bei den Versuchen mit Säuren sehen wir dagegen die Wasserzunahme des Nerven neben der Säureaufnahme viel bedeutender. Es beträgt hier die Wassergehaltssteigerung, wenn wir uns an die Versuchsbeispiele halten, bei der Säureimbibition bis zum eingetretenen Tode:

Wassergehalt der eben abgestorbenen Nerven:	
für Essigsäure . . . .	80,9 %
für Phosphorsäure . . . .	82,3 »
für Salpetersäure . . . .	83,3 »
für Salzsäure . . . .	85,4 »

Es ist hier also nicht fraglich, dass dem Wasser neben der Säure ein nicht unwichtiger Platz als Todesursache eingeräumt werden muss. Bei der Salpetersäure und Salzsäure scheint es fast als wäre auf das Wasser die Hauptwirkung zu schieben.

Unsere Versuche mit destillirtem Wasser ergeben aber, dass die Nerven-erregbarkeit als Controle des Nervenlebens bei einem Wassergehalte von 84 % noch nicht wesentlich alterirt ist, und dass die Grenze einer deutlichen spärlichen Einwirkung der Wasseraufnahme erst zwischen 83 % und 84 % liegt. Als Todesgrenze findet sich ein Wassergehalt von 85 % — 89 %.



Wir finden also bei dieser näheren Vergleichung doch nur bei der Salzsäure die Säurewirkung so schwach, dass sich der Tod fast allein auf die Wasseraufnahme des Nerven beziehen lässt. Bei den anderen geprüften Säuren trat der Nerventod früher ein, als sich eine starke Wirkung der Wasserquelle geltend machen können.

Immerhin geht aus den Säureversuchen so viel mit Bestimmtheit hervor, dass der Nerv eine Säuerung seines Inhaltes, wie sie physiologisch im Tetanus gegeben ist, viel besser verträgt als eine Zunahme seiner normal schwach alkalischen Reaction.

Wenden wir sehr schwache Alkalilösungen und sehr schwache Säurelösungen zum Vergleiche an und zwar in Flüssigkeiten, welche die Diffusion im Nerven weniger stark anregen als destillirtes Wasser, so zeigt sich dieser Unterschied in der Säure- und Alkaliwirkung auf das allerdeutlichste. Während der Nerve in schwachsaurer Lösungen eines 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>-Natronsalzes taglang am Leben bleibt, stirbt er in alkalischer Lösung desselben Salzes in der kürzesten Zeit ab. Folgende Beispiele werden das anschaulich machen.

Tabelle VIII.

Erregbarkeit der Nerven in 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> sauerem und 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> alkalischem (neutralem) phosphorsauerem Natron.

Versuchszeit.	Erregbarkeit in 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> alkalischem phosph. Natron		Erregbarkeit in 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> sauerem phosph. Natron	
	Nerve I. R. A.	Wasser- aufnahme.	Nerve II. R. A.	Wasser- aufnahme.
0'	277		290	
1 hor. —	255		267	
1 hor. 41'	60		240	
2 hor. 6'	totd!	80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	190	
5 hor. —	—		205	
23 hor. —	—		70	84,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Die Unschädlichkeit einer schwachsaurer Reaction für das Nervenleben gegenüber einer Zunahme der normalen alkalischen Reaction zeigen die gewählten Versuchsbeispiele deutlich. Während in der alkalischen Flüssigkeit das Nervenleben vor Ablauf zweier Stunden erlosch, erhielt es sich in der saueren Flüssigkeit 24 Stunden, also 12 mal länger. Hier und da können die Resultate selbstverständlich auch etwas weniger weit als in den angeführten Versuchen auseinander liegen, immer aber ist das Uebergewicht auf Seite der gesäuerten Nerven sehr bedeutend.

Es ergeben uns also schon diese Versuche, dass das Auftreten einer schwachen, fixen Säure im Nervensaft für das Nervenleben lange erträglich ist, dass sich in Folge dessen der Nerve lange in einem Zustande erhalten kann, der von der Norm wenig verschieden ist, jedenfalls nicht jenseits der physiologischen Grenzen liegt.



Schliesslich haben wir noch darauf aufmerksam zu machen, dass die Versuchstabelle VII einen nicht unbedeutenden Unterschied in der Raschheit ergab, mit welcher die verschiedenen Säuren tödtend wirken. Die Phosphorsäure steht darin am höchsten, sie tödtet am raschesten (im Versuchsbeispiele in 44 Minuten). In den anderen Säuren erhält sich die Erregbarkeit etwa eine halbe Stunde. Es gibt uns das einen Fingerzeig dafür, dass vielleicht auch unter den Säuren einige stärker alterirend wirken als andere, wie wir das sogleich für neutrale Salze erweisen werden. Zugleich zeigt die Tödtungszeit für Säure, die wenigstens um die Hälfte kürzer ist als die für destillirtes Wasser, dass die Säuren energischer alterirend auf das Nervenleben einwirken als reines destillirtes Wasser.

### III.

#### Schwankungen in der Menge der im Nerven enthaltenen Kalisalze.

##### 1.

Unter allen im Organismus normal vorkommenden Stoffen, die ich einer Prüfung auf ihren Einfluss auf die lebende Muskelsubstanz unterwarf, fand ich die Kalisalze von der stärksten Wirkung.

Wir haben uns danach umzusehen, wie sie sich gegen den Nerven verhalten.

Aus meinen früheren Untersuchungen (im Tetanus S. 398) ergab sich bereits eine sehr bedeutende Einwirkung der Kalisalze auf das Leben der nervösen Centralorgane, hier sollen nur ihre Wirkungen auf die peripherischen Nerven noch näher geprüft werden\*).

Zum Vergleiche stelle ich die mit Natronsalzen gemachten Versuche neben die Kaliversuche, um durch die nachgewiesene Unschädlichkeit der ersteren die Schädlichkeit der anderen in ein noch helleres Licht zu stellen.

Die Versuchsmethoden sind die bisherigen. Geprüft wurden:

1. Chlorkalium von 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>
2. Chlornatrium »
3. Kalisalpeter »
4. Natronsalpeter »

Das Uebrige ergeben die Tabellen. Ueber die Quellung der lebenden Nervensubstanz in Natronlösungen cf. das folgende Capitel.

\*) Meine älteren Versuche schienen dafür zu sprechen, dass die peripherischen Nerven von den Kalisalzen wenig angegriffen würden. Die Erregbarkeit derselben blieb (bei Kalisalzeinspritzungen in die Blutgefässe des Frosches) unverändert, während die Muskeln dadurch rasch abstarben. Es ergibt sich aber, dass die Wirkung solcher Einspritzungen auf den Nerven stets nur eine äusserst minimale ist! wie wir unten noch weiter auseinander zu setzen haben. — Es musste also die Prüfung der Kalisalze erneuert werden. Hier sei zur Erklärung nur erwähnt, dass die Imbibition auch bei den ausgeschnittenen Muskeln weit rascher erfolgt als bei den ausgeschnittenen Nerven, die Wirkung der Stoffe auf letztere also stets langsamer eintritt.



Tabelle IX.

## Absterben des Nerven in Chlorkalium.

Versuchszeit.	Erregbarkeit = Rollenabstand in Millimetern.	Gewicht des Nerven in Grammen.	Chlorkalium- aufnahme, absolute in Grammen.	Wasserzunahme ‰.
1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Chlorkaliumlösung.				
0'	Nerve frisch: 300 in 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Chlornatrium- lösung gelegt:	0,0190	—	75 ‰
25'	450	0,0190	nicht nach- weisbar	keine
35'	Nerve todt	0,0207	0,00047 Grmm.	77,4 ‰

Der Versuch zeigt das Leben der in 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Chlorkaliumlösung quellenden Nerven in etwa 1/2 Stunde vernichtet, die Aufnahme der tödtenden Substanz ist dabei äusserst minimal, sie beträgt hier:

1/5 Milligramm Chlorkalium.

Die bis zur Tödtung aufgenommenen Kalisalzmenngen sind selbstverständlich in jedem Versuche verschieden, immer sind sie jedoch minimal. Ich gebe nur einen Versuch. Diese quantitativen Versuche wollen und können nichts als einen approximativen Anhaltspunkt für das Verständniss der quantitativen Stoffwechselvorgänge im Nerven ergeben.

Tabelle X.

## Nervenerregbarkeit in Kali- und Natronsalzen.

Versuchszeit.	Erregbarkeit in 1‰.		Erregbarkeit in 1‰ salpetersaurem	
	Chlornatrium. M. M. R. A.	Chlorkalium. M. M. R. A.	Natron. M. M. R. A.	Kali. M. M. R. A.
0'	322	300	293	324
Nerve frisch in die Lö- sung ge- taucht	322	—	298	290
20'	<b>345</b>	470	<b>314</b>	480
43'		todt	320	todt!
4 hor. 27'	327		290	
5 hor.	340		443	
7 hor. 45'	292		todt	
weiter wurde nicht geprüft.	etc.			

Der Tod der Nerven in den Kalisalzen war nach etwa 40 Minuten (zwischen 20 und 40) eingetreten. In der Natronlösung lebten die Nerven ungestört



viele Stunden lang fort. Der Natronsalpeter tödtete etwas rascher als das chemisch reine Chlornatrium, das bei allen Versuchen in Anwendung kam. Spectroscopisch zeigte der verwendete Natronsalpeter eine Minimalbeimischung von Kali.

Bei den Muskelbeobachtungen stiess ich auf Fälle, in denen der Muskel in Chlornatrium mehrere Tage am Leben blieb. In der Chlorkaliumlösung starb er dagegen sehr rasch ab. Es ergibt sich demnach auch hier ein analoges Verhalten der lebenden Muskel- und Nervensubstanz, wie wir das schon bisher durchgehends gefunden haben.

Durch die Muskeluntersuchungen war ich zu dem Schlusse gekommen, dass die neutralen Kalisalze als sehr heftige Muskelgifte anzusprechen seien. Es hatte sich schon damals eine gleichzeitige giftige Einwirkung auf das nervöse Centralorgan ergeben. Nach unseren jetzigen Beobachtungen können wir nicht anstehen, die Kalisalze als heftige **Muskel- und Nervengifte** anzusprechen. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass sie ganz im Allgemeinen als **Gewebsgifte** aufzufassen sind. Schon ein Minimum der Kalisalze wirkt erlahmend und sehr bald tödtend auf (die Muskeln und) die Nerven ein. Der innere Grund der Giftigkeit bleibt dabei aber für jetzt noch vollkommen dunkel und unerklärlich.

## 2.

### Die neutralen Kalisalze zählen zu den ermüdenden Stoffen.

Von Dr. A. Burkhardt und dem Verfasser.

Zu einer Theorie der Wirkung der neutralen Kalisalze lassen sich die bisher bekannten Versuche mit diesen Substanzen nicht verwerthen.

In den Versuchen am Muskel mit neutralen Kalisalzen (Tetanus S. 398 f.) hatte sich ergeben, dass die Wirkung wenigstens eines derselben, des Chlorkalium, durch einfaches »Auswaschen der Muskeln mit 0,7 % Kochsalzlösung« (durch Ausspritzen der Muskelkapillaren mit der Kochsalzlösung nachdem vorher Chlorkali eingespritzt war), zum Theil wenigstens wieder beseitigt werden könnte. Es zeigte sich hiernach also eine Analogie der Kaliwirkung mit der im Tetanus im 14. und 15. Capitel zuerst dargelegten Wirkung der ermüdenden Stoffe, deren Erfolge auch durch Auswaschen der Muskeln und Nerven wieder beseitigt werden konnten. Die Versuche über die »ermüdenden Stoffe« des Muskels und Nerven hatten gelehrt, dass diese allein durch ihre »Anwesenheit« in der Muskel- und Nervensubstanz die physiologischen Veränderungen hervorbringen.

Da also in einigen Fällen bei dem Chlorkalium eine Restitution nach der Kalisalzvergiftung beobachtet wurde, so war es nach der Analogie wahrscheinlich, dass bei ihm und den anderen Kalisalzen die Restitution vielleicht regelmässig gelingen würde, wenn nur, wie das sehr rasch eintritt, die Kalisalzwirkung noch nicht extreme Resultate erzielt hatte.

Nach den bisher vorliegenden Thatsachen konnten die neutralen Kalisalze



auch darum nicht vollkommen zu den ermüdenden Stoffen gerechnet werden, weil ihrer Wirkung das Characteristicum der normalen Ermüdung zu fehlen schien, bei welcher stets die Herabsetzung der Leistungsfähigkeit des Muskels von einer gleichzeitigen Erhöhung der Nervenirregbarkeit begleitet ist. Bei den früheren Versuchen war eine Wirkung der schwach concentrirten Kalisalze (0,7—1%) auf die peripherischen Nervenstämme nicht hervorgetreten.

Nachdem nun bei stärkerer Einwirkung der Kalisalze ein gewichtiger Einfluss derselben auf das Nervenleben sicher constatirt ist, musste die Frage, ob die neutralen Kalisalze zu den ermüdenden Stoffen zu rechnen seien, von neuem aufgenommen werden. Die oben gemachte Beobachtung, dass tiefergreifende Nervenläsionen primär die Irregbarkeit der peripherischen Nerven erhöhen, lässt es sehr wahrscheinlich werden, dass wir bei erneuter Prüfung und richtig gewählter Concentration der Lösungen die neutralen Kalisalze in ihren Wirkungen direct den ermüdenden Stoffen werden anschliessen können.

Von diesem Gesichtspunkte aus wurde eine grössere Reihe von Versuchen mit neutralen Kalisalzen in verschiedener Concentration angestellt, von denen einige Beispiele in der folgenden Tabelle mitgetheilt werden sollen.

Die Versuche wurden ganz nach der in den Untersuchungen über Tetanus S. 222 beschriebenen Versuchsmethode angestellt. Das Nähere muss dort nachgesehen werden.

Dem ausgebluteten Frosche, dessen Gesamtnervenirregbarkeit gemessen (am Rollenabstand des Schlittens, dessen Electroden am Maule und den Füssen des Thieres befestigt wurden) und dessen Maximal-Muskelleistung für den Gastrocnemius an dem Muskelzeiger bestimmt war, wurde meist zuerst Kochsalzlösung von 0,7% durch die Gefässe gespritzt um alle Irregbarkeitszufälligkeiten zu beseitigen. Die Nervenirregbarkeit und Muskelleistungsfähigkeit wurde hierauf von neuem gemessen. Eine dritte Messung geschah nach dem Einspritzen verdünnter neutraler Kalisalzlösungen. War deren Wirkung auf Muskel und Nerve constatirt, so folgte gewöhnlich eine 4te Messung nach Auswaschen mit (= Einspritzung von) 0,7% Kochsalzlösung, um zu constatiren, ob dadurch eine Erholung von der Kalisalzwirkung eingetreten sei.

Alles Weitere ergibt die Tabelle. Es muss jedoch noch erwähnt werden, dass die Zahlenangaben dieser Tabelle in sofern sich wesentlich von den bisherigen und den folgenden unterscheiden, dass die Scala, nach welcher die Rollenabstände des Schlittens = Nervenirregbarkeit abgelesen wurde, hier mit der wachsenden Entfernung der Rollen abnehmende Zahlen liefert, je grösser der Rollenabstand = je grösser die Irregbarkeit, desto kleiner die in der Tabelle stehende Zahl.



Tabelle XI.

## Erste Wirkung des Kalisalpeters auf die Erregbarkeit der Nerven und Leistungskraft der Muskeln.

Versuchs- Zeit.	Erregbar- keit der Ner- ven = Rollen- abstand bei der ersten Zuckung in M. M.	Kraft der Muskeln (= Aus- schlag des Mus- kelzeigers bei starker Erre- gung).	Einspritzungen.	Allgemeiner Zustand des Ver- suchstieres, besonders des Her- zens desselben.
--------------------	--	--	-----------------	--

## I. Versuchsbeispiel.

			In allen Versuchen: sal- petersaures Kali eingespritzt von verschie- dener Concentration. Hier wurde geprüft die Concentration von 0,50/0 — 10/0.	
0'	155	370	Der Frosch mit 150 cc 0,70/0 Kochsalzlösung ge- waschen.	40 Pulsschläge in der Mi- nute.
5'	155	200	Nachdem 75 cc Salpeterl. von 0,50/0 eingespritzt wurden.	Augenblicklicher Herzstill- stand, heftige Krämpfe in allen Stammuskeln.
10'	165	130	Nach Kochsalzwaschung mit 75 cc.	Das Herz erholt sich sehr bald wieder, nach dem Waschen: 54 Pulse.
20'	205	00	Nach 75 cc 10/0 Salpeter- lösung.	Herzstillstand, im Anfang Muskelkrämpfe, welche aber sogleich aufhören.
30'	200	120	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Die Herzcontractionen stel- len sich wieder her: 22 Pulse.

## II. Versuchsbeispiel.

0'	160	400	75 cc Kochsalzwaschung.	64 Pulse.
7'	105	260	75 cc 0,40/0 Salpeterlösung eingespritzt.	Augenblicklicher Herzstill- stand, leichte Zuckungen in den Bauchmuskeln.
15'	113	300	100 cc Kochsalzlösung ein- gespritzt.	Nachdem 30 cc Kochsalzlö- sung eingespritzt sind, fängt das Herz wieder an zu schlagen, schliesslich 48 Pulse.
23'	65	20	75 cc 0,40/0 Salpeterlösung eingespritzt.	Fast augenblicklicher Herz- stillstand.
27'	105	40	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Das Herz contrahirt sich wie- der. Nach der Waschung 40 Pulse.

## III. Versuchsbeispiel.

0'	135	520	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Vor der Waschung 52 Pulse, nach der Waschung 48.
5'	115	120	75 cc 0,40/0 Salpeterlösung eingespritzt.	Das Herz steht still, heftige klonische Krämpfe aller Muskeln.



Versuchs- Zeit.	Erregbar- keit der Ner- ven = Rollen- abstand bei der ersten Zuckung in M.M.	Kraft der Muskeln (= Aus- schlag des Mus- kelzeigers bei starker Erre- gung).	Einspritzungen.	Allgemeiner Zustand des Ver- suchstieres, besonders des Her- zens desselben.
10'	170	26 <sup>0</sup>	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Nach einer Waschung mit 30 cc contrahirt sich das Herz wieder, zum Schluss: 52 Pulse.
IV. Versuchsbeispiel.				
0'	150	60 <sup>0</sup>	Mit 75 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Pulse vor der Waschung: 52. Pulse nach der Wa- schung: 52.
15'	130	24 <sup>0</sup>	Einspritzung von 75 cc 0,4 0/0 Salpeterlösung.	Fast augenblicklich steht das Herz still. Heftigster Te- tanus aller Muskeln.
22'	150	35 <sup>0</sup>	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Nach 30 cc Waschung stellt sich die Herzcontraction wieder her. Pulse 56.
V. Versuchsbeispiel.				
0'	120	34 <sup>0</sup>	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Herzpulse vor der Waschung 52: nach der Waschung 64.
25'	90	30 <sup>0</sup>	Einspritzung von 75 cc 0,4 0/0 Salpeterlösung.	Augenblicklicher Herzstill- stand, leichte Zuckungen in den Extremitäten.
35'	145	34 <sup>0</sup>	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Die Herzcontractionen stel- len sich nach einer Wa- schung mit 30 cc Kochsalz- lösung wieder her. 64 Pulse.
VI. Versuchsbeispiel.				
0'	170	65 <sup>0</sup>	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Nach der Waschung: 56 Pulse.
5'	140	55 <sup>0</sup>	150 cc 0,2 0/0 Salpeterlö- sung eingespritzt.	Nach 75 cc Einspritzung steht das Herz still, die Vorhöfe contrahiren sich jedoch noch 18 mal in der Minute.
30'	170	52 <sup>0</sup>	Mit 150 cc Kochsalzlösung gewaschen.	Die Herzcontractionen stel- len sich wieder ein, es con- trahiren sich Kammer und Vorhöfe 52 mal in der Mi- nute.

Die mitgetheilten Versuchsbeispiele ergeben, dass bei passend gewählter Concentration der Kalisalzlösungen auch das salpetersaure Kali die Möglichkeit einer vollständigen Wiederherstellung sowohl der Nervenirregbarkeit als der Muskelkraft zulässt.

Die Wiederherstellung wurde nur durch Auswaschen mit der unschädlichen Kochsalzlösung von 0,7 0/0 eingeleitet. Es lehren uns die angestellten Versuche also, dass primär, so lange die neutralen Kalisalze noch nicht definitiv tödtend auf den Nerven und Muskel eingewirkt haben, ihre Wirkung allein schon durch Entfernung (Auswaschen) aus dem Muskel- und Nerven- safte wieder zum Verschwinden gebracht werden kann.



Es schliesst sich demnach hierin die Wirkung der Kalisalze direct an die der »ermüdenden Stoffe« an, die Gegenwart der Kalisalze in den Gewebs-säften allein ist es, welche alterirend wirkt, die Wirkung ist also offenbar wenigstens primär keine eigentlich chemische.

Die Vernichtung der Muskelleistungsfähigkeit spiegelt sich am schönsten am Verhalten des Herzens, die Wiederkehr seiner Contractionen nach der Waschung ist hier wie bei den ermüdenden Stoffen eine wahrhaft überraschende Erscheinung, die sich gut zu einer Collegiendemonstration eignet. Die Messung der Muskelkraft am Muskelzeiger gelingt, wenn man die Zeigerspannung bei jedem Versuche regulirt, mit ausnahmsloser Sicherheit.

Was die älteren Versuche nicht ergeben hatten, zeigen die vorstehenden nun ebenfalls unzweifelhaft:

Durch die Kalisalzeinwirkung wird die Erregbarkeit der Nerven primär **erhöht**. Erst in der Folge und bei stärkerer Kaliwirkung tritt die Herabsetzung der Erregbarkeit und der Nerventod ein, wie es die zuerst mitgetheilten Versuche dieses Capitels und der Tabelle erweisen.

Es schliesst sich also die Kalisalzeinwirkung in allen Stücken der Wirkung der »ermüdenden Substanzen« an. Neben der Milchsäure und den sauren-phosphorsaureren Alkalisalzen müssen noch die neutralen Kalisalze als ermüdende Stoffe aufgeführt werden. Es wird sich in der Folge zeigen, dass wir unter die ermüdenden Stoffe ausser den Säuren und den neutralen Kalisalzen auch noch eine dritte Stoffgruppe werden rechnen müssen: die Alkalien.

Ehe wir auf die Frage nach dem Wesen der Nervenermüdung auf Grund der neu angestellten Versuche weiter eingehen, können wir doch schon an dieser Stelle erkennen, dass die Nervenermüdung, wie sie aus der Gegenwart der Kalisalze im Nerven entsteht, zwei verschiedene Stadien erkennen lässt: das **primäre** Stadium ist eine Erhöhung, das **secundäre** eine Verminderung der Erregbarkeit, die schliesslich in den Nerventod übergeht.

Dieselben Stadien werden sich auch für die anderweitigen Ermüdungsarten (natürliche und künstlich erzeugte) ergeben.

Diese Erkenntniss ist von Einfluss auf unsere Beurtheilung der Nervenermüdung in ihrem Verhältnisse zum Nervenabsterben. Beide Vorgänge zeigen ganz den gleichen physiologischen Verlauf. Was schon aus der Gleichheit der chemischen Veränderung im Nerven bei Ermüdung und Absterben (Säuerung des Nervensaftes) wahrscheinlich wurde, das ergeben diese und die folgenden Versuche mit Sicherheit:

Die Nervenermüdung und das Nervenabsterben sind im Wesentlichen identische Vorgänge.

### 3.

Die Versuche über Kalisalze erweitern auch in anderen Beziehungen unseren Anschauungskreis über die Vorgänge des Lebens der Gewebe.

In der Wirkung der Kalisalze, die wir als einen allgemeinen Bestandtheil



der Gewebsaschen und der Asche mancher Gewebssäfte antreffen, spiegelt sich uns die Wichtigkeit der anorganischen Gewebsstoffe für die Lebensvorgänge ab.

Wenn wir von nun an mit gewissen physiologischen Vermehrungen der Kalisalze im Blute gleichzeitig eine Veränderung der physiologischen Eigenschaften des lebenden Körpers beobachten, welche mit den beobachteten, die Erregbarkeit der Muskeln und Nerven herabsetzenden, ermüdenden Wirkungen der Kalisalze harmoniren, so können wir keinen Zweifel mehr hegen, dass diese Veränderung der Lebensvorgänge mit der Anwesenheit der Kalisalze direct zusammenhänge.

Die Harnausscheidung ist uns ein Bild der Stoffvorgänge im Organismus.

Nach dem Essen tritt nach meinen Beobachtungen stets eine Vermehrung der Kaliausscheidung im Harne ein, es ist klar, dass dieser gesteigerten Ausscheidungen im Harne ein Zustand der Steigerung des Kaligehaltes im Blute vorausgegangen sein muss, hervorgerufen durch die in der Nahrung aufgenommenen Kalisalze. Die primär ermüdende Wirkung der stärkeren Nahrungsaufnahme erklärt sich also (wenigstens zum Theile) als eine Kalisalz Wirkung.

In den meisten Gewebssäften sehen wir die Kalisalze sehr zurücktreten, in krankhaft vermehrter Cerebrospinalflüssigkeit fand sie G. SCHMIDT in nicht unbeträchtlicher Menge. Seine Analyse der Asche der Flüssigkeit von Hydrocephalus acutus ergab einen Kaligehalt von

23  $\frac{1}{10}$

Wird man nach den bisherigen Resultaten noch zweifeln können, dass diese Kalisalze in der Nervengewebsflüssigkeit wenigstens zum Theil als die nächste Todesursache bei Hydrocephalus acutus angesprochen werden müssen?

Ich bin damit beschäftigt, die Kalisalze als Krankheitsursache näher zu verfolgen. Es ergibt sich schon jetzt, dass eine Reihe von allgemeinen Krankheitssymptomen sich auf **Kaliwirkung** zurückführen lässt.

Es führen uns unsere Untersuchungen sonach einer chemischen Erkenntniss der Krankheitsvorgänge entgegen, einer wahren **Humoralpathologie**.

### §. 3. Resultate.

1. Die Stoffmengen, welche den Nerven tödten, sind für Alkali, Säuren und Kalisalze ungemein gering. Sie schwanken von  $\frac{1}{5}$  —  $1\frac{1}{2}$  Milligramme der wasserfreien Substanzen für einen Frosch-Ischiadicus.

2. Die schädliche Wirkung der Erhöhung der Alkalinität des Nervensaftes (die Alkaliwirkung) ist weit bedeutender als die einer Säuerung des Nervensaftes (die Säurewirkung). Bei sehr geringer Säuerung kann der Nerve taglang lebend bleiben, während eine noch so schwache alkalische Flüssigkeit ihn schon nach kurzer Zeit (bis 2 Stunden) tödtet.

3. Bei dem Absterben des Nerven in den geprüften Lösungen fand stets eine mehrweniger grosse Wasseraufnahme des Nerven statt. Es besteht also zwischen Nerv und Flüssigkeit ein verschieden starker Diffusionsverkehr.



4. Destillirtes Wasser tödtet den Nerven ebenfalls sehr rasch, es muss dasselbe also ebenfalls als **Nervengift** angesprochen werden.

Die Wasseraufnahme des in destillirtem Wasser liegenden Nerven ist bei dem Eintritt des Todes noch nicht bis zum Imbibitionsmaximum fortgeschritten. Der normale Wassergehalt des Nerven beträgt 75 %, bei dem Tode beträgt er zwischen 85—89 %. Das Imbibitionsmaximum ist etwa 94 % (cf. folgendes Capitel).

5. Die allgemein verbreitete Annahme (E. HARLESS), dass Wasserzunahme die Erregbarkeit herabsetzt, während Wasserabnahme die Erregbarkeit primär erhöht, um sie erst in der Folge zu vermindern, ist nach meinen Beobachtungen dahin zu ergänzen:

Sowohl Wasserzunahme als Wasserabnahme des Nerven erhöhen primär seine Erregbarkeit und setzen sie erst in der Folge herab\*).

6. Die Grenze des Nervenlebens bei Wasserverlust (Vertrocknen an warmer Luft) fand ich zu 67 %—56 %. Ansehnlich näher an dem normalen als HARLESS.

7. Physiologisch kann der Nervenwassergehalt (bei Fröschen) also schwanken zwischen

Maximum: Minimum:

89 % und 56 %

Die directen Bestimmungen des verschiedenen Wassergehaltes der frisch aus gesunden lebenden Thieren (Fröschen) ausgeschnittenen Nerven ergaben

Maximum: Minimum:

79 % und 72 %

8. Schon eine ganz geringfügige Vermehrung der neutralen Kalisalze im Nervensaft bringt den Nerventod herbei. Die Kalisalze (neutralen) sind also als **Nervengifte** anzusprechen. Ihre analoge Wirkung auf die Muskeln ist bekannt.

9. Neutrale Natronsalze (in dergleichen Concentration wie die Kalisalze) lassen den peripherischen Nerven in seinen Lebereigenschaften viele Stunden lang fast ganz unverändert bestehen (KÖLLIKER s. unten).

10. Die neutralen Kalisalze sind zu den vermüdenden Substanzen zu rechnen.

Als

### Anhang

sollen hier noch die Resultate über chemische Wirkungen gewisser Stoffe auf das Gehirn, Rückenmark und die peripherischen Nerven zusammengestellt werden, die sich aus meinen älteren Versuchen ergaben.

\*) Diese Wirkung zeigt sich auch bei der Chlornatrium- und Natronsalpeter-Quellung (cf. Tab. X).



Wie schon oben angedeutet, und wie noch weiter in dem folgenden Capitel ausgeführt werden wird, ist die Geschwindigkeit der Stoffaufnahme bei der Quellung in den gleichen Flüssigkeiten bei Nervengewebe und Muskelgewebe sehr verschieden. Letzteres quillt viel rascher und verliert darum auch rascher seine Lebesenseigenschaften.

Die Stoffe, welche ich früher auf die Erregbarkeit der Nerven prüfte, wurden mit diesen einzig und allein durch Einspritzung in gelöstem Zustande in die Blutgefäße zusammengebracht. Die weniger rasch bei dem Nerven erfolgende Stoffaufnahme aus Flüssigkeiten, vereinigt mit dem geringen Reichtum der peripherischen Nerven an Blutgefäßen, macht es erklärlich, dass bei jenen Versuchen für den peripherischen Nerven stets nur die ersten Stadien der Stoffeinwirkung beobachtet wurden.

Wo es sich darum handelt dieses Stadium der ersten chemischen Veränderung des Nerven zu prüfen, liefert die dort angewendete Methode unter allen anwendbaren stets am sichersten Resultate. Sie muss auch in der Folge dafür stets zu Rathe gezogen werden.

Sollen aber weitergehende Aenderungen der Zusammensetzung auf ihre Wirkungen geprüft werden, so müssen die Quellungsmethode und die Methode der Gaseinwirkung auf den Nerven (cf. Capitel VI), wie wir sie hier anwendeten, gebraucht werden. Beide Methoden, die ältere und die neuere, ergänzen sich einander. Bei der ersten treten die secundären Stadien der Aenderung am Nerven nur unregelmässig ein, während die primären vollkommen deutlich sind; bei den letzteren treten die sekundären Wirkungen meist allein hervor, über die primären können sie meist keine definitiven Aufschlüsse liefern.

Nach Tetanus, 16tes Capitel, S. 400:

1. Die Erregbarkeit der **peripherischen Nervenstämme** wird, wie bei normaler Ermüdung, durch die ermüdenden Substanzen: Milchsäure (Säuren) und saueres phosphorsaueres Kali und Natron erhöht.

Die Erregbarkeit vermindernd wirkt Kohlensäure.

Erregbarkeit vermindernd, rasch vernichtend gallensaueres Natron.

In hohem Grade indifferent auf die Nerven zeigen sich bei Einspritzen verdünnter Lösungen in die Blutgefäße: Traubenzucker (Harnsäure, saueres harnsaueres Natron), Harnstoff und Hippursäure.

2. Erregend auf nervöse Centralgebilde und zwar auf das **SETSCHENOW'sche Reflexhemmungscentrum** im Froschgehirne wirken: Harnstoff, Hippursäure, gallensaueres Natron und die Kalisalze. Die genannten führen alle vom Gehirne aus nach und nach eine Lähmung des gesammten peripherischen Reflexapparates herbei. Harnstoff und Hippursäure sind direct ohne lähmenden Einfluss auf die peripherischen Reflexmechanismen.

Nur von der Hippursäure ist eine deutliche Einwirkung auf die peripherischen Reflexmechanismen beobachtet worden. Er besteht in einer Beruhigung des durch äussere Einwirkungen gesetzten Reizzustandes derselben, ohne eine Verminderung ihrer Energie.



## Capitel V.

### Einfluss der Nervenregbarkeit auf den Nervenzustand.

Vom

Verfasser und st. med. L. Puille.

#### §. 1. Zur Orientirung.

In den Vorgängen der lebenden Organismen kommen dieselben Naturgesetze und Kräfte zur Geltung, wie in der leblosen, anorganischen Welt.

Fast überall, wo man diesen allgemein anerkannten Satz auf seine Richtigkeit im Einzelvorgange prüft, findet sich aber, dass das anorganische Gesetz im lebenden Organismus unter ganz eigenthümlichen Ausnahmsbedingungen in Erscheinung tritt, welche es in der wesentlichsten Weise für die Lebensvorgänge umgestalten.

Wer erkennt z. B. in dem Gaswechsel in den Lungen den einfachen Diffusionsvorgang wieder, der in der anorganischen Natur die Gase mischt, mit dem eine kaum vergangene Periode unserer Wissenschaft die ganze Respiration zu erklären suchte?

Neben der activen physiologischen Sauerstoffabsorption der Blutkörperchen resp. des Haemoglobin's und dem activen physiologischen Ausscheidungsvorgang für die Kohlensäure durch das Lungengewebe reducirt sich der anorganische Diffusionsvorgang auf ein Minimum.

Die ganz unerklärlichen Differenzen, welche sich zwischen so ganz analogen chemischen Stoffen, wie die neutralen Salze des Natron und des Kali zu erkennen geben, macht es deutlich, dass auch der Vorgang der Stoffaufnahme und Abgabe der lebenden Gewebe besonders der Muskeln und Nerven sich nicht allein und einzig nach den einfachen Gesetzen der Quellung oder Flüssigkeitsdiffusion lebloser Substanzen richte. Es machen es diese vereinigt mit den im vorherstehenden Capitel zusammengestellten Beobachtungen über Verschiedenheiten der Quellung der Nervensubstanz in verschiedenen Flüssigkeiten mehr als wahrscheinlich, dass sich auch in Beziehung auf die Flüssigkeitsdiffusion ähnliche Ausnahmen von der anorganischen Gesetzmässigkeit für die lebenden Gewebe ergeben werden, wie sie uns die Gasdiffusion in den Lungen zeigt.

Es wird sich wirklich ergeben, dass die bisherigen schematischen Anschauungen, welche unter dem Scheine einer vollkommenen Erklärung der Lebensvorgänge die Forschung hemmten, auch auf diesem Gebiete eine sehr wesentliche Veränderung erleiden müssen.

Wie sehr durch vorgefasste Meinungen der Blick für die Auffassung der Wahrheit getrübt wird, ergibt sich kaum an irgend einem anderen Beispiele besser als an dem hier vorliegenden.



Niemand konnte bisher erklären, wie die eigenthümliche Vertheilung der Kali- und Natronsalze, erstere auf die Gewebe selbst, letztere auf die jene umspülenden Gewebeflüssigkeiten bei den angenommenen beständig vorsichgehenden einfachen Diffusionsvorgängen zu Stande komme.

Aber dass dieses eigenthümliche Verhältniss der Stoffvertheilung die allgemeine Anschauung von dem Vorhandensein einfacher Diffusionsvorgänge zwischen Gewebe und Gewebesaft direkt widerlegt, wagte bis jetzt kaum Jemand zu schliessen.

Die verschiedene physiologische Reaction der Nerven gegen verschiedene Salzlösungen wurde vor allem von KÖLLIKER geprüft, worauf im Vorstehenden schon mehrmals hingewiesen wurde.

Die hauptsächlichsten Resultate dieser Prüfungen finden sich in den Würzburger Verhandlungen 7. Juni 1856 in einem Aufsatz »über die Vitalität der Nervenröhren der Frösche« zusammengestellt.

Dort heisst es:

»1. In Wasser und allen diluirten Lösungen von Halloid- und neutralen Salzen der Alkalien und Erden, sowie von verschiedenen organischen Substanzen wie Zucker, Eiweiss, Harnstoff sterben die Nerven in einer gewissen kurzen Zeit ab. Hiebei quellen dieselben stark bis um das Doppelte und mehr auf und werden steif und unbiegsam. In Wasser sterben die (Ischiad-) Nerven in  $1\frac{1}{2}$  — 3 Stunden ab.«

»2. Bei allen letztgenannten Substanzen gibt es gewisse Concentrationen, in welchen die Nerven keine Aenderung erleiden und ihre Reizbarkeit lange erhalten.«

»3. In höheren Concentrationen schrumpfen die Nerven und verkürzen sich und zwar verschieden stark nach Massgabe der Concentration, und werden rascher oder langsamer leistungsunfähig.«

»4. Die wirksamen Concentrationen sind bei den verschiedenen Substanzen verschieden, bei den Salzen ergeben sich 2 Reihen, von denen die eine durch das Kochsalz die andere durch das Glaubersalz und zweibasisch-phosphorsaures Natron repräsentirt werden. Das Kochsalz ist unschädlich bei  $\frac{1}{2}$  Procent und können Nerven in dieser Lösung bis an 25 Stunden reizbar bleiben; je weiter es von dieser Concentration nach unten sich entfernt, um so mehr wirkt es wie Wasser und ebenso macht es nach oben mit steigender Concentration die Nerven um so schneller leistungsunfähig, sodass schon bei 9% die Nerven innerhalb 1 Stunde und bei 20 — 30% innerhalb  $\frac{1}{2}$  Stunde absterben. Bei den anderen Salzen scheinen Concentrationen von  $2\frac{1}{2}$  — 3% am günstigsten zu wirken. Sie sind bei gleicher Concentration immer ungünstiger als Kochsalz.«

Schon diese Beobachtungen lassen keine Verhältnisse erkennen, die einer reinen Hydrodiffusion ähnlich wären bei Concentrationen der Lösungen, die nicht übermächtig sogleich das Nervenleben zerstören.

Direkt zu dem Schlusse, dass die Stoffaufnahme der lebenden Gewebe ein von dem anorganischen Vorgange der Hydrodiffusion verschiedener vitaler Act sei, kam bisher so viel uns bekannt nur GERLACH.



Vor jetzt 40 Jahren erschien in den »wissenschaftlichen Mittheilungen der Erlanger physikalisch-medicinischen Societät (1858)« ein Aufsatz des genannten Forschers unter dem Titel: »Ueber die Einwirkung von Farbstoff auf lebende Gewebe«.

Die Versuche beziehen sich auf die von GERLACH entdeckte Färbung der Gewebe mit karminsauerem Ammoniak, welcher die mikroskopische Forschung so viel Aufschluss über die Elementarstruktur der Organismen verdankt. Es zeigen sich hiebei bekanntlich ganz unerklärliche Differenzen in dem Vermögen den Farbstoff zu binden bei den einzelnen Zellencomponenten. Während die Intercellularsubstanz sehr wenig oder gar nicht gefärbt erscheint, besitzt die Zelle selbst einen gesättigteren Grad von Färbung, noch dunkler gefärbt ist der Kern, am dunkelsten die Kernkörperchen. Die Gewebe haben dabei nur die Fähigkeit eine bestimmte Quantität von Farbstoff zu binden, den sie dann nicht mehr durch Auslaugen mit Wasser verlieren, haben sie in concentrirteren Lösungen scheinbar mehr von dem Farbstoff aufgenommen, so wäscht sich dieser in reinem Wasser wieder leicht aus. Die Gewebe haben sonach eine eigenthümliche Anziehung zu dem Farbstoff verschieden stark je nach ihren einzelnen Elementarbestandtheilen, die sich mit den Gesetzen der einfachen Diffusion oder Endosmose nicht verträgt.

GERLACH kommt zu dem Schlusse: »die angegebenen Thatsachen deuten darauf hin, dass das Verhalten thierischer Gewebe gegen Farbstofflösungen nicht auf einfache Diffusionsverhältnisse zurückzuführen sei, sondern es scheinen im Gegentheil hier eigenthümliche Anziehungen zwischen den Elementartheilen und dem Farbstoff sich geltend zu machen, über deren physikalische Gründe uns zunächst noch jede Andeutung fehlt«.

Bei der Untersuchung lebender Gewebe fand GERLACH, dass sich diese, so lange die Lebesenseigenschaften anhalten, in den Farbstofflösungen nicht färben. Er erhielt Froschlarven und Eingeweidewürmer Wochenlang in einer verdünnten Farbstofflösung am Leben, ohne dass sich die Gewebe irgendwie färbten, während die Färbung eintrat nachdem eines oder das andere der Thiere in der Lösung abgestorben war. Das gleiche Resultat gaben Eingeweidewürmer vom Frosche. Auch durch Einspritzung der Farbstofflösung unter die Haut und in den Magen der Thiere war kein besseres Resultat der Färbung zu erzielen.

Auch lebende Einzelzellen, z. B. Flimmerzellen von der Froschzunge, ergaben das gleiche Resultat. Während sie sich todt schon nach wenigen Minuten färbten, blieben sie lebend in die Farbstofflösung gebracht mehrere Stunden lang ungefärbt (Saamenfäden, Muskelfasern).

GERLACH beschliesst die Abhandlung mit den Worten:

»Die mitgetheilten Thatsachen liefern wohl den unzweideutigen Beweis, dass zwischen lebenden und todtten Geweben ein fundamentaler Unterschied existirt, zu dessen Auffassung der Farbstoff ein Mittel bietet. Da uns schon die physikalischen Gründe über die eigenthümliche Einwirkung von Farbstoff auf todtte Gewebe vollkommen unbekannt sind, so kann natürlich an eine physikalisch-chemische Erklärung der Thatsache, dass lebende Gewebe gegen Farbstoff sich in ganz anderer Weise verhalten als todtte, nicht gedacht werden. Wir können uns hier, wie so vielfach in der Physiologie, der Annahme vitaler



Kräfte trotz der grossen Fortschritte in Physik und Chemie nicht entziehen, womit freilich keine wissenschaftliche Erklärung der Thatsache gegeben ist. Allein der Vitalismus, der wohl nie ganz aus der Physiologie schwinden wird, bleibt vollkommen berechtigt, wenn dadurch nicht mehr bezeichnet werden soll, als dass während des Lebens organischer Wesen eine Menge Erscheinungen vorkommen, welche durch die jetzt bekannten Gesetze der Physik und Chemie nicht erklärt werden können.

Diese fundamentale Untersuchung fand wie es scheint in der physiologischen Literatur nicht die Beachtung, die sie in Anspruch zu nehmen berechtigt ist, sie passt nicht in die vorgefassten Meinungen.

Wir werden sehen, dass sie nach zwei ganz verschiedenen Richtungen die Grundlage bietet für wesentliche Fortschritte in der Erkenntniss der Lebensvorgänge (cf. dieses Capitel V und Capitel X).

## §. 2. Versuche.

Die folgenden Versuche über Nervenimbibition und Imbibition der Gewebe überhaupt, wurden nur mit solchen Concentrationen angestellt, wie sie den Säften der thierischen Gewebe annähernd entsprechen, denn es sollte alle gewaltsame Alteration der Gewebe ausgeschlossen bleiben.

Es sollen zuerst die durch Versuche erhaltenen Hauptresultate dargestellt werden, soweit sie sich auf das Rückenmark des Frosches beziehen.

Die Flüssigkeiten, welche auf ihre Imbibitionswirkung gegen das Rückenmark geprüft wurden, sind folgende:

- 1) Destillirtes Wasser,
- 2) 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Chlornatriumlösung,
- 3) 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Chlorkaliumlösung,
- 4) 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Phosphorsaueres Natron, (neutrales) schwach alkalisch reagirend,
- 5) 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Phosphorsaueres Natron, saures (schwach sauer reagirend),
- 6) 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Natronsalpeter,
- 7) 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Kalisalpeter.

Die Methode der Versuche bietet wenig Bemerkenswerthes.

Das mit grösster Schonung ausgeschnittene Rückenmark wurde von Flüssigkeit und sonstigem Anhang möglichst durch Abtupfen mit feinem ungeleimtem Papiere befreit und dann verschlossen in einem sorgfältigst tarirten Uhrglasapparat gewogen. Sodann in die Quellungsflüssigkeit gelegt. Nach dem Herausnehmen auf die erst angewendete Weise wieder vollkommen äusserlich getrocknet und im Uhrglasapparat nachgewogen. Diese Abtrocknung erheischt selbstverständlich vor allem grösste Genauigkeit, ebenso die Gewichtsbestimmung.

Es scheint zweckmässig die gewonnenen Resultate in Versuchsbeispielen in einer Gesammttabelle darzustellen.



Tabelle I.

Ueber die Quellung des lebenden Rückenmarkes vom Frosch  
in verschiedenen Flüssigkeiten.

Quellungsflüssigkeit und Versuchs-Nummer.	Quellungs- Zeit.	Rückenmarks- gewicht in Grammen.	Gewichtszunahme.	
			Absolut.	Procentisch.
Versuch 1. Destillirtes Wasser.	0'	0,0610	—	—
	10'	0,0705	0,0095	15,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	20'	0,0775	0,0165	27,0 „
	30'	0,0860	0,0250	40,9 „
	40'	0,0930	0,0320	52,4 „
	50'	0,0975	0,0360	60,0 „
	1 hor. —	0,0995	0,0385	63,1 „
Versuch 2. Destillirtes Wasser.	0'	0,0650	—	—
	10'	0,0722	0,0072	11,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	20'	0,0910	0,0260	40,0 „
	30'	0,0970	0,0320	50,0 „
	40'	0,1030	0,0380	58,0 „
	50'	0,1090	0,0440	67,7 „
	1 hor. —	0,1140	0,0490	75,4 „
Versuch 3. Destillirtes Wasser.	0'	0,0510	—	—
	1 hor. —	0,0755	0,0245	48,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	24 „ —	0,1486	0,0976	192,5 „
Versuch 4. Destillirtes Wasser.	0'	0,0684	—	—
	1 hor. —	0,0990	0,0305	44,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	24 „ —	0,1875	0,1291	174,1 „
Versuch 5. Chlornatrium- lösung 40/0*).	0'	0,0616	—	—
	1 hor. —	0,0600	— 0,0016	0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	8 „ —	0,0692	+ 0,0076	12,3 „
	21 „ —	0,0802	0,0186	30,2 „
	24 „ —	0,0828	0,0212	34,1 „
Versuch 6. Chlornatrium- lösung 40/0.	0'	0,0650	—	—
	1 hor. —	0,0641	— 0,0009	+ 0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	8 „ —	0,0707	+ 0,0057	8,9 „
	21 „ —	0,0797	0,0147	22,6 „
	24 „ —	0,0846	0,0196	30,1 „
Versuch 7. Chlorkalium- lösung 40/0.	0'	0,0710	—	—
	1 hor. —	0,0814	0,0104	14,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	8 „ —	0,1003	0,0293	41,2 „
	21 „ —	0,1304	0,0594	83,1 „
	24 „ —	0,1404	0,0694	97,7 „
Versuch 8. Chlorkalium- lösung 40/0.	0'	0,0682	—	—
	1 hor. —	0,0791	0,0109	15,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	8 „ —	0,0919	0,0237	36,2 „
	21 „ —	0,1246	0,0564	82,7 „
	24 „ —	0,1256	0,0574	84,0 „

\*) Weitere Versuche stehen in der folgenden Tabelle II.



Quellungsflüssigkeit und Versuchs-Nummer.	Quellungs- Zeit.	Rückenmarks- gewicht in Grammen.	Gewichtszunahme.	
			Absolut.	Procentisch.
Versuch 9. Chlorkalium- lösung 10/0.	0'	0,0865	—	—
	4 hor. —	0,1027	0,0462	18,9 <sup>0/0</sup>
	8 " —	0,1350	0,0485	56,1 "
	24 " —	0,1620	6,0755	89,6 "
	24 " —	0,1732	0,0767	100 "
Versuch 10. Phosphors. Na- tron, neutrales (al- kalisch reagirend) 10/0.	0'	0,0690	—	—
	4 hor. —	0,0871	0,0181	26,5 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,1028	0,0338	49,0 "
	24 " —	0,1057	0,0367	53,2 "
Versuch 11. Phosphors. Na- tron, neutrales (al- kalisch reagirend) 10/0.	0'	0,0496	—	—
	4 hor. —	0,0654	0,0158	31,19 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0781	0,0285	57,4 <sup>0/0</sup>
	24 " —	0,0853	0,0357	72,0 "
Versuch 12. Phosphors. Na- tron, saueres 10/0.	0'	0,0587	—	—
	4 hor. —	0,0653	0,0066	11,2 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0750	0,0163	27,7 "
	24 " —	0,0796	0,0209	35,6 "
Versuch 13. Phosphors. Na- tron, saueres 10/0.	0'	0,0560	—	—
	4 hor. —	0,0612	0,0052	9,3 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0685	0,0125	22,2 "
	24 " —	0,0759	0,0199	35,3 "
Versuch 14. Natronsalpeter*) 10/0.	0'	0,0594	—	—
	4 hor. —	0,0620	0,0026	4,3 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0671	0,0087	12,9 "
	[48 " —	0,0577	— 0,0017]	
Versuch 15. Natronsalpeter*) 10/0.	0'	0,0565	—	—
	4 hor. —	0,0580	0,0015	2,6 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0606	0,0041	7,2 "
	[48 " —	0,0530	— 0,0075]	
Versuch 16. Kalisalpeter 10/0.	0'	0,0620	—	—
	4 hor. —	0,0720	0,0100	14,8 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0978	0,0358	55,1 %!
	[48 " —	erweicht, sodass keine Gewichtsbestimmung möglich war.]		
Versuch 17. Kalisalpeter 10/0.	0'	0,0622	—	—
	4 hor. —	0,0755	0,0133	21,4 <sup>0/0</sup>
	7 " —	0,0946	0,0324	52,1 %!
	[48 " —	erweicht, sodass keine Gewichtsbestimmung möglich war.]		

Zur weiteren Erleichterung der Vergleichung der gewonnenen Resultate stellen wir noch folgende Mittelzahlen aus den angestellten Beobachtungen zusammen:

\*) Spectroscopisch nachgewiesene Spuren von Kali enthaltend.



Lösung:	Mittlere Quellungszunahme in	
	der ersten Stunde:	24 Stunden:
	‰	‰
10/0 Chlornatrium . . . . .	0	34,4
10/0 Natronsalpeter . . . . .	3,4	—
10/0 saueres phosphorsaueres Natron . . . . .	10,2	35,6
10/0 Chlorkalium . . . . .	16,4	93,9
10/0 Kalisalpeter . . . . .	18,1	—
10/0 neutrales (alkalisches) phosphors. Natron . . . . .	28,5	62,5
destillirtes Wasser . . . . .	57,8	183,8

Bei den Versuchen mit Natronsalpeter und Kalisalpeter wurde das Imbibitionsmaximum nicht bestimmt, doch sind die Differenzen in der Quellung hier mindestens so deutlich wie bei den geprüften Chlorkalium. Nach 7 hor. hatten die Rückenmarke zugenommen:

in Natronsalpeter um 10 ‰

in Kalisalpeter um 54 ‰.

Um einen Anhaltspunkt zu haben, wie weit wir die Quellung als innerhalb der Erregbarkeitsgrenzen der Nervensubstanz betrachten dürfen, waren in die gleichen Quellungsflüssigkeiten auch Nerv-Muskelpräparate desselben Thieres, dem das Rückenmark entnommen war, eingehängt, die von Zeit zu Zeit auf ihre Erregbarkeit geprüft wurden. Es zeigte sich, dass alle Nerven während der ersten Quellungsstunde erregbar blieben und in der Mehrzahl der Fälle ihre Erregbarkeit noch länger bewahrten. Nur im destillirten Wasser war oft in den letzten 10 Minuten die Nervenregbarkeit schon gegen 0 zu bedeutend gesunken und erlosch meist vor Ablauf der Stunde noch vollkommen.

Wir dürfen uns danach für berechtigt halten, anzunehmen, dass wir wenigstens in der ersten Imbibitionsstunde die Quellungsverhältnisse der lebenden Nervensubstanz untersuchten. Und sehr merkwürdig sind in dieser Beziehung die vorstehenden Resultate.

Es ist, wie schon oben erwähnt, der physiologischen Chemie seit lange aufgefallen, dass die Gewebe andere Aschenbestandtheile haben als die Flüssigkeiten die sie durchtränken. Am bekanntesten und besprochensten sind die Beobachtungen am Blute, welche lehren, dass die Blutkörperchen vorwiegend oder ausschliesslich Kalisalze, das Blutplasma dagegen Natronsalze enthalte. Ganz analog ist das Verhältniss aber auch zwischen Blutplasma, Muskeln und Nerven sowie Drüsen; überall überwiegen in den Organen die Kalisalze, in den Ernährungsflüssigkeiten dagegen die Natronsalze.

Bei den beständig von Flüssigkeit allseitig umspülten Blutkörperchen war dieses Verhältniss am schwierigsten zu deuten. Hier musste man doch voraussetzen, dass durch die Wirkung der Flüssigkeitsdiffusion eine baldige Ausgleichung der diffundirbaren Stoffe zwischen Körperchen und Serum eintreten müsste. Man konnte sich die Sache nur so deuten, dass die Kalisalze im Blutkörperchen, die Natronsalze im Plasma in irgend einer Weise festgebunden würden.

Es war das also eine unerklärliche Ausnahme von dem Gesetze der Flüssigkeitsdiffusion, das man überall im Körper freiwaltend anzunehmen gewöhnt



ist. Man konnte sich nur mit einiger Phantasie über dieses Verhalten hinweghelfen.

Die vorstehenden Versuche am Rückenmarke werfen ein bedeutsames Licht auf diese bisher unerklärlichen Verhältnisse.

Sie zeigen mit voller Bestimmtheit, dass zwischen den lebenden Geweben und der umgebenden Flüssigkeit, der Flüssigkeitsaustausch nicht nach den einfachen, an todtten Membranen gewonnenen Gesetzen der Imbibition erfolgt.

Wir untersuchten die Wirkung jener 4 Lösungen von ganz gleicher Concentration. Es lässt sich von vorne herein kein Grund angeben, warum sie sich gegen das Gewebe verschieden verhalten sollten und doch sehen wir die wesentlichsten Differenzen eintreten.

Am wichtigsten ist für die Beurtheilung die Differenz in der Quellung der Nervensubstanz im Natron- und im Kalisalze von gleicher Concentration.

Vom Natronsalze sahen wir in derselben Zeit noch Nichts aufgenommen, während vom Kalisalze schon 10,2 % in die Nervensubstanz getreten sind.

Es spricht das deutlich genug: die Aufnahme anorganischer Stoffe in den Nerven geht **nicht** nach den Gesetzen der Diffusion vor sich, es besteht ein grösseres **vitales** Aufnahmebestreben der Nervensubstanz für neutrale Kalisalze als für neutrale Natronsalze.

Die Vergleichung der Wirkung des vollkommen neutralen Chlornatriums mit der der beiden anderen geprüften, chemisch differenten Natronsalze: des alkalisch und des sauer reagirenden phosphorsauerer Natrons zeigt uns, dass diese Abschliessung des Nervengewebes gegen die Natronsalze nur so lange besteht, als diese keine chemisch alterirende Wirkung auf das Gewebe hervorzubringen vermögen; die saure und die alkalische Flüssigkeit sehen wir in die Nervenmasse eindringen, letztere in ziemlich viel bedeutenderem Grade als erstere.

Es scheint nach diesen Beobachtungen, als sei zum Eindringen in das Gewebe, oder in die Zelle eine chemische Veränderung, vielleicht der Zell-Wandungen, nothwendig. Ein Blick auf das Resultat der Kalisalzimbibition lehrt uns aber sogleich, dass auch chemisch ganz indifferente Körper in das lebende Gewebe einzudringen vermögen, dass also bei dem Einlassen der Flüssigkeiten rein chemische Veränderungen der Membranen, welche die Flüssigkeiten zu passiren haben, nicht nothwendig sind.

Im Widerspruch gegen diese Anschauung, dass das lebende Gewebe sich nicht nach den Gesetzen der Diffusion imbibirt, scheinen auf den ersten Blick die Resultate mit der Quellung in destillirtem Wasser zu stehen.

Hier sehen wir von den ersten Minuten an nach der Einbringung der Gewebe auch schon Flüssigkeit aufgenommen, in einer regelmässig ansteigenden Weise, ganz wie es den Diffusionsvorgängen an todtten quellungsfähigen Körpern entspricht.

Wir wissen aber aus früheren Versuchen, dass auch das Wasser eine **specifische**, giftige Wirkung auf das lebende Gewebe ausübt, die den Act



seiner Aufnahme in dasselbe, wie weiter unten direkt erhellt, auch zu einem vitalen stempelt.

Mit Absicht wird der Ausdruck: Vital an dieser Stelle gebraucht. Wir haben es hier wie bei den GERLACH'schen Versuchen wirklich mit einer activen Gegenwirkung des lebenden Gewebes gegen das Eindringen von Stoffen zu thun, ein Verhalten, das also mit vollstem Rechte die Bezeichnung vital verdient.

Ganz anders als das lebende Nervengewebe verhält sich das abgestorbene. Nach dem erfolgten Absterben sehen wir das Rückenmark in allen zur Imbibition dargebotenen Flüssigkeiten anquellen. Die lebendige Resistenz ist verschwunden und als Zeichen ihres ehemaligen Vorhandenseins sehen wir nur noch eine sehr bedeutende Verschiedenheit in den in 24 Stunden aufgenommenen Flüssigkeitsmengen bestehen.

Weitaus am meisten quillt das Rückenmark in destillirtem Wasser, es erreicht beinahe das Dreifache seines Anfangsgewichtes. Zunächst dem Wasser steht das Chlorkalium, in dem in 24 Stunden das Rückenmark auf das Doppelte seines Anfangsgewichtes anschwillt. Das saure phosphorsauere Natron und das Chlornatrium sind in ihren Wirkungen etwa gleich, die Rückenmarke nehmen etwa nur um ein Drittel des Anfangsgewichtes zu, im neutralen (etwa alkalisch reagirend) phosphorsauerem Natron sehen wir das Gewicht um zwei Drittel des Anfangsgewichtes wachsen.

Wenn wir die bisher gemachten Erfahrungen über die physiologische Wirkung der auf ihre Imbibition geprüften Flüssigkeiten auf das Nervenleben mit den letztgewonnenen Resultaten vergleichen, so können wir keinen Augenblick zweifelhaft sein, dass zwischen der Imbibition und der Wirkung auf die Erregbarkeit eine einfache Relation besteht:

Wir sehen nur solche Stoffe in den lebenden Nerven aufgenommen, welche seine Lebenseigenschaften rasch mehr weniger stark herabsetzen.

In Säuren, Alkalien, destillirtem Wasser und vor allem in neutralen Kalisalzen sehen wir das Nervenleben sehr rasch erlöschen, diese Stoffe sehen wir auch mehr weniger rasch in den Nerven eintreten.

In neutralen Natronsalzen hält sich das Nervenleben lange unverändert, ungeschwächt, wir sehen, so lange die Lebensenergie statthat, von diesen Stoffen Nichts aufgenommen. Der im vierten Capitel mitgetheilte Quellungsversuch des vertrockneten Nerven in 0,7 % Kochsalzlösung kann auch hier als schönste Illustration der Verhältnisse gelten.

Wie wichtig nach diesen Beobachtungen die chemische, alkalische oder saure Reaction der Flüssigkeiten wird, welche im lebenden Organismus in das Nervengewebe eindringen sollen, wie hohe Bedeutung der geringe Kaligehalt des Blutserums besitzt, um in den Nerven den Imbibitionsvorgang anzuregen, leuchtet sogleich ein.

In den bisherigen Versuchen wurde nur das Verhalten verschiedener Flüssigkeiten gegen das vollkommen normale Rückenmark frisch geschlachteter Thiere geprüft. Es ist nach dem Gesagten klar, dass sich auch nach den inneren Reactionsveränderungen der Nervensubstanz der Imbibitionsvorgang ändern



muss. Geht die Verminderung der Lebensenergie von Innen heraus, im Gewebe selbst vor sich, wie z. B. bei dem Tetanus, so muss, wenn eine Herabsetzung der Lebensenergie der Grund der Imbibition ist, nun Imbibition stattfinden, wenn auch die dargebotene Flüssigkeit an sich für das Nervengewebe ganz indifferent ist.

Die Versuche am tetanisirten, sauren Rückenmarke des Frosches ergeben das vorhergesagte Resultat deutlich, das schon durch die Veränderung des Wassergehaltes des Rückenmarks im tetanisirten Thiere sich auf das schlagendste gezeigt hat. Während lebende, geruhte Rückenmarke in 1% Kochsalzlösung in 4 hora 45 Minuten nicht nur nicht anquellen, sondern sogar etwas an Gewicht verlieren, sehen wir dagegen lebende, tetanisirte Rückenmarke in derselben Flüssigkeit an Gewicht zunehmen, quellen.

In folgender Tabelle stehen derartige Versuche zusammengestellt.

**Tabelle II.**

Verschiedene Quellung **geruhter** und **tetanisirter** Rückenmarke in 1% Kochsalzlösung.

Quellungsflüssigkeit und Versuchs-Nummer.	Quellungs-Zeit.	Rückenmarks- Gewicht in Grammen.	Gewichtszunahme.	
			Absolut.	Procentisch.
I. Versuche mit geruhten Rückenmarken.				
1. 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Chlornatrium- lösung.	Rückenmark frisch Nach 4 hor. 45 '	0,0824 0,0796	— — 0,0045	— — 2,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
2. 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Chlornatrium- lösung.	Rückenmark frisch Nach 4 hor. 45 '	0,0492 0,0469	— — 0,0023	— — 4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> *)
II. Versuche mit tetanisirten Rückenmarken.				
1. 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Chlornatrium- lösung.	Rückenmark frisch Nach 4 hor. 45 '	0,0607 0,0620	— + 0,0020	— + 2,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
2. 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Chlornatrium- lösung.	Rückenmark frisch Nach 4 hor. 45 '	0,0582 0,0597	— 0,0015	— + 2,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Der Versuch bestätigt unsere Vermuthung.

Es lassen sich nun die Resultate über Imbibition der lebenden Nervensubstanz in Flüssigkeiten von der etwaigen Concentration der Körpersäfte ganz allgemein so zusammenfassen:

**Imbibitionsgesetz der lebenden Nervensubstanz:** Die lebende Nervensubstanz nimmt durch Imbibition nur dann Stoffe in sich auf, wenn ihre Lebensenergie geschwächt ist.

\*) Vergleiche auch Tabelle I dieses Capitels über die Quellung in 1%-Chlornatriumlösung.



Es ist gleichgültig, ob diese Schwächung der Lebensenergie durch die zur Imbibition dargebotenen, von aussen andringenden Stoffe selbst erzeugt wird (Aufnahme von alkalischen und sauren Flüssigkeiten, von Lösungen von Kalisalzen oder destillirtem Wasser), oder ob innere, physiologische Zustände (z. B. Tetanus = saure Reaction der Nervensubstanz) die Lebensenergie alteriren.

Abgesehen von dem Einleiten der Imbibition der Nervensubstanz durch physiologische Reactionsveränderung derselben, lautet das Gesetz vereinfacht:

In die lebende Nervensubstanz dringen durch Imbibition nur Stoffe ein, welche die Energie des Nervenlebens herabsetzen resp. vernichten.

Das »Auswahlvermögen der Zelle« für verschiedene Stoffe reducirt sich also darauf, dass die Zelle vor allem nur ihre Gifte in sich eintreten lässt.

Wir müssen uns diesen Vorgang in der Weise veranschaulichen, dass durch die Erlahmung der Lebensenergie des Inhaltes der Nervenröhren die Poren ihrer Hüllmembranen erst geöffnet werden.

Sind die Gewebeporen einmal geöffnet, so dringen dann sicher auch indifferenten Stoffe ein, so lange, bis sich die normale Lebensstärke wieder hergestellt hat.

Ehe wir diese Fragen weiter betrachten, muss noch auf eine eigenthümliche Erscheinung bei der Imbibition der toten Nervensubstanz hingewiesen werden.

Bei längerem Liegen in der Quellungsflüssigkeit verliert die todtte Nervensubstanz wieder etwas an Gewicht.

Als Beispiel dafür können z. B. folgende Versuche dienen:

#### Quellung in 4% Natronsalpeter.

	frisch:	nach 7 Stunden:	nach 48 Stunden:
Rückenmark 1.	594 Ct. Grmm.	674 Ct. Grmm.	577 Ct. Grmm.
» 2.	565 »	606 »	530 »

Bei den Quellungsversuchen an der lebenden Muskelsubstanz zeigt sich dieses Verhalten regelmässig, die Rückenmarken werden dagegen bei längerem Liegen in der Quellungsflüssigkeit oft so weich, dass sie keine genauen Gewichtsbestimmungen mehr gestatten.

Dieses »Auspressen« von Flüssigkeit ist ein Phänomen, das der längere Zeit abgestorbenen Nervensubstanz wie dem Muskel im Allgemeinen zugehören scheint. Wenigstens zeigten sich bei Rückenmarken todtter Frösche bei der Imbibition gesetzlose Unregelmässigkeiten, wechselnde Gewichtsab- und -zunahmen, die freilich wenigstens zum Theil auch darauf geschoben werden müssen, dass die Rückenmarksubstanz seit 48 Stunden todtter Frösche schon sehr weich (faul) zu sein pflegt, so dass genaue Gewichtsbestimmungen sehr schwer oder kaum auszuführen sind.

Das im Vorstehenden formulirte Gesetz der Flüssigkeitsaufnahme und -abgabe der lebenden Nervensubstanz gewinnt dadurch noch an Bedeutung, dass



es zweifellos auch das Gesetz der Muskelimbibition, vielleicht das aller lebenden Gewebe ist.

Länger schon ist es besonders durch die Imbibitionen an lebenden Muskeln (Tetanus, S. 93—105) erwiesen, dass sich diese ebenso wie der Nerve gegen neutrale Natronsalze vor allem Kochsalz von 0,7—1% verhalten.

Mehrere Tage lang (151 Stunden beobachtet) erhalten sich die Lebens-eigenschaften grösserer Froschmuskeln in 0,7% Kochsalzlösung.

Es zeigte sich wie am Nerven, dass der geruhte Muskel in dieser Lösung sein Gewicht nicht wesentlich verändert. S. 101 a. a. O. finden sich zwei Beispiele citirt, in denen nach 151 Stunden Liegen in 0,7% Kochsalzlösung die noch lebenden Muskeln (Gastrocnemien) um 3,5—8,5% an Gewicht abgenommen hatten.

Dagegen zeigten die ausgeschnittenen und tetanisirten Muskeln wie die tetanisirten Nerven deutliche und rasche Quellungen in dieser sonst ganz indifferenten Lösung.

Es stehen Reihen von Versuchen zu Gebote, welche das rasche Absterben und Quellen der Muskeln in Kalisalzlösungen und destillirtem Wasser auf das deutlichste zeigen und zugleich die damit verbundene starke Quellung.

Während in neutralen Natronsalzen die Muskelimbibition für lebensstarke Muskeln nur in geringem Maasse oder gar nicht stattfindet, tritt sie (wie bei dem Nerven) in schwach-sauerem, schwach-alkalischen oder sehr wenig concentrirten Flüssigkeiten sogleich ein, destillirtes Wasser ist ebenso ein heftiges Muskel- wie Nervengift.

Die Verhältnisse am Muskel sind also mit denen am Nerven in Beziehung auf die Imbibition ganz identisch, das Gesetz der Nervenimbibition ist zugleich das Gesetz der Muskelimbibition.

Bei dem (tetanisirten) Muskel ist sogar nachgewiesen, dass, sowie die Lebensenergie des Gewebes sich wieder zu heben beginnt, die Imbibitionsaufnahme sistirt, und dass der wieder erstarkte Muskel die überschüssig aufgenommene Flüssigkeitsmenge activ wieder aus sich herauspresst (Tetanus, S. 100), ein schlagender Beweis für die oben gegebene Anschauung.

In folgender Tabelle finden sich für die Muskelimbibition einige Beispiele zusammengestellt, zur Erläuterung des Gesagten \*).

In Beziehung auf die Ergebnisse der Vergleichung in der Imbibitionsgrösse lebender und todter, tetanisirter und geruhter Muskeln; über den Einfluss der im Muskel entstehenden oder vorhandenen leicht diffundirenden Zersetzungsprodukte der Muskelsubstanz; über die Wirkung ihrer absoluten Menge auf das Quellungsmaximum; über den Nachweis, dass bei der Quellung = Wasseraufnahme feste Stoffe aus dem lebenden sowie todten Gewebe austreten etc. etc. muss auf die schon oft erwähnte Arbeit: Tetanus, besonders Capitel 2 und 3 hingewiesen werden.

\*) Die mit \* bezeichneten Versuche sind Citate aus Tetanus S. 97 f.



Tabelle III.

## Einige Versuche zur Muskelquellung.

Versuchs-Nummer.	Quellungs-Zeit.	Muskelgewicht in Grammen.	Gewichtszunahme.	
			Absolut.	Procentisch.
I. Versuche mit 0,7 % Chlornatriumlösung.				
Versuch 1.* (Gastrocnemius).	0 2 hor.	0,8570 0,8610	— 0,0040	— 0,3 %
Versuch 2.* (Gastr.)	0 2 hor.	0,8860 0,8912	— 0,0052	— 0,5 %
Versuch 3.* (Gastr.)	0 27 hor.	0,9302 0,9990	— 0,0588	— 7,3 %
Versuch 4.* (Gastr.)	0 27 hor.	0,8010 0,8665	— 0,0655	— 8,1 %
II. Versuch mit 1 % Chlorkaliumlösung.				
Versuch 5. (Sartorius) *).	0 1 hor. 5 „ 48 „	0,1297 0,1685 0,2992 0,1716	— 0,0388 0,1695 0,0419	— 30 % <b>136 %!</b>
III. Versuche mit 1 % Natronsalpeter.				
Versuch 6. (Sartorius).	0 1 hor. 5 „ 48 „	0,1329 0,1575 0,1365 0,1135	— 0,0146 0,0036 — 0,0194	— 18 % <b>2 „</b>
Versuch 7. (Sartorius).	0 1 hor. 5 „ 48 „	0,1057 0,1290 0,1316 0,1069	— 0,0233 0,0259 — 0,0042	— 22 % <b>24 „</b>
IV. Versuche mit 1 % Kalisalpeter.				
Versuch 8. (Sartorius).	0 1 hor. 5 „ 48 „	0,1388 0,2175 0,2938 0,1343	— 0,0787 0,1550 — 0,0045	— 57 % <b>112 %!</b>
Versuch 9. (Sartorius).	0 2 hor. 5 „ 48 „	0,1004 0,1590 0,2205 0,1102	— 0,0586 0,1201 + 0,0098	— 58 % <b>118 %!</b>
V. Versuch mit 1 % schwach-alkalischem phosphorsauerem Natron.				
Versuch 10. (Sartorius).	0 (der Muskel zuckt sehr stark . . . . 1 hor. (todt) . . . . 6 hor. (stark con- trahirt) . . . . .	0,1063 0,1977 0,1516	— 0,0914 0,0453	— <b>86 %</b>

\*) In allen Versuchen am Sartorius war der Muskel schon vor Ablauf der ersten Stunde in der Quellungsflüssigkeit abgestorben. Daher rühren die höheren Quellungszahlen für die Natronsalze.



Versuchs-Nummer.	Quellungs-Zeit.	Muskelgewicht in Grammen.	Gewichtszunahme.	
			Absolut.	Procentisch.
Fortsetzung des Versuchs 10.	24 hor. (contrahirt)	0,4456	0,0093	
	28 „ „	0,4239	0,0175	
	96 „ (wieder schlaff, faul) . . .	0,4456	0,0393	*

#### VI. Versuch mit sauerem 1% phosphorsauerem Natron.

Versuch 11. (Sartorius).	0 (der Muskel zuckt sehr stark) . . . .	0,4088	—	—
	4 hor. (fast todt) . .	0,4388	0,0300	27,5%
	6 „ (contrahirt, todt) . . . . .	0,4292	0,0204	
	24 hor. (contrahirt)	0,0922	— 0,0166	
	48 „ „	0,0944	— 0,0177	
	96 „ (contrahirt, nicht faul) . . . .	0,0842	— 0,0246	

#### VII. Versuche mit destillirtem Wasser.

Versuch 12. * (Gastr.)	0	0,9896	—	—
	10 Minuten	1,0978	0,4082	44%
Versuch 13. * (Gastr.)	0	0,8497	—	—
	10 Minuten	0,9674	0,4487	44%

Nach älteren Versuchen schwankt das Quellungsmaximum der todtten Muskeln in 0,7—1% Kochsalzlösung zwischen:

26,4% und 35,2%

für Chlorkalium haben wir dagegen gefunden:

436% Quellungsmaximum!

Während das Quellungsmaximum für Natronsalpeter im Mittel beträgt:

20%

so steigt das Quellungsmaximum für Kalisalpeter im Mittel auf:

445%!

Die Werthe für die Quellung der lebenden Muskelsubstanz sind denen am Nerven gefundenen ebenfalls im Allgemeinen vollkommen analog; ebenso das Verhalten des Muskels gegen die alkalischen und sauren Lösungen der Natronsalze.

Doch ist es sehr auffällig, wie rasch sich im Verhältnisse zum weit dünneren Nerven der Sartorius imbibirt, und wie rasch er den schädlichen Einflüssen der Lösungen unterliegt. Es wurde schon S. 72 darauf hingewiesen, dass das die Ursache ist, warum der Muskel so sehr viel stärker und rascher die Wirkungen der Einspritzung von Lösungen in das Gefäßsystem zeigt und ihnen unterliegt, während der weit resistenter Nerve noch gar nicht oder nur äusserst schwach sich durch dieselben Bedingungen alterirt zeigt.

Die Muskeln sterben in der sauren und alkalischen 1% Lösung von phosphorsauerem Natron in einer Stunde ab (siehe Tabelle), während in derselben alkalischen Lösung der Nerve erst nach 6 Stunden, in der sauren erst nach 23—24 Stunden abstarb.

Bemerkenswerth ist auch noch die Contraction des todtten Muskels



(Auspressen von Flüssigkeit), die in allen geprüften Flüssigkeiten auftrat, die sich erst bei der Fäulniss wieder löste (Wiederanquellen).

Dass auch die lebenden Muskeln bei Hebung ihrer Lebenskraft Wasser »auspressen« ist schon angegeben. Es sind das sicher zwei ganz verschiedene Vorgänge.

Im Anhang zu diesem Capitel wird noch das Verhalten der Darm- und Magenschleimhaut gegen verschiedene Flüssigkeiten dargestellt werden. Es werden sich dort ebenfalls analoge Verhältnisse wie bei Nerv und Muskel zeigen.

Zum Schlusse wollen wir hier noch einmal direkt darauf aufmerksam machen, dass im lebenden, thierischen Organismus mehr weniger immer die Verhältnisse gegeben sind, welche die Gewebe zur Stoffaufnahme und Stoffabgabe bedürfen.

Schon oben wurde auf die alkalische Reaction der Gewebsflüssigkeiten und auf den (geringen) Kaligehalt derselben aufmerksam gemacht. Dazu kommt sicher noch im konkreten Falle die fort und fort durch die Organthätigkeit eintretende Aenderung der chemischen Zusammensetzung der Organe, und die dadurch hervorgerufene Herabsetzung ihrer Lebensenergie. So erklärt es sich, dass ein Gewebe nachdem es gearbeitet einen stärkeren Ernährungsstrom erhält als vorher, dass thätige Organe an Masse zunehmen.

So verstehen wir, wie nach der (starken) Nahrungsaufnahme eine Ermüdung der Muskeln und Nerven eintreten muss. Die dem Blute und von ihm aus den Organen mit einemmal zugeführten ermüdenden Stoffe (besonders Kalisalze) aus der Nahrung, versetzen die Muskeln und Nerven von aussen her in den Zustand der Ermüdung, aber nun finden die Ernährungsstoffe einen leicht geöffneten Weg, um in die Gewebe einzudringen. Man könnte den Satz aussprechen: dass (vor allem) nur ermüdete Gewebe ernährt werden. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass dieselben Momente, welche in gesteigertem Maasse während der Ermüdung den Säftestrom in die Gewebe leiten, theilweise auch während der Ruhe aber freilich in geringerer Stärke thätig sind.

Nach den eben gegebenen Darstellungen tritt die eigentliche (anorganische) Imbibition, gegründet auf die allgemeinen Gesetze der Hydrodiffusion, im lebenden Gewebe vielleicht niemals rein auf. Der Vorgang der Stoffaufnahme und Stoffabgabe der lebenden Gewebe ist ein activer, im letzten Grunde auf den Lebenseigenschaften der Gewebe beruhend.

Bei der Muskelzelle (dem Muskelschläuche), sowie bei allen Zellen, denen eine vitale Contractilität zukommt, kann man sich schematisch den Porenverschluss, der während des ungestörten Lebens die Diffusion hindert, etwa so veranschaulichen, dass man ein beständiges Contractionsbestreben, eine beständige leichte Contraction (Tonus) der Zell-Inhaltmassen annimmt. Da diese mit den Zellmembranen untrennbar vereinigt sind, so muss die innere Wand der elastischen Membran eine gewisse Zusammenziehung, eine Contraction erleiden. Nehmen wir nun Poren an, welche die Membranen z. B. röhrenförmig senkrecht durchsetzen, so müssen diese durch den von Innen auf die Wand ausgeübten Zug trichterförmig gestaltet resp. nach innen verschlossen werden. Wird nun die Lebensenergie der Zelle gelähmt, so hört dieser Zug auf



die Innenwand der Membranen mehr weniger auf, die Poren öffnen sich und Flüssigkeiten können in die Zelle eintreten. Diese Eröffnung wird so lange anhalten, bis die Poren in der durch gesteigerten Druck der immer mehr anwachsenden Zellinhaltsmasse von innen her gespannten Membran in umgekehrter Richtung geschlossen werden. Es würde sich daraus ergeben, dass das Imbibitionsmaximum einer Zelle verschieden sein könnte für verschiedene Stoffe, je nachdem die Elasticität der Zellwand durch diese Stoffe beeinträchtigt wird. Dass die Elasticität der Gewebsmembranen durch verschiedene Stoffe in verschiedener Weise alterirt werden kann, geht aus anderweitigen Versuchen hervor; es ergibt diese Hypothese für die verschiedenen Imbibitionsmaxima in verschiedenen Flüssigkeiten wenigstens einen plausiblen Anhaltspunkt für unsere Gedanken, und es ist bisher, soviel uns bekannt, noch keine oder wenigstens noch keine wahrscheinlichere Erklärungshypothese dafür aufgestellt worden.

Die im Vorstehenden entwickelte Anschauung über den Stoffverkehr der lebenden Gewebe vereinigt sich vollkommen mit den Beobachtungen GERLACH'S über die Farbstoffaufnahme der Gewebe. Er zeigte, wie wir wissen, mit aller Bestimmtheit, dass sich lebende Gewebe in schwachen (nicht giftig wirkenden) Carmin-Farbstofflösungen nicht imbibiren, dass lebende Organismen darin sogar ganz ungestört leben können. Erst wenn die Gewebe abgestorben, beginnt die Färbung.

Wir haben hier also genau die gleiche vitale Reaction der lebenden Gewebe gegen unschädliche Stoffe, wie wir sie vorhin erkannt haben.

In den Untersuchungen der letzten Capitel wird sich ergeben, wie hinderlich sich diese Lebenseigenschaft der Erforschung der Stoffvorgänge in der Zelle entgegensetzt. Diese vitale Resistenz der Gewebe, welche GERLACH entdeckte, wurde von dem Einen von uns gegen wenig-differente Farbstofflösungen in der mannigfachsten Weise erprobt. Alle Versuche lehrten, dass wirklich die lebensstarke Zelle keine indifferenten Stoffe in sich hereintreten lässt. Gerade die Unmöglichkeit der Färbung beweist das mit aller Sicherheit, da jedes Minimum eines aufgenommenen Farbstoffpartikelchens hier sich hätte müssen erkennen lassen. Die bekannte Giftigkeit des Anilins ist der Grund, warum seine Lösungen sogleich (frei) in die lebenden Gewebe eintreten.

## A n h a n g.

Filtrationsversuche mit lebenden und todten Schleimhäuten, mit Rücksicht auf den Choleraprocess und die Verdauung.

Vom Verfasser und J. Halenke, st. med.

### §. 1. Resultate.

Ganz entsprechende Resultate wie die Quellungsversuche mit Nerv und Muskel ergeben auch die Filtrationsversuche mit lebenden und abgestorbenen Schleimhäuten.

Die Filtration durch Membranen beruht selbstverständlich in ihrem letzten



Grunde ebenfalls auf Imbibition. Wenn die Häute die zur Filtration dargebotenen Flüssigkeiten nicht in sich eindringen lassen, wenn sie sich in ihnen, mit anderen Worten, nicht imbibiren, so wird auch ein Durchtritt unmöglich sein.

Die Filtration unterscheidet sich also von der Imbibition im Grunde nur dadurch, dass die Flüssigkeiten noch mit einem gewissen Gewichte auf den Häuten lasten, welche sie passiren sollen, dass also das Eindringen in dieselben durch die Mitwirkung der Schwere noch entsprechend begünstigt wird.

Die Filtrationsversuche versprechen uns also Aufschlüsse ebenso wohl über die physiologischen Stoffaufnahmenvorgänge im Verdauungskanale, die ja auch vermöge der Darmrohrcontraction unter einem positiven Filtrationsdrucke stattfinden, als auch über den Grund der Flüssigkeitsausscheidungen in den Darm. Sie wurden begonnen mit der Absicht, eine Anschauung zu gewinnen vornehmlich über die Flüssigkeitsausscheidungen in den Darm bei Cholera. Sie ergeben aber im Zusammenhalt mit den Ergebnissen des letztvorstehenden Capitels allgemeine physiologische Gesichtspunkte.

Die Resultate, welche die Versuche ergaben, sind kurz folgende:

1. Das lebende Epithel der Verdauungsschleimhäute (Darm- und Magenschleimhaut) gestattet physiologisch-indifferenten Flüssigkeiten die Filtration nicht: 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Chlornatriumlösung, Brunnenwasser, 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> neutrale Kalisalze scheinen gegen die Darmepithelien ganz indifferent.

2. Dagegen filtriren durch die frischen Epithelien: schwach saure und schwach alkalische Flüssigkeiten sowie destillirtes Wasser (1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> saures schwefelsaures Natron, 1<sup>0</sup>/<sub>0</sub> einfach-kohlensaures Natron, 1 pro mille Salzsäure).

3. Starke Säuren (1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) filtriren nicht durch frische oder tode Schleimhäute.

4. Die Filtration findet dagegen bei lebenden Membranen und indifferenten Flüssigkeiten statt: a) wenn die Epithellage von der Schleimhaut abgeschabt ist, b) wenn sich Läsionen der Schleimhaut gebildet haben.

Diese Versuche beweisen, dass es allein auf die Anwesenheit oder Abwesenheit der lebenden Epithelzellen ankommt, wenn eine Membran indifferente Lösungen filtrirt oder nicht filtrirt.

5. Die längere Zeit toten Membranen resp. die toten Epithelien filtriren mit grosser Leichtigkeit.

Es ergeben demnach diese Versuche mit aller Bestimmtheit für unsere allgemeinen Anschauungen:

**1. Der Vorgang der Stoff = Flüssigkeitsaufnahme im Darm findet nicht, wie bisher allgemein angenommen wurde, einfach nach den Gesetzen der Endosmose statt.** Es besteht eine vitale Resistenz der Epithelien gegen das Eindringen physiologisch-indifferenten Stoffe, bei unverletztem Epithel passiren nur solche Flüssigkeiten die Darmschleimhaut, welche eine physiologisch verändernde Wirkung auf dieselbe ausüben. Dieselben Stoffe, welche Nerv und Muskel rasch abtödteten: destillirtes Wasser, schwache Säuren, Alkalien dringen wie in die genannten Organe so auch in die Darmschleimhaut ein resp. durch sie hindurch.



Auffallender Weise scheint die Darmschleimhaut gegen (1%) neutrale Kalisalze unempfindlich.

Es leuchtet auf den ersten Blick ein, dass die schwach saure Reaction des Mageninhaltes und die alkalische Reaction des Darminhaltes sonach in wesentlichster Weise sich an der Stoffaufnahme in den lebenden Darm betheiligen. Es passiren die Nahrungsstoffe also vor allem dieser Reaction wegen die Darmschleimhaut.

So wie die saure Reaction der Filtrationsflüssigkeit etwas stärker anwächst, sehen wir die Filtration nicht mehr stattfinden, ganz analog der alten Erfahrung der Aerzte, dass zu starke Säureanhäufung im Magen die Stoffaufnahme aus demselben unterdrückt.

II. In Beziehung auf die Flüssigkeitsabgabe in den Darm beweisen die Versuche die ältere Vermuthung der Aerzte, dass der **Mangel oder der Tod der Epithelien der Darmschleimhäute**, wie z. B. in der Cholera, als hauptsächlichstes ursächliches Moment für die Flüssigkeitsabgabe anzusehen sei.

### §. 2. Versuche.

Nach der Darstellung der Hauptresultate soll nur noch in Kürze eine Anzahl von Versuchsbeispielen zum Beweise der angegebenen Resultate folgen.

Die Versuchsmethode war folgende:

In den ersten Versuchen wurde die Schleimhaut nur auf  $4\frac{1}{2}$  Fuss lange Trichterröhren von Glas mit möglichster Schonung aufgebunden.

Das Einschneiden des Fadens, vor allem aber die starke Ausbuchtung der Membran und damit die verschiedene Grösse der Filtrationsfläche veranlassen die Verwendung eigens zu diesem Zwecke angefertigter Filtrirapparate.

Die Filtrirapparate bestehen aus festen Glasröhren von 2 Fuss Länge, die an ihrem einen Ende offen, an dem anderen mit Messinghähnen von folgender Construction verschliessbar sind.

An jede der Röhren ist eine Schraubenmutter angekittet, die im Messing eine unter der Glasröhrenöffnung befindliche kreisrunde Oeffnung besitzt von 1 CM. Durchmesser. Auf diese Oeffnung wurde das Membranstückchen gehörig zugeschnitten aufgelegt. Um es zu befestigen wurde nun ein Messingring auf die Membran gelegt, ebenfalls mit einer Oeffnung von 1 CM. Durch zwei vorspringende Ansätze, welche in Ausschnitte des Schraubenmutterrandes einpassten, wurde der Ring unbeweglich erhalten und schützte so ruhig liegend die Membran vor allen Bewegungen, während in die Mutter das ebenfalls central mit einer 1 CM. weiten Oeffnung versehene Verschlussstück fest aufgeschraubt wurde.

Die Membran wurde so möglichst wenig alterirt, die Filtrationsfläche war stets möglichst gleich, ebenso der Filtrationsdruck. Eine geringe Ausbuchtung der Membran trat dabei jedoch stets ein.

Die Röhren wurden in Stative aufgestellt und nun mit der Filtrationsflüssigkeit möglichst vorsichtig angefüllt. Unter den Röhren stand je ein Glas, um die filtrirte Flüssigkeit aufzufangen. Ein feuchter Papierpfropf oben auf die



Röhre gelegt sollte die Verdunstung möglichst hindern. Es wurde jedoch darauf schliesslich nur noch wenig Werth gelegt, da sich sehr bald ergab, dass die Versuche für quantitativ vergleichbare Werthe viel zu grosse Schwankungen in der Filtrationsgrösse nach der Hautdicke und anderen unbekannten Ursachen ergaben. So konnten sie also vor allem nur eine Vergleichung geben, ob eine Flüssigkeit überhaupt filtrirte oder nicht. Das war der Grund, warum später von der Rücksicht auf die Verdunstung ganz abgesehen wurde.

Die Membranen wurden, um den Einfluss der Epithelien zu prüfen, einmal mit der Epithellage nach Innen, sodass die Flüssigkeitsschichten auf der Epithellage lastete, »aufgebunden«, das andere Mal mit der Epithellage nach aussen.

Es zeigte sich nun, dass die Schleimhäute bei der letztgenannten Aufbin-  
dungsweise stets und alle Flüssigkeiten filtrirten.

Der Grund dafür ergab sich sogleich. Betrachtet man eine solche Schleimhautfläche, nachdem die Flüssigkeitsschicht aufgelagert ist, von aussen, so sieht man bald an vereinzeltten Punkten kleine Tröpfchen hervortreten, die allmählig an Grösse zunehmen. Die übrigen Schleimhautstellen sind dann noch ganz unbefeuchtet. Nach und nach fliessen die Tropfen zusammen und befeuchten die ganze Membran, schliesslich fällt ein Tropfen nach dem anderen ab.

Der Augenschein ergibt also mit Sicherheit, dass das Durchtreten der Flüssigkeit nur an einzelnen Stellen eintritt, wo das Epithel offenbar verletzt ist. Diese Verletzung rührt hauptsächlich von der Ausbuchtung der Membran her, welche durch den Filtrationsdruck erfolgt. Die nach aussen gelegene Epithellage, wird bei der wachsenden kugeligen Ausbuchtung immer mehr gespannt werden und endlich an einzelnen Stellen einreissen, sich spalten, so dass dann auch an primär ganz unversehrten Membranen Verletzungen eintreten.

Gerade umgekehrt ist das Verhältniss bei der Schleimhautoberflächenlage nach Innen. Hier werden durch den Filtrationsdruck die einzelnen Epithelien nicht auseinander gezerrt, sondern, wie eine einfache Ueberlegung lehrt, zusammengepresst. Der Erfolg muss der sein, dass auch etwaige kleine Läsionen der Epithellage dadurch verschlossen werden. In keinem der angestellten Versuche konnte daher eine Filtration indifferenten Lösungen durch die lebende Epithelmembran in dieser Richtung beobachtet werden.

## Versuchsbeispiele.

### I. Reihe.

#### I. Die lebende Membran und 1% Kochsalzlösung.

##### Versuch 4.

Frischer, warmer Schweinemagen. Schleimhaut rasch abpräparirt.

Nach 5 Stunden:

- a) Rothes Schleimhautstück, Schleimhautoberfläche innen: die Haut äusserlich ganz trocken, filtrirt nicht.
- b) Rothes Schleimhautstück, Schleimhautoberfläche aussen: die Flüssigkeit in



der Röhre ist um 1,9 CM. gefallen, Schleimhaut aussen nass, tropft hie und da. Anfänglich, etwa nach 1 hor., bildeten sich zuerst an einzelnen Stellen an der Haut kleine Tröpfchen, die Haut hatte dort kleine Läsionen, aus denen die Flüssigkeit hervorkam.

Nach 28 Stunden:

a) Die Schleimhautoberfläche innen: Haut aussen ganz trocken. Nichts filtrirt.

b) Schleimhautoberfläche aussen: die Haut aussen nass; filtrirt, gesunken um 5,5 CM.

### Versuch 2.

Derselbe frische, warme Schweinemagen. Schleimhaut rasch abpräparirt (= lebende Magenschleimhaut). Weisses Schleimhautstück verwendet.

Nach 5 Stunden:

a) Die Schleimhautoberfläche innen: die Haut aussen ganz trocken, die Haut filtrirt nicht.

b) Die Schleimhautoberfläche aussen: die Hautoberfläche ist nass, tropft von Zeit zu Zeit, Flüssigkeitssäule gesunken um 1,7 CM.

Nach 28 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: die Haut ist aussen trocken, filtrirt nicht.

b) Schleimhautoberfläche aussen: die Haut ist feucht, tropft, filtrirt, gesunken um 7,8 CM.

Die beiden Versuche lehren, dass 1% Kochsalzlösung durch die lebenden Epithelien nicht zu dringen vermag, obwohl sie die übrige Membran selbst leicht durchdringt.

Auch nach längerer Zeit (in manchen Versuchen nach mehreren Tagen) werden die lebend aufgebundenen Epithelien nicht durchgängig.

## II. Destillirtes Wasser und die lebende Membran.

### Versuch 3.

Dieselbe lebende Schleimhaut wie in beiden vorstehenden Versuchen.

Nach 5 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: die Haut ist aussen feucht, filtrirt, aber schwach, die Wassersäule gefallen um 0,5 CM.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, tropft rasch, gefallen um 6,4 CM.

Nach 28 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: Haut aussen nass, tropft, filtrirt, gesunken um 2 CM.

b) Schleimhautoberfläche aussen: Haut nass, filtrirt, tropft, gesunken um 20 CM.

## III. Dieselbe Haut durch leichtes Schaben vom Epithel befreit. 1% Kochsalzlösung.

### Versuch 4.

Nach 5 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: die Haut filtrirt noch nicht.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, gesunken um 6,4 CM.



Nach 28 Stunden:

- a) Schleimhautoberfläche innen: die Haut ist nass, ein Tropfen hängt daran, sie filtriert also etwas, gesunken um 3,2 CM.  
 b) Schleimhautoberfläche aussen: filtriert stark, gesunken um 18 CM.

#### IV. Dieselbe Haut 33 Stunden tot. Mit 10/0 Kochsalzlösung.

Versuche 5 und 6.

Nach 4 Stunden:

Vier Röhren mit 10/0 Chlornatriumlösung, sie filtrieren alle, alle vier haben aussen Tropfen.

1. a u. b) Schleimhautoberfläche innen: die Feuchtigkeitssäule gefallen um 0,8 und 1,4 CM.

2. c u. d) Schleimhautoberfläche aussen: Feuchtigkeitssäule gefallen um 3,8 und 2,5 CM.

Das Filtrieren geht also bei der toten Haut viel rascher als bei der lebenden in beiden Richtungen, immerhin geht es nach der einen Richtung auch jetzt noch langsamer als nach der anderen.

Nach 23 Stunden:

Alle 4 filtrieren, alle tropfen. Die Wassersäule ist gefallen in

a) Schleimhautoberfläche innen um 3,0 CM.

b) » » » » 5,0 »

c) » » aussen » 16,7 »

d) » » » » 12,3 »

Nach 66 Stunden:

Alle 4 filtrieren, tropfen. Wassersäule gefallen in

a) Schleimhautoberfläche innen um 6,2 CM.

b) » » » » 25,0 »

c) » » aussen » 10,5 »

d) » » » » 22,2 »

#### V. Dieselbe Schleimhaut 3 Tage tot, feucht, kalt gelegen, nicht faul, mit 10/0 Kochsalzlösung.

Versuche 7, 8 und 9.

Drei (a, b, c) Schleimhäute die Oberfläche aussen.

Drei (d, e, f) Schleimhäute die Oberfläche innen.

Alle 6 filtrieren gleichstark, tropfen, der Schleim und die Epithelien hindern also nicht mehr nach dem Erlöschen des Lebens.

Nach 24 Stunden:

1. Schleimhautoberfläche aussen:

a) gefallen um . . . 6,3 CM.

b) » » . . . 7,7 »

c) » » . . . 5,0 »

im Mittel um . . . 6,0 CM.

2. Schleimhautoberfläche innen:

d) gefallen um . . . 4,0 CM.

e) » » . . . 4,5 »

f) » » . . . 8,0 »

im Mittel um . . . 5,3 CM.



Die hier mitgetheilten 9 Beispiele aus grossen Versuchs-Reihen beleuchten das einleitend Gesagte deutlich.

Die ersten beiden Versuche zeigten die Resistenz der lebenden = frischen Epithelien gegen das Durchdringen der physiologisch unwirksamen Lösungen = 1% Kochsalzlösung, während sie gleichzeitig lehren, dass der Schleimhaut an sich, abgesehen von dem Epithel, eine derartige Resistenz nicht zukommt.

Der Versuch 2 zeigt, dass destillirtes Wasser, wenn auch in geringer Menge doch in die lebensfrischen Epithelien ein und durch sie hindurch zu dringen vermag. Es deutet das darauf hin, dass die Epithelzellen ebensowenig wie Nerve und Muskel dem tödtenden Einflusse des destillirten Wassers widerstehen können, es verhält sich die frische Membran dem destillirten Wasser gegenüber ebenso wie die todte Membran, die todten Epithelien gegenüber indifferenten Lösungen.

Versuch 4 zeigt wie der frischen Haut durch Abschaben der Epithelien die Filtrationsfähigkeit ertheilt werden kann. So wie die Epithellage entfernt ist, lässt die Membran auch indifferente Stoffe durch sich dringen. Wie schon oben angedeutet erscheint diese Beobachtung für die Erklärung der serösen Ergüsse in den Darm z. B. bei Cholera sehr wichtig. In dem Mangel oder dem Tode des Epithels liegt der Grund, warum die Darmschleimhaut die sie durchtränkenden Flüssigkeiten aus Blut und Lymphe stammend nicht mehr in sich zurückzubalten vermag. Ein grosser Theil der Flüssigkeiten gelangt auf die freie Oberfläche des Darmlumens und wird von da aus aus dem Körper entfernt.

Es wirft diese Beobachtung über die physiologische Bedeutung des Darmepithels ein Licht auch auf den Nutzen der Epithelien für die anderen Organe, die solche besitzen.

Wir haben in den Epithelien (und der Epidermis) der freien Oberflächen vor allem Verschlussorgane, Ventile vor uns, welche das Aussickern der in dem Innern der Organe befindlichen Flüssigkeiten entweder absolut oder zum grössten Theile hindert. Sowie diese Zellenlage entfernt oder in ihren Lebenseigenschaften sehr alterirt, getödtet ist, so sehen wir seröse Ergüsse auf die freie Oberfläche erfolgen, z. B. die Brandblasenflüssigkeit, die Wundsekrete, die serösen Darmentleerungen, die serösen Nierenausscheidungen (Eiweissharnen), mehr als wahrscheinlich auch die übrigen serösen Ergüsse in die Körperhöhlen.

Die Versuche 5—9 beweisen, dass das Absterben die lebendige Resistenz der Epithelien gegen indifferente Flüssigkeiten (nach 3 Tagen) vollkommen vernichtet. Es zeigt sich, dass eine vollkommene Vernichtung erst ziemlich spät eintritt, noch nach 33 Stunden sehen wir eine Andeutung derselben bestehen, die Epithelien hindern immer noch zum Theil den Flüssigkeitsdurchtritt.



## Versuchsbeispiele.

## II. Reihe.

## I. Die lebensfrische Schleimhaut vom Kalbsdarm mit 10% Kochsalzlösung.

## Versuch 10.

Nach 5 Stunden:

- a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt nicht, aussen trocken.
- b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, tropft, gefallen um 18 CM.

Nach 23 Stunden:

- a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt nicht, aussen trocken.
- b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt stark, gefallen um 26 CM.

## II. Dieselbe lebensfrische Membran und 10% Chlorkaliumlösung.

## Versuch 11 und 12.

Nach 5 Stunden:

Schleimhautoberfläche innen:

- a) filtrirt nicht, aussen trocken,
- b) „ „ „ „

Schleimhautoberfläche aussen:

- c) filtrirt, tropft, gefallen um 4,6 CM.
- d) „ „ „ „ 9,7 „

Nach 23 Stunden:

Schleimhautoberfläche innen:

- a) filtrirt nicht, aussen trocken,
- b) „ „ „ „

Schleimhautoberfläche aussen:

- c) filtrirt, tropft, gefallen um 14 CM.
- d) „ „ „ „ 21 „

Die Versuche 10 — 12 zeigen, dass sich Chlorkalium von 10% gegen die Darmschleimhaut nicht anders verhält als 10% Kochsalzlösung.

Derartiger Versuche steht eine grössere Anzahl zu Gebote, da das Resultat ganz unerwartet kam, bei der starken Einwirkung, welche die Kalisalze auf die Imbibition des Muskeln und Nerven ausüben. Es ist bei derartigen Versuchen stets nöthig, vergleichend an ein und derselben Membran zu Werke zu gehen, es sind sonst grobe Irrthümer möglich. Bei der Magenschleimhaut nicht, wohl aber bei der Darmschleimhaut besonders des Kalbes bemerkt man hie und da, dass sie, obwohl lebensfrisch, doch indifferente Flüssigkeiten durch sich hindurchtreten lassen. Es rührt das daher, wie mikroskopisch nachgewiesen wurde, dass die Därme der Schlachthiere, da diese gewöhnlich in der Verdauung geschlachtet werden, ihres Epithelüberzuges mehr weniger beraubt sind.

Bei frischen Kalbsdärmen findet man die Zotten meist epithelfrei, nackt, was selbstverständlich auf den Filtrationsvorgang von sehr bedeutendem Einfluss sein muss. Wenn dieses theilweise Abstossen der Epithelien bei der Verdauung (beim Kalbe) kein Leichenphänomen ist, so leuchtet ein, wie wichtig



es für die Lehre von der Stoffaufnahme aus dem Darm bei der Verdauung und Resorption sein würde. Der folgende Versuch bringt ein derartiges Beispiel.

### III. Lebender, epithelfreier Kalbsdarm mit 4% Kochsalzlösung.

#### Versuch 43.

Darm vom Kalb, frisch, reichlicher, dünn breiig-flüssiger Inhalt, die Zotten meist nackt.

Nach 5 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt sehr langsam, anfänglich = 0, gefallen um 4,5 C. M.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt sehr stark und rasch, gefallen um 25 CM.

Nach 22 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt schwach, um 9 CM. gefallen.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt sehr stark, Röhre leer bis auf einige Tropfen.

Natürlich darf man sich durch derartige Ausnahmen in Beziehung z. B. auf die Kalilösung nicht täuschen lassen, durch derartig durchgängige, weil theilweise epithelfreie, Membranen filtrirt selbstverständlich auch 4% Kalilösung.

Von anderen Versuchen müssen wir nur noch als besonders wichtig Versuche mit 4 pro mille Salzsäure in 4% Kochsalzlösung (Analogon des Magensaftes) und mit alkalischen Lösungen an der Magenschleimhaut angestellt erwähnen. Beide filtriren durch die frischen Epithelien, letztere etwas lebhafter. Bei der 4 pro mille Salzsäure ist die Membran stark gequollen, im halbverdauten Zustand, jedenfalls scheint die »Verdauung« = Entfernung der Epithelien bei dem Durchdringen der Membran durch 4 pro mille Salzsäure eine hervorragende Rolle zu spielen. Die Versuche mit alkalischen Flüssigkeiten sprechen für die Wichtigkeit der alkalischen Reaction der Verdauungssäfte in Beziehung auf die Resorption.

### IV. Lebende Magenschleimhaut mit 4 pro mille Salzsäure in 4% Kochsalzlösung.

#### Versuch 44.

Mit 4% Kochsalzlösung.

Nach 24 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt nicht, Haut aussen ganz trocken.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt, tropft, gefallen um 3,5 CM.

#### Versuch 45.

Dieselbe (weisse) Membran mit 4 pro mille Salzsäure.

Nach 20 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt, gefallen um 44,0 CM.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt, gefallen um 28,5 CM.

Anfänglich nach 4 Stunden war die Filtrationsgeschwindigkeit ganz gleich, die Unterschiede traten erst später hervor.



## Versuch 16.

Mit 1% alkalischen, einfach kohlensaurem Natron.

Nach 24 Stunden:

a) Schleimhautoberfläche innen: filtrirt, gefallen um 5,5 CM.

b) Schleimhautoberfläche aussen: filtrirt, gefallen um 8 CM.

Es zeigte sich ein leichtes Uebergewicht auf Seite der Röhre mit Schleimhaut aussen, beide tropfen.

Die Versuche haben ausser der angegebenen noch eine weitere Bedeutung.

MATTENICI und CIMA (cf. Berliner physik. Jahresbericht für 1845 l. c.) haben angegeben, dass sich die lebenden Membranen bezüglich der Diffusion verschieden verhalten, je nachdem man die äussere (Epithelseite) oder innere Hautfläche in dem Diffusionsrohr nach innen oder aussen befestigt.

Die vorstehenden Versuche erweisen die Möglichkeit oder vielmehr das Vorhandensein derartiger bisher bezweifelter Unterschiede, wie sie von den genannten Autoren angegeben wurden.

## Capitel VI.

## Einwirkung von Gasen auf die Nervenregbarkeit.

## §. 4. Kohlensäure, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Leuchtgas.

Durch G. v. LIEBIG's oben erwähnte Untersuchungen ist es bekannt, dass die Kohlensäure ein heftiges Muskelgift ist, in einer Kohlensäureatmosphäre stirbt der Muskel rasch ab.

Meine Untersuchungen (Tetanus S. 372 ff.) ergaben, dass sich die Kohlensäure auch als ein heftiges Gift für die Nervencentralorgane erweise, die mit Kohlensäure in Berührung (durch Einspritzen von kohlensäurehaltiger 0,7% Kochsalzlösung in die Gefässe) sehr rasch ihre Erregbarkeit vollkommen verlieren.

Auch auf die peripherischen Nerven fand ich dort eine constante Einwirkung der Kohlensäure. Stets zeigte es sich, dass die Nervenregbarkeit bei der Berührung mit grösseren Kohlensäuremengen sogleich zu sinken begann, vollkommen zu Verlust ging dagegen die Erregbarkeit der peripherischen Nerven während keines der angestellten Versuche.

Es zeigte die Kohlensäure sonach ein anderes Verhalten als die »ermüdenden Stoffe« Milchsäure und saure phosphorsauere Alkalien und die neutralen Kalisalze, deren primäre Wirkung sich zuerst als eine Erhöhung der Erregbarkeit darstellt.

Es musste wünschenswerth erscheinen, für die Beurtheilung der Nervenermüdung die Kohlensäurewirkung einer erneuten Prüfung zu unterwerfen. Es ist das um so nothwendiger, da es nun feststeht, dass das Nervenleben mit



einer Kohlensäureproduction Hand in Hand geht, der wir natürlich einen Einfluss auf die Lebenserscheinungen im Nerven zuschreiben müssen.

Die Methode der Prüfung der Gaswirkungen bestand in einem direkten Zusammenbringen des ausgeschnittenen Froschnerven mit dem auf seine Wirkung zu prüfenden Gase, während gleichzeitig der Muskel, der zur Probe auf die Erregbarkeit des Nerven an diesem erhalten war, vor der Einwirkung des Gases geschützt blieb.

Dazu diente eine sehr einfache Gaskammer.

Sie bestand aus einem ziemlich weiten, gut durchsichtigen Glasrohre, das oben und unten mit Siegellack und Kork verschlossen war. Beide Korke waren mit engen Glasröhrchen durchbohrt, von denen das am oberen Ende des Apparates nur bis durch den Kork drang, das andere aber bis über die Hälfte in den Innen-Raum des Apparates frei hereinragte. Der obere Kork konnte beliebig entfernt und wieder eingesetzt und luftdicht eingekittet werden. Er war weiter noch von zwei dickeren Platindrähten durchbohrt, welche im Inneren des Apparates hakenförmig gekrümmt, aussen dagegen mittelst Klemmschrauben und Kupferdrähten mit dem Schlüssel des Magnetelectromotors verbunden waren. — In den Apparat wurde gasfreie Kochsalzlösung von 1% gefüllt so weit, dass die Mündung des oben beschriebenen, den unteren Kork durchsetzenden Glasröhrchens noch aus der Flüssigkeit hervorragte. Es kann bei derartigen Versuchen kein ganz geschlossener Apparat mit einem abgeschlossenen Gasvolumen Anwendung finden, da, wie sich unten sogleich zeigen wird, die von den geprüften Geweben entwickelte Kohlensäure den Versuch in wesentlichster Weise stören würde. Daher wurde diese umständlichere Methode mit fortwährender Gaseinleitung gewählt.

An dem Gastrocnemius des Nervmuskelpreparates wurden die Knieknochen, an dem oberen Ende des Ischiadicus ein Stückchen Rückgrat erhalten. An die Sehne des Gastrocnemius wurde ein Gewichtchen von 5 Grammen befestigt. Um die Knieknochen war ein Faden geschlungen, der an eine der Platinelectroden in solcher Länge befestigt wurde, dass der Muskel mit der Eintrittsstelle des Nerven noch unter das Kochsalz tauchte. Der übrige Nerve lief frei durch den Gasraum des Apparates, das Nervenende lag über die beiden Electroden unveränderlich gebrückt.

Als Mass der Erregbarkeit diente wieder der Rollenabstand bei der ersten wahrnehmbaren Minimalzuckung.

Der Apparat (das untere Röhrchen) wurde mit dem Gasentbindungsapparat verbunden und so Gas in den Gasraum eingeleitet und dieser ganz damit erfüllt.

Anfänglich war beabsichtigt, den Muskel vor dem Eindringen der Gase in die schützende Flüssigkeit regelmässig durch eine Oelschicht noch weiter abzuschliessen. Es zeigte sich diese Vorsicht jedoch unnöthig; sogar bei Ammoniak traten niemals Nebenwirkungen auf den Muskel (Muskelzuckung) ein, obwohl doch hier die Gefahr am nächsten gelegen hätte. Es wurde also von einem weiteren Schutz des Muskels Abstand genommen.

Das Weitere ergeben die im Folgenden mitgetheilten Versuche selbst.



Hier stehe zur Veranschaulichung der beobachteten Verhältnisse sogleich ein vollständiges Versuchsprotocoll.

## I. Wechselversuch

mit

## Kohlensäure und Luft.

Zeit.	Rollenabstand = Erregbarkeit in M. M.	Bemerkungen.
11 hor. 45'	345	} Nerve frisch in Luft.
48'	347	
49,5'	<b>305</b>	Es wurde feuchte gewaschene Kohlensäure eingeleitet; die Erregbarkeit nimmt sogleich ab. Es erfolgt bei dem Verschieben der Rolle an einer Stelle eine einzige Minimalzuckung, die Erregbarkeit sinkt aber sogleich weiter, von 28,4 M. M. an wurde das Sinken der Erregbarkeit langsamer. Auf 25,4 M. M. blieb die Erregbarkeit mehrere Minuten stehen, ohne tiefer zu sinken.
50'	284	
52'	262	
54'	254	
55'	254	
	<b>264</b>	
	283	Es wurde nun feuchte Luft = Sauerstoff eingeleitet, die Erregbarkeit steigt momentan. Dann sinkt sie bei weiterem starken Lufteinsaugen (Abkühlung?) wieder etwas (es trat diese Erscheinung bei allen angestellten Versuchen ein), um sich dann wieder bis zur primären Erregbarkeitshöhe zu heben.
	245	
	270	
	285	
	310	
12 hor. 3'	325	Bei der Erholung kehrt dasselbe Phänomen wie oben bei der Erregbarkeitsherabsetzung durch Kohlensäure ein, es versagt der Nerve zuerst ungemein rasch auf 4—3 Reize, er wird rascher unerregbar als im Normalzustande.
5'	230	
6'	330	Nun wird weiter Luft eingesaugt, der Nerve zuckt nun auf 33,0 nicht mehr einmal sondern fort und fort bei jeder versuchten Reizung (5 mal geprüft), und zwar bei den folgenden Malen stärker als zuerst. Die Erregbarkeit steigt nun weiter. Neue Luft eingeleitet.
	330	
	335	
	340	
12 hor. 17'	340	Zweite Kohlensäureeinleitung. Die eigenthümliche Bewegungsschwäche tritt wieder auf.
	<b>335</b>	
18'	346	Neu Luft eingeleitet. Neues Steigen und sekundäres Sinken der Erregbarkeit, dann neues Ansteigen.
21'	275	
	259	
	234	
23'	229	
	222	
24'	195	
26'	<b>275</b>	
	245	
	290	
29'	310	Neu Luft eingeleitet.
	332	
30'	340	
	340	Dritte Kohlensäureeinleitung.
	<b>335</b>	
35'	320	
36'	277	
	260	
37'	212	
	165	
40'	157	
	150	
47'	150	



Zeit.	Rollenabstand = Erregbar- keit in M. M.	Bemerkungen.
	<b>260</b>	Luft eingeleitet.
	225	
	250	
42 hor. 53'	287	Seit den 2 Stunden des Versuches ist die Erregbarkeit
	300	nur um 40 M. M. gesunken.
	324	
	<b>335!</b>	

Der Versuch lehrt, wie rasch in der Kohlensäureatmosphäre die Nervenirregbarkeit sinkt, sie wird jedoch, wie schon meine früheren Versuche mit den Einspritzungen des kohlensauren Wassers gelehrt hatten, für lange Zeit nicht vollkommen vernichtet, nur herabgesetzt.

Wir scheinen hier einen wesentlichen Unterschied zu finden zwischen der Kohlensäurewirkung und der ermüdenden Wirkung der flüssig verwendeten Säuren. Jene steigert primär die Erregbarkeit, um sie erst sekundär zu schwächen oder zu vernichten. Bei der Kohlensäure tritt bei dieser Art der Anwendung wenigstens sogleich eine Herabsetzung der Erregbarkeit ein. In Capitel VIII wird gezeigt werden, dass sich auch für die Kohlensäure das primäre Ansteigen der Erregbarkeit deutlich zeigen kann. Abgesehen von dieser Eigenthümlichkeit, welche sich bei dieser Art der Anwendung, wie schon S. 72 erwähnt, öfters auch bei anderen flüchtigen Säuren zeigt, ist aber die Kohlensäure ein wahrer Typus für die Wirkung chemischer Veränderungen auf die Erregbarkeit. Es lässt sich das eben beschriebene Experiment mit Leichtigkeit zu einem **Vorlesungs-Experimente** der schlagendsten Beweisfähigkeit machen, um die Abhängigkeit des Nervenlebens von chemischen Bedingungen zu demonstrieren. Bei Anwendung anderer chemischer Agentien auf den Nerven bleibt leicht eine Erregbarkeitsveränderung zurück, da es fast unmöglich ist, die alten Stoffverhältnisse ganz wieder herzustellen. Hier aber sehen wir nach dem Experimente Alles wieder in alter Ordnung \*).

Ebenso leicht wie man an der Anode des polarisirenden Stromes die Herabsetzung der Erregbarkeit demonstrieren kann, die nach der Stromöffnung wieder zur Norm zurückkehrt, ebenso leicht und beweisend ist die Demonstration der Kohlensäurewirkung, die durch Kohlensäure erzeugte Verminderung der Nervenirregbarkeit, die sogleich nach dem Entfernen der wirkenden Ursache wieder zur Norm zurückkehrt. —

Es musste die Frage aufgeworfen werden, ob die Wirkung der Kohlensäure analog sei der der anderen Säuren, ob die Kohlensäure als Säure auf den Nerven wirke. Diese Frage wird bei den Versuchen mit Ammoniak ihre Erledigung finden.

Noch wichtiger als diese Frage war die andere, ob die Kohlensäure durch ihre »Anwesenheit im Nerven« wirke wie die »ermüdenden Stoffe« im

\*) In Cap. VIII werden Versuche beschrieben, in welchen die Electroden ausserhalb der Kohlensäure-Atmosphäre bleiben.



Muskel, oder ob es vielleicht allein der Sauerstoffmangel sei, der bei den Versuchen mit diesem Gase so sicher in Erscheinung tritt. Man könnte die beobachteten Verhältnisse nach beiden Seiten deuten.

Diese Frage war leicht durch die Gegenfrage zur Entscheidung zu bringen: wirkt Wasserstoff auf den durch Kohlensäure in seiner Erregbarkeit herabgesetzten Nerven ebenso erholend wie Luft ein?

Um das betreffende Experiment in Angriff nehmen zu können, musste zuerst noch das Verhalten der Nervenirregbarkeit für Wasserstoff geprüft werden.

Es wurde in den Apparat ganz reines, befeuchtetes Wasserstoffgas eingeleitet. Es zeigte sich, dass die Nervenirregbarkeit während zweier Stunden sich nicht merkbar veränderte. Sie betrug z. B. zu Anfang eines Versuches: 34,3 M. M., nach 2 Stunden und 10 Minuten in Wasserstoff noch immer 33,0 M. M. Der Apparat wurde stets vollständig mit dem Gase gefüllt erhalten, das an der Ausflussöffnung brannte.

Es wäre unnöthig einen derartigen Versuch mitzutheilen.

Da hiedurch die vollkommene Unschädlichkeit des Wasserstoffes für den Nerven entschieden war, und gleichzeitig, dass ein Nerve in Wasserstoff längere Zeit fortleben kann ohne Sauerstoffzufuhr, ja sogar bei ziemlicher Arbeit (er wurde z. B. in dem angeführten Versuche 43 mal auf seine Erregbarkeit geprüft), so konnte nun an den Versuch der Wiederherstellung des durch Kohlensäure veränderten Nerven durch Wasserstoffgas geschritten werden. Die Versuche sind so bemerkenswerth, dass ich ein Protocoll vollständig mittheile.

## II. Wechsellerversuch mit Kohlensäure, Wasserstoff und Luft.

Zeit.	Rollenabstand = Nervenirreg- barkeit in M. M.	Bemerkungen.
5 hor. 55'	345	} Frischer Nerve.
6 " 2'	357	
5'	357	
5,5'	<b>347</b>	} Erste Kohlensäureeinleitung.
6'	346	
13'	280	
17,5'	275	} Luft eingesaugt. Die Erregbarkeit steigt und sinkt dann wieder etwas, um von Neuem zu steigen.
20'	270	
	<b>277</b>	
	262	
	264	
23'	270	
24'	275	
25'	295	
26'	315	
27'	323	
28'	335	
31'	340	
37'	350	



Zeit.	Rollenabstand = Nervenreg- barkeit in M.M.	Bemerkungen.
6 hor. 42'	353	Erste Wasserstoffeinleitung. Das Gas rein und feucht, der Apparat ganz damit erfüllt, es brennt an der Ausmündungsöffnung.
43'	355	
44'	354	
45'	354	
46'	353	
47'	353	
48'	353	
49'	353	
50'	353	
51'	352	
51,5'	352	
52'	<b>350</b>	
54'	345	
55'	346	
56'	346	
57'	<b>343</b>	Luft durchgeleitet. Die Erregbarkeit scheint anfangs etwas zu steigen, die Zuckung scheint stärker, dann sinkt sie.  Zweite Kohlensäureeinleitung. Es sinkt wie auch im ersten Versuchsbeispiel bei der zweiten und den folgenden Kohlensäureeinleitungen die Erregbarkeit rascher als bei der ersten.
58'	343	
59'	330	
59,5'	320	
7 hor. —'	303	
1'	285	
2'	253	
3'	<b>237</b>	
6'	260	Zweite Wasserstoffeinleitung.
7'	284	
8'	277	
9'	282	
10'	282	
11'	290	
12'	324	
13'	325	
14'	320	
14,5'	<b>310</b>	Luft eingeleitet.
15'	312	
18'	<b>327</b>	
23'	305	Dritte Kohlensäureeinleitung.
25'	135	
26'	135	
28'	134	
29'	135	
35'	<b>135</b>	
36'	135	Dritte Wasserstoffeinleitung.
37'	250	
38'	260	
	270	
39'	273	
	280	
40'	<b>293</b>	
	etc.	etc.

Der Versuch lehrt, dass die Wiederherstellung des Nerven von der Kohlensäureermüdung durch Wasserstoff ebenso erfolgt als durch Luft, dass demnach der Sauerstoff dabei keine nachweisbare Rolle spielt.

Es wirkt also die Kohlensäure nicht etwa, weil sie dem Nerven den Sauerstoff entzieht, sondern direkt schädlich. Der Nerve hat in sich Stoff genug um



lange fort arbeiten zu können, wenn er ungestört von äusseren chemischen Einflüssen sich befindet, z. B. von Kohlensäure.

Es ist das ein nicht unwichtiger Zusatz zu den oben Capitel II angeführten Experimenten über Nervenathmung.

Der Nerve verhält sich in Beziehung auf sein Sauerstoffbedürfniss zur Arbeit ähnlich wie ein Muskel. Er arbeitet auch längere Zeit ungestört fort, ohne dass ihm Gelegenheit zur Sauerstoffaufnahme geboten werden müsste. Wir haben uns das Verhältniss wohl so vorzustellen, dass der Nerve analog wie der lebenskräftige Muskel einen Sauerstoffvorrath in sich enthält, mit dessen Hülfe er arbeitet und Kohlensäure entwickelt.

Ist die nachgewiesene Sauerstoffaufnahme der Nervensubstanz in der Nervenathmung ein physiologischer Vorgang, so scheint es auf den ersten Blick, dass der Nerve (wie das für die Muskeln erwiesen ist) auf Kosten dieses Sauerstoffs sein Leben länger erhalten können als ohne denselben. Die wichtige Beobachtung L. HERMANN's, dass diese physiologische Sauerstoffwirkung auf die Lebensdauer der Muskeln nur bei dickeren Muskeln sichtbar werde, während sie sich in das Gegentheil verwandle bei dünneren, im Verhältniss zu ihrer Masse viel Oberfläche darbietenden Muskeln, macht jedoch für die Nerven das letztere Verhalten von vorne herein sehr wahrscheinlich, da diese eine noch weit grössere Oberfläche haben im Verhältniss zur Masse als der dünnste zu Gebote stehende Muskel. Wir werden also auch hier vermuthen müssen, dass der Nerve, beeinflusst von den im Capitel II besprochenen, gleichzeitig stattfindenden beiden Wirkungen des Sauerstoffs: von der »anorganischen« sein Leben zu vernichten strebenden »Oxydation = Fäulniss«, und von der physiologischen sein Leben verlängernden »Sauerstoffeinathmung«, das erstere schädliche Moment allein würde sichtbar werden lassen.

Bei einer Vergleichung der Lebensdauer der Nerven in Sauerstoff-freier und Sauerstoff-haltiger Luft ist es also wohl zu erwarten, dass in ersterer der Nerve sogar wird länger am Leben und länger erregbar bleiben können als in letzterer.

Es wurden in dieser Richtung einige vergleichende Versuche angestellt, welche zeigten, dass bei methodischer gleichmässiger Reizung der Nerve in Wasserstoff länger erregbar blieb als in gewöhnlicher sauerstoffhaltiger Luft. Dabei trat jedoch eine Eigenthümlichkeit in Erscheinung, die vielleicht doch als Erregbarkeit begünstigender Einfluss des Luftsauerstoffes zu deuten wäre. In den angestellten Versuchen waren die Zuckungen, welche der Wasserstoffnerve auf den gleichen Reiz wie der Sauerstoffnerve auslöste (sie waren in den gleichen Stromkreis eingeschaltet, so dass die reizenden Stromstärken möglichst gleich waren), stets viel schwächer als die des zweiten. Dabei erschöpfte sich aber der Sauerstoffnerve, wohl seiner von Anfang an weit stärkeren Arbeitsleistung wegen, ziemlich viel rascher als der schwächer arbeitende Wasserstoffnerve.

Auf diese Beobachtung lege ich darum einigen Werth, weil in den Versuchsprotokollen bei der Nervenerregung (Minimalzuckung) in Gasen fast stets jene schon erwähnte eigenthümliche Erregbarkeitsschwäche auftrat, bei welcher ein Minimalreiz sehr rasch die Erregbarkeit herabsetzte (cf. Wechselver-



such I). Am wenigsten trat dieses Verhältniss bei reinem Wasserstoff hervor, doch fehlte es, wie mir einige Protokolle zeigen, auch hier nicht vollkommen. Es wäre also immerhin möglich, dass meine angestellten Versuche für den Nerven eine physiologische erregbarkeitshebende Wirkung des Sauerstoffs erkennen lassen, doch halte ich diese Frage noch nicht für abgeschlossen.

Die HERMANN'schen Experimente mit dünnen Muskeln leiden wahrscheinlich an einem Gebrechen, das sich nach unseren Erfahrungen über die Sauerstoffathmung des Muskels nicht mehr verkennen lässt. Sie sind wohl wie alle seine controllirbaren Versuchsbeispiele bei einer zu hohen Temperatur (Sommertemperatur) angestellt, bei welcher die nicht physiologische Sauerstoffwirkung, die Fäulniss sehr viel stärker hervortritt als bei niederen Temperaturen, die das Leben der Froschnerven und Froschmuskeln noch nicht vernichten. Es wäre wohl möglich, dass bei Berücksichtigung dieses Verhältnisses, die Versuche mit Muskeln ein anderes Resultat geben würden als in jener citirten Abhandlung. Das Gleiche ist vielleicht auch für den Nerven möglich.

Es sind noch einige weitere Eigenthümlichkeiten zu erwähnen, die der Nerve in Wasserstoff zeigte.

Die Ermüdung und Erholung des Nerven nimmt in Wasserstoff vollkommen denselben Verlauf wie in sauerstoffhaltiger Luft. Derselbe Nerve erholte sich durch Ruhe in Wasserstoff wieder wie in Sauerstoff, es darf also die Erholung primär nicht abhängig gedacht werden von Sauerstoffaufnahme. Durch Reizung steigt in Wasserstoff, ebenso wie in sauerstoffhaltiger Luft zuerst die Erregbarkeit des Nerven, um dann erst zu sinken. Es beruht, wie alle meine Untersuchungen ergeben haben, dieses Ansteigen der Erregbarkeit auf den chemischen Veränderungen, welche der Nerve durch seine Arbeitsleistung erfährt, vor allem auf dem nachgewiesenen Auftreten einer Säure im Nerveninhalte. Es zeigt also dieses Ansteigen der Erregbarkeit, dass auch ohne Sauerstoff im Nerven die gleichen Zersetzungen, die gleichen chemischen Vorgänge stattfinden können wie mit demselben, ein Beweis, dass auch hiebei wie bei dem Muskel primär der äussere Sauerstoff keine absolut nothwendige Rolle spielt. Da aber die bekannten Zersetzungsproducte dieser Organe als Oxydationsproducte im physiologischen Sinne sich darstellen, so unterliegt eine indirekte Mitwirkung des Sauerstoffs keinem Zweifel. Es werden danach, wie schon oben erwähnt, die angeführten Beobachtungen so gedeutet werden müssen, dass der ausgeschnittene Nerve einen »Sauerstoffvorrath« für seine Arbeitsleistung in sich enthält. Der Sauerstoff wird sich in ihm leichtgebunden vorfinden, so dass eine Abgabe desselben an die Gewebsstoffe möglich ist. Da das Nervengewebe seinen Sauerstoff dem Blute entzieht — es wird ja das arterielle Blut bei dem Durchströmen der Nervensubstanz venös —, so muss die Bindung des Sauerstoffs im Nerven eine festere sein als im Blute, es werden demnach wie am Muskel Auspumpungsversuche zu keinem Resultate führen können. Der einzig mögliche Weg ist auch hier der, durch leicht oxydirbare Substanzen dem Nerven Sauerstoff zu entziehen, die Nervenstoffe chemisch zu reduciren.

Ausser den beiden besprochenen Gasen wurden auch noch Schwefelwasserstoff und Leuchtgas auf ihre Wirkung auf den Nerven geprüft.



Der Schwefelwasserstoff zeigte das gleiche Verhalten wie die Kohlensäure gegen den Nerven. Die Erregbarkeit sank auch hier ziemlich rasch auf ein unteres Maass, auf dem sie sich aber ziemlich lange erhielt. Primär trat hier jedoch stets ein geringes Ansteigen der Erregbarkeit ein vor dem Absinken, der Nerve blieb auch etwas erregbarer zurück nach dem Versuch als normal, so dass der Schwefelwasserstoff offenbar als Säure wirkt. Auswaschen des Schwefelwasserstoffs durch Luft bringt die alte Erregbarkeitshöhe fast vollkommen wieder zurück (sie ist meist etwas erhöht).

Es wurde hier auch beobachtet, was sich stets bei den Kohlensäureversuchen geltend gemacht hatte, dass der Nerve nach der Entfernung des schädlichen Gases seine alte Erregbarkeitshöhe und Erregbarkeitsstärke zwar vollkommen wieder erhält, dass er aber nun den Einwirkungen der betreffenden Gase bei einer zweimaligen Application weit weniger gut Widerstand zu leisten vermag. Der Nerve bleibt nach restituirter Kohlensäure- oder Schwefelwasserstoffermüdung in einem Zustande zurück, in dem er leichter in eine neue Ermüdung durch diese Stoffe versetzt werden kann. Worauf die Ermüdungsfähigkeit basirt, ist noch nicht erforscht. Vielleicht ist es ein Zeichen dafür, dass der im Nerven zum Zwecke der Thätigkeit vorhandene (Sauer-) Stoffvorrath sich nach und nach verringert. Vielleicht ist es dasselbe Phänomen für Gase, das wir für Flüssigkeiten gefunden haben, dass bei nach und nach eintretender Abschwächung der Nervenlebensenergie der Nerve dem Eindringen fremdartiger Stoffe weniger starken Widerstand entgegen zu setzen vermag.

Die Wirkung des Schwefelwasserstoffes auf die Nerven ist nicht nur darum von Wichtigkeit, weil nicht selten Vergiftungen mit diesem Gase erfolgen, es gehört dasselbe ja auch unter die im Organismus unter Umständen freiwillig entstehenden Gase (im Darm und in der Harnblase\*), sodass wir ihm eine physiologische Wirkung nicht ganz absprechen können, da er aus seinem Bildungsorte sicher zum Theil in die Gewebe gelangt und durch die Lunge ausgeschieden wird, analog wie der im Darm entstehende Wasserstoff unter den Respirationsgasen erscheint.

Ein Versuchsbeispiel wird genügen, die beobachteten Verhältnisse zu veranschaulichen.

### III. Wechselversuch mit Schwefelwasserstoff und Luft.

Zeit.	Rollenabstand = Nerven- erregbar- keit in M. M.	Bemerkungen.
6 hor. 26 '	323	Nerve frisch in der Luft.
	323	
27 '	330	

\*) Meine Grundzüge der Physiologie S. 434.



Zeit.	Rollenabstand = Nerven- erregbar- keit in M. M.	Bemerkungen.
6 hor. 30 '	<b>335</b>	Schwefelwasserstoff eingeleitet.
31 '	325	Die Erregbarkeit steigt etwas, dann sinkt sie konstant.
	297	
32 '	290	
	287	
33 '	272	
34 '	265	
36 '	260	
37 '	255	
39 '	246	
41 '	<b>240</b>	
45 '	246	Aussetzen der Schwefelwasserstoff-Einleitung.
46 '	253	Abnehmen des Apparates.
47 '	277	Luft durchgeleitet.
48 '	287	
50 '	305	
51 '	320	Die Erregbarkeit kehrt in alter Stärke zurück.
	325	
54 '	327	
55 '	<b>330</b>	Der Nerve ist etwas erregbarer als frisch und ermüdet
57 '	<b>342</b>	sehr leicht, er ist also etwas geschwächt.
7 hor. — '	<b>340</b>	
	etc. etc.	

Die Versuche mit unreinem Leuchtgas bieten weniger Interesse.

Der periphere Nerve wird sowohl von der in dem Leuchtgas enthaltenen Kohlensäure als auch durch das Kohlenoxyd alterirt. Das reine Leuchtgas erscheint ganz indifferent gegen den Nerven.

Reinigt man das unreine Leuchtgas, so wie es aus der Fabrik kommt, von Kohlensäure, so bleibt ihm noch eine schädliche Wirkung zurück, schliesst man nun auch das Kohlenoxydgas aus, so verhält sich das restirende Leuchtgas wie mir scheint ganz unschädlich, es steigt die Erregbarkeit dadurch meist etwas.

Der Ausschluss der Kohlensäure wurde dadurch bewirkt, dass das Leuchtgas durch eine U-förmige Röhre mit trockenem Kali und durch Barytwasser geleitet wurde; der Ausschluss des Kohlenoxydgases gelingt bekanntlich leicht und vollkommen, wenn man das Gas durch eine Auflösung von Kupferchlorür in Salzsäure leitet.

Mit reinem Kohlenoxydgas wurde nicht experimentirt. Das unreine (kohlenoxydhaltige) Leuchtgas liess den Nerven in einem Zustand herabgesetzter Erregbarkeit zurück, der durch Entfernung des Gases nicht vollkommen verschwand. Es scheint danach vielleicht, dass das Kohlenoxydgas eine stärkere Wirkung (direkt giftige?) auf den Nerven ausübe als die Kohlensäure.

## §. 2. Versuche mit ammoniakalischen und sauren Dämpfen.

Um die Wirkung der Säuerung und des Alkalischwerdens auf die peripherischen Nerven noch weiter zu studiren, wurden sie in der im vorstehenden §



verwendeten Gaskammer ganz in der angegebenen Weise den Dämpfen von Ammoniak, von Essigsäure, Salpetersäure und Kohlensäure ausgesetzt.

Es ergaben die angestellten Versuche, dass sowohl durch Ammoniak als durch Säuredämpfe die Erregbarkeit der Nerven in ganz ähnlicher Weise verändert wird.

Bei all diesen Einwirkungen sehen wir einen Zustand der Herabsetzung der Erregbarkeit und einen Zustand der Erregbarkeitserhöhung durch dieselben Stoffe erzeugt. Es zeigte sich, dass die Stoffe ganz verschieden wirken, je nach dem Zustand, in welchem sich der Nerve vor der Application des chemischen Agens sich befand.

Beschreiben wir zuerst die Resultate der Versuche über Säurewirkung und Ammoniakwirkung, welche letztere schon so vielfältig Gegenstand der Untersuchung war.

Es ist bekannt, wie rasch der normale Nerve seine Erregbarkeit in Ammoniakdampf oder durch Bestreichen mit flüssigem Ammoniak verliert. Es herrscht eine Differenz in den Angaben der Autoren, ob das Ammoniak auf den Nerven erregend, reizend einwirke oder nicht. Bei den vielen Versuchen, die ich mit Ammoniak in meiner Gaskammer angestellt habe, zeigte sich bei Einwirkung von Ammoniakdämpfen auf den Nerven niemals eine Zuckung des Muskels, der in der beschriebenen einfachen Weise vor der Gaseinwirkung geschützt war. Ich muss mich also auf die Seite derer stellen (KÜHNE), welche behaupten, dass (dampfförmiges) Ammoniak den Nerven tödte ohne ihn zu erregen.

Halten wir uns bei der Betrachtung der Ammoniakwirkung zuerst an den normalen, frischen peripherischen Nerven.

Hier sehen wir, dass stets zuerst eine ziemlich rasche, regelmässig abfallende Verminderung der Erregbarkeit eintritt, plötzlich sehen wir aber eine Steigerung eintreten und nun sinkt die Erregbarkeit zu Null herunter. Wir sehen hier also vor dem Tode noch eine Erregbarkeitserhöhung erfolgen und zwar konnte diese Erscheinung bei allen Versuchen regelmässig beobachtet werden.

Lässt man auf einen normalen, frischen Nerven eine dampfförmige Säure einwirken, so ist das Verhalten in der Mehrzahl der Fälle umgekehrt, wir sehen zuerst eine Steigerung der Erregbarkeit eintreten, die dann von einer Herabsetzung der Erregbarkeit bis zum Absterben des Nerven gefolgt ist. Nur bei Kohlensäure wurde bisher am normalen Nerven meist sogleich eine Herabsetzung der Erregbarkeit beobachtet.

Wir sehen hier also Verschiedenheiten in der Wirkung chemischer Agentien auftreten, die uns ganz unvermuthet kommen. Wir mussten erwarten, dass da jede Herabsetzung der Nervenlebenseigenschaften die Nervenirregbarkeit primär steigert, eine solche Steigerung ebenso die primäre Wirkung des Ammoniaks wie der Säuredämpfe sein würde. Diese Vermuthung lässt sich auch durch andere Versuchsmethoden leicht nachweisen, als wir sie hier zur Verwendung brachten. Spritzen wir Thieren Ammoniak, Ammoniaksalze oder andere alkalische Stoffe in die Blutgefässe ein, so sehen wir stets eine Nervenirregbarkeitssteigerung als erste Folge, wie unten mit einigen Versuchsbeispielen erwiesen werden soll.



Wir werden sehen, dass sich bei der Applicationsweise der chemischen Stoffe als Dämpfe ganz neue, bisher von uns und Anderen noch nicht beobachtete Bedingungen (chemischer Electrotonus) einmischen, die das Bild der Erregbarkeitsveränderung wesentlich modificiren, was in Capitel VIII des Näheren auseinander gesetzt werden wird. Bis dahin muss die Besprechung dieser Verhältnisse ausgesetzt bleiben.

Anders als auf den normalen Nerven wirkt das Ammoniak auf einen vorher durch Dämpfe gesäuerten Nerven ein.

Das Ammoniak erhöht hier regelmässig primär die Erregbarkeit des schon im Stadium der Erregbarkeitsverminderung befindlichen Nerven. Die Versuche können mehrmals nach einander an demselben Nerven mit Abwechselung von Säure und Alkali immer mit dem gleichen nur abnehmenden Erfolge angestellt werden. Ein vorher gesäuertes Nerve erhält dabei seine Erregbarkeit in Ammoniak weit länger, leistet der Ammoniakwirkung weit länger Widerstand als ein normaler.

Eine primäre Erregbarkeitssteigerung durch Ammoniak tritt auch offenbar ganz aus dem gleichen Grunde wie dort, weil das Ammoniak primär die Säure neutralisirt und dadurch ihre schädlichen Wirkungen vernichtet, im Nerven ein, die schon seit längerer Zeit geschlachteten Thieren entnommen sind, die sich also schon in einem Stadium gesteigerter Säureanhäufung und herabgesetzter Erregbarkeit durch beginnende Nervenstarre befinden. Auch solche Nerven zeigen sich ziemlich lange gegen die schädlichen Wirkungen der Ammoniakdämpfe unempfindlich.

Umgekehrt als durch Ammoniak auf den gesäuerten kann durch Säuredämpfe auf den alkalisch gemachten Nerven eingewirkt werden.

Auch hier sehen wir, bei Anwendung von saueren Dämpfen öfters, bei Anwendung von Kohlensäure regelmässig die Erregbarkeit der Nerven primär wieder ansteigen. Die Kohlensäure, welche unter anderen Umständen die Nervenirregbarkeit herabsetzt, sehen wir hier also gerade das Gegentheil bewirken.

Die angegebenen Beobachtungen sollen nun noch durch einige Versuchsbeispiele erhärtet werden.

#### IV. Wechselfersuch

mit

#### Ammoniak und Essigsäuredampf.

Zeit.	Rollenabstand = Erregbarkeit des Nerven in M. M.	Bemerkungen.
7 hor. 15 '	376 355 350	} Nerve aus dem frisch geschlachteten Thiere, normal.



Zeit.	Rollenabstand = Erregbarkeit des Nerven in M. M.	Bemerkungen.
7 hor. 20'	<b>251</b>	Apparat mit der Ammoniakflasche verbunden, Minimal-Mengen von Ammoniak wirken auf den Nerven ein.
21'	190	
22'	183	
23'	168	
24'	152	
26'	140	
27'	115	
28'	91	
29'	80	
30'	<b>119!</b>	
30 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> '	to dt!	Einige Ammoniakblasen eingeleitet. Auf die stärksten Ströme unerregbar!
	<b>6</b> (mit Draht-Einlage)	Nun wurden Essigsäure-Dämpfe eingeleitet sehr energisch, der Nerve kommt wieder zum Leben, zuerst nur auf stärkste Ströme erregbar, dann bei der Drahteinlage in die primäre Rolle mit 6 M. M.
	112	
35'	126	Bei weiterer Einleitung der Essigsäure-Dämpfe tritt nun die Säurewirkung ein, die Erregbarkeit nimmt wieder ab.
37,5'	67	
	43	
38'	<b>96</b>	Nun wieder Ammoniak durchgeleitet, die Erregbarkeit steigt zuerst, dann sinkt sie.
39'	52	
39 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> '	to dt.	Auf stärkste Ströme unerregbar. Durch Essigsäure-Dämpfe kehrt die Erregbarkeit nicht zurück. Muskel noch normal erregbar.

Der vorstehende Versuch zeigt die angegebene primäre Erregbarkeitsverminderung durch Ammoniak am normalen, frischen Nerven und die Steigerung der Erregbarkeit unmittelbar vor dem Absterben. Zugleich gibt er ein Beispiel der Wiederherstellung des durch Ammoniak getöteten Nerven durch saure Dämpfe resp. Erhöhung der durch Ammoniak gesunkenen Nervenirregbarkeit durch saure Dämpfe.

## V. Wechselversuch

mit

### Salpetersäure- und Ammoniakdämpfen.

Zeit.	Rollenabstand = Nervenirreg- barkeit in M. M.	Bemerkungen.
11 hor. 38'	335	Nerve frisch, normal.
40'	<b>340</b>	Luft mit Salpetersäure-Dämpfen eingeleitet. Die Zuckung bei 335 wird sehr verstärkt, die Erregbarkeit steigt zuerst, dann sinkt sie.
	330	
	325	
42'	320	
	314	
43'	312	
44'	307	Bei 307 Minimalzuckung. Nun Ammoniak eingeleitet. Bei 307 erfolgt sehr kräftige Zuckung, es steigt also zuerst die Erregbarkeit (die Steigerung wurde nicht gemessen), dann sinkt sie.



Zeit.	Rollenabstand = Nervenerreg- barkeit in M. M.	Bemerkungen.
11 hor. 46'	135	Nun wieder Salpetersäure-Dämpfe eingeleitet, die Erregbarkeit sinkt sogleich weiter ohne vorher zu steigen.
47'	130	
49'	127	
50'	140	Nun wieder Ammoniak eingeleitet. Die Minimalzuckung bei 107 wird sehr verstärkt, die Erregbarkeit steigt um später wieder zu sinken.
52'	107	
54'	117	
	144	Keine Zuckung ohne Einlage des Drahtbündels in die primäre Rolle.
55'	88	
56'	28	
56,5'	0 = 110 M.M. (mit der Drahteinlage)	Durch Salpetersäure-Dämpfe kommt die Erregbarkeit nicht stärker zurück, sie ist nach der Drahteinlage 110 M. M.
	106	
59'	107	
12 hor. —'	104	Bei 107 war vorhin die Zuckung = 0, jetzt ist sie stark, die Erregbarkeit ist also etwas gestiegen, dann sinkt sie wieder.
	etc. etc.	

Der Versuch zeigt die oben angegebene primäre Steigerung der Erregbarkeit durch Säuredämpfe, die dann von einer Herabsetzung gefolgt wird. Zugleich zeigt er die Ammoniakwirkung auf den gesäuerten Nerven, die in einer zuerst eintretenden Erregbarkeitserhöhung gefolgt von einer Erregbarkeitsverminderung besteht.

## VI. Wechselversuch mit Kohlensäure und Ammoniak.

Zeit.	Rollenabstand = Nervenerreg- barkeit in M. M.	Bemerkungen.
6 hor. 40'	390	Nerve frisch, normal.
42'	385	
43'	375	Es wurde Kohlensäure eingeleitet, die Erregbarkeit sinkt sogleich.
44'	327	
44 1/4'	320	
45'	296	
46'	287	
47'	277	
48'	270	
49'	265	
50'	260	
53'	250	
	280	
56'	230	Nun Ammoniak eingeleitet, die Erregbarkeit steigt zuerst, dann sinkt sie.
	130	



Zeit.	Rollenabstand = Nervenirreg- barkeit in M. M.	Bemerkungen.
	<b>140</b>	Nun Kohlensäure eingeleitet, die Erregbarkeit steigt
	142	wieder.
	145	
	143	
7 hor. 2'	140	
3'	143	
	etc. etc.	

Der Versuch zeigt, dass die durch Kohlensäure herabgesetzte Erregbarkeit durch Ammoniak wieder gesteigert werden kann und dass umgekehrt, der durch Ammoniak alterirte Nerve durch Kohlensäure wieder in seiner Erregbarkeit gehoben wird.

Als Beweis für den angegebenen Satz, dass bei schon dem Absterben nahen Nerven Ammoniak die Erregbarkeit sogleich zu steigern vermag, diene folgender Versuch.

## VII. Versuch

mit

### Ammoniak am fast abgestorbenen Nerven.

Zeit.	Rollenabstand = Nervenirreg- barkeit in M. M.	Bemerkungen.
6 hor. 40'	84	Frosch seit 8 Stunden geschlachtet. Erregbarkeit sehr geschwächt.
41'	<b>87</b>	Nach minimaler Ammoniak-Einwirkung zückt der Nerve
43'	91	bei der alten Rollenstellung weit stärker, seine Erregbarkeit
44'	95	steigt primär.
—	95	
45'	96	
—	95	
46'	85	
—	90	
47'	95	6 hor. 56 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> ' ist der Nerve abgestorben.
	etc. etc.	

Es ermangeln nun nur noch Beispiele zum Beweise, dass bei Ammoniak-einspritzungen zuerst regelmässig die Erregbarkeit des Nerven erhöht werde, der oben aufgestellten Ansicht gemäss, dass die Alterationen der Nerven die Nervenirregbarkeit primär steigern.

Diese Versuche sind unter des Verfassers Leitung von Herrn Dr. BICHLMAIER angestellt als Bestandtheile einer grösseren noch unvollendeten Untersuchung über die Wirkung der einzelnen Fäulnisproducte organischer Substanzen auf den thierischen Organismus.

Die Frage nach der physiologischen Ammoniakwirkung ist durch die neuen



Untersuchungen Brücke's, welche die lange bestrittene Anwesenheit von Ammoniak im Blute wahrscheinlich machen, wieder in den Vordergrund getreten. Es beanspruchen also die hier mitgetheilten Versuche auch nach der rein physiologischen Richtung ein Interesse. Die Nervenirregbarkeit und die Muskelkraft (am Muskelzeiger) wurden nach einer Einspritzung von 75 cc. 0,7 % Kochsalzlösung gemessen. Ueber die weitere Methode vergleiche oben S. 66.

## Dr. Bichlmaier's Versuche

über

### Ammoniakwirkung auf Muskel und Nerve des Frosches.

Ausschlag des Muskelzeigers = Muskelkraft.	Rollenabstand = Nervenirregbarkeit in M. M.	Bemerkungen.
<b>I. Versuche mit caustischem Ammoniak.</b>		
1) 90°   75°	150	Frosch frisch präparirt.
	150	Nach Messung der Maximalzuckung.
	145	Nach Injection von 75 cc 0,7 % Kochsalzlösung.
	<b>260</b>	Es wurden 45 cc der verdünnten Ammoniaklösung (4 cc flüssiges caustisches Ammoniak auf 49 cc Wasser) eingespritzt. Es treten sehr heftige Krämpfe ein, das Herz schlägt noch einige Zeit fort, dann bleibt es stehen, die Nervenirregbarkeit ist sehr stark erhöht. Die Muskelleistungsfähigkeit noch ungeschwächt vorhanden, das Herz contrahirt sich auf direkte Reize, die Reflexe sind verschwunden. Die ausgeschnittenen Nerven mechanisch und electricisch noch erregbar. Auf Durchschneiden und Bohren des Rückenmarkes Zuckungen.
2) 20°  30° 27°  20° 15° 18°	155	Frosch frisch präparirt.
	150	Nach der Einspritzung von 75 cc Kochsalzlösung von 0,7 %.
	<b>160</b>	Nach der Injection von 45 cc verdünntem Ammoniak (3 cc auf 50 cc Wasser). Heftige Krämpfe. Alles wie im ersten Versuch.
		Nach 5 Minuten.
		Reflexe verschwunden, Rückenmark todt, Nerven und Muskeln mechanisch und electricisch gut erregbar.
<b>II. Versuche mit kohlensaurem Ammoniak.</b>		
3) 28° 25° 20° 19°  20° 19° 19°	160	Frosch frisch präparirt.
	155	Nach der Kochsalzinjection.
	<b>220</b>	Nach der Injection von 45 cc verdünnter Lösung von kohlensaurem Ammoniak: 0,7 %.
	220	
		Das Herz schrumpft zusammen, lange andauernde tetanische Krämpfe. Die Muskelkraft nicht geschwächt, die Nervenirregbarkeit erhöht. Reflexe sind noch vorhanden. Das Rückenmark gibt auf Durchschneiden und Bohren Zuckungen. Der Ischiadicus mechanisch und electricisch erregbar.



Ausschlag des Muskelzeigers = Muskelkraft.	Rollenabstand = Nervenregbarkeit in M. M.	Bemerkungen.
4) 220 280	442	Frosch frisch präpariert.
300 300	435	Nach der Kochsalzinjection.
240 260 250	<b>180</b> 480	Nach der Injection von kohlensauerem Ammoniak, Alles wie oben.
5) 230 250 200 420	450 450 <b>160</b> 440	Frosch frisch. Nach der Kochsalzinjection. Sogleich nach der Injection des kohlensauerem Ammoniak's. Alles wie oben. 5 Minuten später.

## III. Versuche mit Chlorammonium.

6) 280 280 260 220 480 250 250 220	450 450 <b>220</b> 240 220 240	Frosch frisch präpariert. Nach der Kochsalzinjection. Nach der Injection von 45 cc 0,7% Salmiaklösung. Anfänglich schlägt das Herz ungestört fort, es treten leichte Muskelkrämpfe ein. Nach einiger Zeit steht das Herz still. Es tritt eine bedeutende Erregbarkeitssteigerung der Nerven ein. Sonst keine Veränderung.
7) 300 450	450 <b>200</b>	Frosch frisch präpariert. Nach der Salmiakinjection. Alles wie oben.
8) 400 450 400 400	460 <b>180</b>	Frosch frisch präpariert. Nach der Salmiakinjection.

## IV. Versuch mit Propylamin.

9) 700 700	460 467 460 463 <b>200</b> 200	Frosch frisch präpariert. Nach der Kochsalzinjection. Nach der Einspritzung von 0,7% Kochsalzlösung mit einigen Tropfen Propylamin-Flüssigkeit. Es treten Krämpfe ein, das Herz steht still, die Leistungsfähigkeit der Muskeln ist jedoch noch ungeschwächt. Reflexe sind verschwunden, ebenso die Athembewegungen. Herz stark contrahirt. Das Rückenmark gelähmt, Nerven direkt noch gut erregbar.
---------------	---	---

Die Versuche zeigen die starke Einwirkung der Ammoniake und der Ammoniaksalze auf das gesammte Nervensystem. Auch von dem chemisch in-

Ranke, Lebensbedingungen der Nerven.



differenten Chlorammonium sehen wir die peripherischen Nerven nicht unbedeutend alterirt, in ihrer Erregbarkeit erhöht.

Es zeigen uns diese Versuche von Neuem wie gewaltig eine Anhäufung von Ammoniaksalzen namentlich von freiem oder kohlensauerem Ammoniak im Blute auf das gesammte Nervensystem einwirken muss. So dass die ältere Annahme der giftigen Wirkung des kohlensauereren Ammoniaks im Blute hiedurch auf das deutlichste bestätigt wird.

Für die uns hier zunächst beschäftigenden Fragen ist das am wichtigsten, dass wir eine primäre Steigerung der Nervenerregbarkeit durch die alkalischen Ammoniaksalze ebenso nachweisen konnten wie durch Säuren.

Es geht daraus hervor, dass wir auch eine stärker hervortretende alkalische Reaction der Nervensubstanz unter die ermüdenden Einwirkungen auf dieselbe zu rechnen haben.

Wir sehen auch von den Alkalien wie von den Säuren zuerst die Nervenerregbarkeit gesteigert und in der Folge erst herabgesetzt.

Es wird dadurch unsere Anschauung über den chemischen Vorgang der Ermüdung des Nerven wesentlich erweitert, wie in dem folgenden § übersichtlich dargestellt werden soll.

## Capitel VII.

### Chemische Begründung der physiologischen Nervenerregbarkeit.

#### §. 1. Die normale Nervenermüdung.

Die Frage nach der chemischen Begründung der Lebesenseigenschaften der Nerven war bisher kaum in Angriff genommen.

Die ersten Aufschlüsse ergaben meine Untersuchungen über die chemischen Ursachen der Muskelermüdung, bei denen gleichzeitig das Verhalten der Nerven den »ermüdenden Stoffen des Muskels« gegenüber einer vorläufigen Prüfung unterworfen wurde. Die im Vorstehenden dargestellten Versuche haben die dort gemachten Angaben über chemische Bedingungen der Nervenerregbarkeit wesentlich erweitert und umgestaltet.

Ehe wir zur Zusammenfassung der Resultate und ihrer Ergebnisse schreiten, ist es wohl zweckentsprechend den bisherigen Stand der Frage etwas näher zu betrachten.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass es schon bisher bei allen Physiologen feststand, die sich die Frage ernstlich vorgelegt haben, dass die Lebesenseigenschaften der Nerven im letzten Grunde auf chemischen Bedingungen beruhen. Ueberall in der organischen Natur sehen wir mit dem Freiwerden von Kräften chemische Umgestaltungen verknüpft, welche letztere als Ursache für die ersteren angesprochen werden dürfen oder wohl angesprochen werden müssen.

In der Zeit vor den du Bois'schen Untersuchungen finden wir die bedeu-



tendsten Physiologen von diesem Gedanken als einem nothwendigen durchdrungen, ebenso auch nach den genannten bahnbrechenden Neuerungen, welche uns in dem Nerven eine neue Kräfteform erkennen liessen. (Die hierhergehörigen Untersuchungen A. v. HUMBOLDT's werden in Capitel VIII und IX besprochen werden.)

In der 4ten Auflage seiner Physiologie (1844) spricht JOHANNES MÜLLER diese Anschauung in folgender Weise aus, Bd. I. S. 544:

»Alle reizenden Einflüsse, welche in den Nerven durch Veränderung der Materie Erscheinungen ihrer Kräfte hervorrufen, können auch die Reizbarkeit selbst verändern. Bei jeder Reaction findet ein Aufwand der Kräfte statt, in so fern sie durch Veränderung der Materie bewirkt wird, je länger die Reizung dauert, desto grösser ist diese Veränderung. Die Ausgleichung der materiellen Veränderungen durch die während der Ernährung fortgesetzte Wiedererzeugung hebt die täglichen Veränderungen wieder auf.«

Wir sehen aus diesen Worten deutlich, dass nach MÜLLER's Anschauung bei dem Nervenleben materielle, chemische Veränderungen eintreten, auf denen die schwankenden Erregbarkeitsverhältnisse des Nervenlebens beruhen.

Durch die glänzenden Entdeckungen E. DU BOIS-REYMOND's über die Nervelectricität trat bei einer Anzahl von Physiologen der Gedanke an die chemischen Ursachen des Nervenlebens in den Hintergrund. Die physikalischen Eigenschaften zeigten einen solchen direkten Zusammenhang mit den Lebens-eigenschaften der Nerven, dass man es wohl manchmal übersehen zu haben scheint, dass auch die physikalischen Erscheinungen an den Organismen im letzten Grunde auf chemischen Grundlagen basiren müssen.

Die bedeutendsten Autoren aus der nach-DU-BOIS'schen Zeit sprechen sich entschieden in diesem letzteren Sinne aus.

Nirgends finde ich aber die Grundfragen so wohlthuend einfach und scharf ausgesprochen als bei LUDWIG \*). Nachdem er seine Ansicht dargelegt, dass der Nerve seiner Mischung und Form seine Kräfte, und einer Umänderung jener eine Umwandlung der Kräfte verdanke, fährt er fort:

»Nach diesen Darstellungen dürften sich die besonderen Fragen über Nervenkräfte nun so gestalten:

»1) Wie erläutern sich aus der **chemischen Zusammensetzung** resp. **den chemischen Processen** der Nerven die **electrischen Eigenschaften** derselben, oder mit welcher **chemischen Umänderung** steigt und fällt die **Erregbarkeit** und die **Erregung**.«

»2) Auf welchem Wege bewirken die sogenannten **Erregungsmittel** eine **electrische** resp. **chemische Veränderung** der Nerven. «

Die physiologische Forschung hatte in der Zeit als C. LUDWIG diese Sätze formulirte noch nicht einmal einen bewussten Anfang gemacht, an die Lösung dieser Aufgaben heran zu treten. Und in der gesammten physiologischen Literatur der zehn Jahre, welche verflossen sind seit jener Formulirung, suchen

\*) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. II. Auflage. Bd. I. S. 445 f.



wir umsonst nach einem merkbaren Fortschritt in der angedeuteten Richtung. Noch immer bestand der Ausspruch Ludwig's wie damals zu recht:

»Auf die erste dieser Fragen haben wir, beim gegenwärtigen Stand der chemischen Kenntnisse, weder eine Antwort noch auch nur Hoffnung, demnächst zu einer schärferen Fragestellung zu gelangen. Die zweite nach dem Warum und Wie der Veränderung, welche die Nerven durch die Erregungsmittel erfahren, hängt zu innig mit der ersten zusammen, um vor ihr eine Erledigung erfahren zu können.«

So ist der Stand der Frage, an die wir mit den nun neu gewonnenen That-sachen der physiologisch-chemischen Forschung herantreten. Wir können ihn nur in so fern als verändert anerkennen, als im »Tetanus«, wie schon erwähnt, einige vorläufige Angaben über die Wirkung der »ermüdenden Muskelstoffe« auf den Nerven Platz fanden, die aber so lange ihrer eigentlichen Bedeutung entbehren mussten, als es noch nicht gelungen war, sie direkt auf innere chemische Nervenvorgänge zu basiren.

Dieser nothwendige Fortschritt ist nun gelungen; wir sind im Stande die Erregbarkeit der Nerven, diese seine Hauptlebenseigenschaft, aus chemischen Vorgängen im Nerven zu **erklären**.

Unsere Beobachtungen haben festgestellt, dass die Nerventhätigkeit mit einer Säurebildung in der Nervensubstanz einhergehe; ebenso wie das Absterben der Nerven.

Wir haben gefunden, dass die Reaction des lebenden Nerven von dem Neutralen auf der einen Seite zum Sauerem, auf der anderen zum Alkalischen sich verändern könne.

Wir haben gefunden, dass der Wassergehalt der (Central-) Nervensubstanz sich durch die Thätigkeit derselben verändere.

Wir haben gefunden, dass das Nervenleben mit einer physiologischen Kohlensäureerzeugung und einer Sauerstoffaufnahme Hand in Hand gehe.

Wir haben gefunden, dass gewisse Stoffe, die sich in dem Blute je nach dem Zustande des Organismus in wechselnden Mengen vorfinden: Kalisalze, alkalisch reagirende oder sauer reagirende Substanzen und reines Wasser mit besonderer s. v. v. Vorliebe in die Nervensubstanz eindringen, dass der lebende Nerve ein vitales Aufnahmestreben für diese Stoffe besitzt, während er andere Substanzen vor allem neutrale Natronsalze zurückweist.

Wir haben gefunden, dass der Wasserreichthum der centralen Nervensubstanz, welcher grösser ist als sogar der des Blutes, ein Eindringen von Stoffen, die im Blute sich befinden, in die centrale Nervensubstanz sehr begünstige, sodass sich daraus erklärt, dass die Mehrzahl der in's Blut gelangten Stoffe zuerst auf die centrale Nervensubstanz wirksam werden muss.

Mit diesen neu gewonnenen Hülfsmitteln der Erklärung konnten wir an die Hauptfrage nach der Abhängigkeit der Nervenerregbarkeit von chemischen Bedingungen herantreten.

Es ergab sich: das Auftreten einer fixen saueren Reaction der Nervensubstanz durch die Thätigkeit erklärt die Ermü-



dungserscheinungen des Nerven soweit sie sich als Erregbarkeitsveränderungen darstellen.

Die Nervenermüdung ist charakterisirt durch ein primäres Ansteigen der Nervenirregbarkeit und ein secundäres Abfallen derselben.

Dasselbe Ergebniss liefert eine künstliche Säuerung des Nerven. Ganz schwache Einwirkung jeder Säure steigert zuerst die Nervenirregbarkeit, während durch stärkere Einwirkung von Säuren die Erregbarkeit der Nerven herabgesetzt resp. vernichtet wird. Da alle geprüften Säuren dieses Verhalten zeigten, so ist es für das Verständniss des Ermüdungsvorganges im Nerven ganz irrelevant, dass wir die fixe Säure, welche bei der Nerventhätigkeit entsteht, noch nicht mit einem eigenen Namen bezeichnen können. Höchst wahrscheinlich sind aber die Verhältnisse denen im Muskel in dieser Beziehung analog, eine durch die Nerventhätigkeit entstehende organische Säure (Fleischmilchsäure) wandelt die Salze der Nervensubstanz in saure Salze um, sodass sich nun die anorganischen Säuren der Nervensalze z. B. die Phosphorsäure an der sauren Nervenreaction und ihren physiologischen Wirkungen mit betheiligen.

Durch Ruhe kann die normale Nervenermüdung, sowohl die Erhöhung als die folgende Herabsetzung der Erregbarkeit, wieder zum Verschwinden gebracht werden.

Wir sind im Stande, diese normale Restitution der normal ermüdeten Nerven auf experimentellem Wege am künstlich ermüdeten Nerven einzuleiten.

Schon bei den oft citirten Muskeluntersuchungen hatte es sich ergeben, dass durch einfache Entfernung der ermüdenden Stoffe aus dem Nerven die alte Erregbarkeit wiederkehre. Es war dort nur eine Erhöhung der Nervenirregbarkeit durch die Ermüdungsstoffe beobachtet worden, durch Auswaschen dieser Stoffe aus dem Nerven mittelst indifferenten Lösungen (vor allem 0,7% Kochsalzlösung) gelang es dort, die Nervenirregbarkeit auf ihr früheres Maass wieder herabzudrücken.

In den vorstehenden Versuchen zeigen die Wechselversuche mit Ammoniak und Säuredämpfen, dass durch Neutralisation der Säure im Nerven eine Restitution seiner Erregbarkeit, eine Hebung der gesunkenen, eintritt.

Es ist also die Wirkung der Ruhe für den ermüdeten Nerven experimentell auf ihre Gründe zurückgeführt. Sie besteht in einem Wirksamwerden der Circulation des Blutes, welche aus dem Nerven nicht nur die ermüdenden Stoffe durch einfaches Auswaschen entfernt, sondern auch noch durch Neutralisation mittelst seiner alkalischen Reaction unschädlich macht.

Es muss also hier wie bei der Restitution nach der Muskelermüdung betont werden, dass primär der Erfolg der Ruhe nicht als ein Stoffersatz für die durch die Arbeit verbrauchten Stoffe angesehen werden darf.

Die Ermüdung tritt weit früher wie im Muskel so auch im Nerven auf, als alles zur Arbeitsleistung vorhandene Stoffmaterial in diesen Organen verbraucht ist. Die ermüdenden Stoffe — die Säuren — wirken auch im Nerven als Hemmungsvorrichtungen für die chemischen Vorgänge und damit für die Kräfteerzeugung, die Wirkung der Ruhe besteht primär darin, diese Hemmung zu beseitigen, diese ermüdenden Substanzen zu entfernen oder durch Neu-



tralisation unschädlich zu machen, und das Organ kann, wenn das geschehen ist, sogleich seine durch die Ermüdung unterbrochene Arbeit fortsetzen. Hier handelt es sich also zunächst nicht um Ersatzvorgänge.

Der Nerve ist wie der Muskel mit einem Vorrathe aller der Stoffe versehen, die er zur Arbeitsleistung bedarf.

Die Versuche über Arbeitsleistung der Nerven in sauerstofffreien Gasen (z. B. in Wasserstoff) haben gezeigt, dass der geruhte Nerve zum Zwecke der Arbeitsleistung Nichts in sich aufzunehmen braucht, dass vor allem von einer Sauerstoffaufnahme alle chemischen Vorgänge in ihm unabhängig verlaufen können. Auch die Restitution nach der Ermüdung erfolgt, wie direkte Versuche ergeben haben, in einer Wasserstoffatmosphäre ebenso sicher und wie es scheint ebenso vollständig wie bei Anwesenheit von Sauerstoff. Die Erholung erfolgt bekanntlich auch am ausgeschnittenen Nerven, der vom Blute nicht mehr umspült wird.

Wir haben hier vor allem die alkalische Reaction der den Nerven noch umgebenden Gewebe und ihrer Säfte als wiederherstellendes Moment zu betrachten. Da die Ermüdungsproducte, wie die Kohlensäure, zum Theile gasförmig sind, so beruht die Wiederherstellung der Nerven auch auf einer direkten Entfernung dieses Gases, dessen Austritt aus der Nervensubstanz an die umgebende Luft experimentell nachgewiesen wurde. Vielleicht sind die Verhältnisse im Nerven analog wie im Muskel auch in der Beziehung, dass neben der Säure oder durch die Säure aus indifferent reagirenden Stoffen alkalisch reagirende erzeugt werden, wie aus Kreatin das starkalkalisch reagirende Kreatinin, von dem wir nachgewiesen haben, dass es sich durch Neutralisirung der ermüdenden Säure an der Wiederherstellung des Muskels betheiligen kann \*). Auch in der Nervensubstanz ist seit lange der Nachweis der Anwesenheit des Kreatins und Kreatinins (?) gelungen.

Sprechen wir es noch einmal aus: die Erholung nach Nervenermüdung beruht zunächst nicht in einem Ersatz des durch die Thätigkeit zerstörten, zersetzten Stoffes durch noch unzersetzten aus dem Blute, es handelt sich dabei zunächst nur um Wegschaffung und Unschädlichmachung der »ermüdend wirkenden Nervenzersetzungsstoffe.«

Wir haben hier also ganz den gleichen Fall wie im Muskel, bei welchem die Experimente dasselbe Resultat ergaben.

Es wäre aber vollkommen falsch, wenn wir nicht anerkennen würden, dass während der Ruhe vor allem im unversehrten Organismus den ermüdeten Nerven für den durch die Arbeitsleistung bedingten Stoffverlust nicht auch gleichzeitig mit der Wegschaffung der ermüdenden Stoffe ein Ersatz der verbrauchten geboten würde.

Unsere Experimente haben nachgewiesen, dass durch die Arbeitsleistung im Nerven eine gesteigerte Fähigkeit erzeugt wird, Stoffe aus der Umgebung namentlich aus dem Blute aufzunehmen. Wir haben gesehen, dass die saure Nervenreaction, der Zustand der Ermüdung, das Eindringen von Stoffen in den Nerven in hohem Maasse steigert, sodass wir den Satz ausspre-

\*) cf. Tetanus S. 363.



chen mussten: dass der ermüdete Nerve viel reichlicher mit Ernährungsstoffen versorgt werde als der nicht ermüdete, geruhte. Es geht demnach das Auswaschen und Neutralisiren der ermüdenden Stoffe im Nerven (wie im Muskel) des normalen Organismus stets mit einer Neuaufnahme von Nervennahrungsstoffen Hand in Hand, auf Kosten derer die Nervenirregbarkeit im normalen Thiere sich weit länger erhalten kann, als wenn wir den Nerven ausgeschnitten den Reizen und der Beobachtung unterwerfen.

Es genügt also für den Nerven, um zu arbeiten, primär das Reinigen des durch die Arbeit verschlammenden Stoffreservoirs, was jeder Nerve mehr oder weniger gefüllt besitzt. Natürlich wird dieses Reinigen aber nur so lange Erfolg haben, als die Füllung noch nicht verbraucht ist. Um dann noch fort thätig sein zu können, muss eine neue Stoffaufnahme in das Reservoir statt haben. Je reicher von Anfang an die disponible Stoffanhäufung im Nerven ist, desto länger wird sich seine Arbeitsfähigkeit allein durch Wegschaffung der Nervenschlacken erhalten lassen, ein schlecht ernährter Nerve wird bald an der Grenze angekommen sein, wo nur durch eine neue Stoffaufnahme, durch Ernährung ein Fortsetzen der Arbeit möglich ist.

Für den Muskel habe ich beweisen können, dass dieses neu aufgenommene Stoffmaterial, welches erst während der Arbeitsleistung selbst in den Muskel hereinkam, sogleich mit zur Muskelarbeit verwendet werden kann, der bluthaltige ausgeschnittene Muskel leistet eine grössere Summe von Arbeit als ein sonst ganz gleicher blutfreier Muskel \*). Es ist mehr als wahrscheinlich, wenn auch noch nicht sicher erwiesen, dass dasselbe von der Nervenarbeit gilt, so dass demnach die Erholung und Wirkung der ermüdeten Nerven durch Ruhe im Gesamtorganismus sowohl in einer Stoffaufnahme, in Ernährung, als in Stoffabfuhr beruhen wird. Jedenfalls wird die Nervenernährung durch die Thätigkeit der Nerven gesteigert, ein Vorgang, dessen inneren Grund wir durch unsere Experimente aufgedeckt haben.

Auch die Untersuchungen von v. PETTENKOFER und VOIT haben uns gezeigt, dass das Stoffmaterial, das zur Arbeitsleistung in den Arbeitsorganen vorhanden sein muss, wesentlich aus zwei verschiedenen Stoffgruppen bestehe. Die eine sind die physiologisch oxydirbaren Substanzen, die wir gewohnt sind vor allem als Nahrungsstoffe zu betrachten, die andere Gruppe besteht aus Sauerstoff oder gewissen sauerstoffreichen, leicht reducirbaren Nervensubstanzen, auf deren Kosten, durch deren Sauerstoff die Oxydation der erst genannten Stoffgruppe erfolgt. Es ist klar, dass mit der grösseren oder geringeren Menge der letzteren Stoffe, mit der Menge des gebundenen Sauerstoffs in den Organen ebenso die Arbeitsfähigkeit der letzteren steigen und fallen muss, wie mit einem grösseren oder geringeren Vorrath an der ersteren Stoffgruppe. Wenn diese keinen Sauerstoff zur Oxydation vorfinden, so sind sie für das Organ und den Organismus nutzlos.

Aus den Untersuchungen am Muskel und Nerven geht hervor, dass fort und fort eine Sauerstoffaufnahme in diese Gewebe erfolgt; vom Muskel wissen wir, dass er mit diesem neu aufgenommenen Sauerstoff sogleich physiologisch

\*) cf. Tetanus S. 221.



zu arbeiten vermag, er erhält sein Leben länger in Sauerstoff als in sauerstofffreien, für ihn indifferenten Gasen. Da die Athmungsvorgänge im Muskel und Nerven identisch sind, so dürfen wir für den letzteren dasselbe Verhalten in dieser Beziehung vermuthen \*).

Es gibt uns die letztgenannte Beobachtung einen weiteren Blick in die Stoffverhältnisse des Reservoirs in den beiden besprochenen Organen. Es ist stets mehr physiologisch oxydirbarer Stoff in denselben enthalten als die gleichzeitig vorhandenen oxydirenden Substanzen zu bewältigen vermögen, die Summe der Arbeitsleistung kann durch Zuführung von Sauerstoff gesteigert werden. Es muss demnach also auch in dieser Beziehung zur Erholung nicht sogleich eine neue Zufuhr von eigentlichem Ernährungsmaterial erfolgen, es genügt für einige Zeit die Sauerstoffaufnahme, welche den Verbrauch des vorhandenen Stoffmaterials möglich macht, ganz so wie dieser durch die Wegschaffung der ermüdenden Stoffe ermöglicht wird.

### Resultate.

Fassen wir die bisherigen Ergebnisse unserer Betrachtung zusammen, so stellen sich die chemischen Erregbarkeitsbedingungen des Nerven in folgender Weise.

Der Nerve enthält in sich einen Stoffvorrath, auf dessen Kosten er seine Erregbarkeit erhält, die Dauer der Erregbarkeit ist von der Grösse dieses Stoffvorrathes abhängig.

Dieser Stoffvorrath besteht aus oxydirbaren und oxydirenden Stoffen, der Nerve ist dadurch für eine bestimmte Zeit von allen Ernährungsbedingungen unabhängig, er braucht zu seinem Leben für eine gewisse Zeit weder die Aufnahme von oxydirbaren noch oxydirenden Substanzen (Sauerstoff).

Der Nerve ist im Stande durch innere Vorgänge seine Erregbarkeit zu modificiren. Solche Aenderungen treten z. B. bei der Nervenarbeitsleistung ein und bestehen in Ansteigen der Erregbarkeit über die Norm und durch Absinken derselben unter die Norm. Gleichzeitig sehen wir durch die Arbeitsleistung die chemische Reaction des Nerven von einer neutralen (oder schwach alkalischen) in eine immer stärker werdende saure Reaction verwandelt. Das Auftreten dieser Säure ist der Grund für die veränderte Nervenirregbarkeit, wir sind im Stande durch künstliche Säuerung des lebenden Nerven ganz in analoger Weise seine Erregbarkeit zu verändern: die erste Wirkung der Säuren ist eine Erhöhung der Erregbarkeit, die zweite eine Herabsetzung derselben.

Aus der genannten primären Steigerung der Erregbarkeit und der darauf folgenden Erregbarkeitsverminderung setzt sich das Phänomen der Nervenermüdung zusammen. Die im Nerven in Folge der Arbeitsleistung auftretenden Säuren müssen als »ermüdende Substanzen« für den Nerven bezeichnet werden.

Im normalen Organismus findet eine oft rasche Ausgleichung der durch die Thätigkeit der Nerven gesetzten Erregbarkeitsveränderungen statt, ebenso

\*) Mit den oben S. 103 gegebenen Einschränkungen.



bei den aus dem Organismus ausgeschnittenen Nerven kaltblütiger Thiere. Das Experiment beweist, dass diese Wiederherstellung der alten Erregbarkeitsstufe, welche vor der Arbeitsleistung statt hatte, vor allem durch Entfernung und Neutralisation der ermüdenden Stoffe — der Säuren — erfolgt.

Die Anwesenheit der Säuren im Nerven ist aber gleichzeitig der Grund, wie durch die Imbibitionsversuche auf das sicherste nachgewiesen wurde, dass in Folge der Arbeitsleistung ein verstärkter Strom von Ernährungsmaterial aus dem Blute in den Nerven hereintreten kann. Es wird dem ermüdeten Nerven demnach der Stoffverlust auch wieder ersetzt, den er für die Arbeitsleistung erlitten hat.

Aus Analogie mit dem Muskel darf geschlossen werden, dass auch im Nerven ein grösserer Vorrath oxydirbarer Substanz angehäuft sei als die gleichzeitig vorhandenen oxydirenden Stoffe zu bewältigen im Stande sind, sodass die Erregbarkeitsdauer der Nerven durch Sauerstoffzufuhr länger zu erhalten sein würde als ohne dieselbe. Die Erregbarkeitshöhe wird aber durch Sauerstoffzufuhr oder Sauerstoffmangel nach den darüber angestellten Experimenten wie es scheint nicht beeinträchtigt.

Dieselben chemischen Vorgänge, welche wir bei der normalen Ermüdung eintreten sehen, kommen auch bei dem Absterben der Nerven zur Geltung. Auch hier sehen wir ein primäres Ansteigen und secundäres Absinken der Erregbarkeit zu Null; das Absterben ist wie die Thätigkeit der Nerven mit einer Säuerung der Nervensubstanz verknüpft. Es geht aus den schon mitgetheilten Betrachtungen unmittelbar hervor, dass wir auch hier als Ursache der Erregbarkeitsveränderung vor allem an die Säuren zu denken haben. Sicher kommen hier aber auch noch eine Reihe anderer Momente gleichzeitig zur Geltung.

Wir haben bisher nur die Wirkung der fixen Säuren auf den Nerven betrachtet. Der Nerve erzeugt in seiner Lebensthätigkeit auch Kohlensäure. Wenn wir auch noch nicht nachweisen können, dass die Arbeitsleistung der Nerven selbst mit einer gesteigerten Kohlensäureproduction verbunden ist, so wird sich doch im concreten Falle stets mit der Wirkung der im Nerven selbst erzeugten Kohlensäure auf den Nerven die Wirkung der im Blute enthaltenen summiren, von der wir wissen, dass sie durch die Thätigkeit des Organismus gesteigert wird.

Die Kohlensäure ist von sehr energischer Wirkung auf den Nerven.

Sie setzt seine Erregbarkeit ganz regelmässig sehr rasch herab. Wir dürfen also nicht daran zweifeln, dass wenigstens im normalen Organismus die durch die übermässige Ermüdung (z. B. nach Strychninvergiftung) schliesslich eintretende Herabsetzung der Nervenirregbarkeit zum Theil auf dem Wirksamwerden der Kohlensäure beruht.

Die ermüdende Wirkung der Kohlensäure lässt sich wie die der fixen Säuren durch einfache Entfernung des ermüdenden Stoffes wieder vollkommen ausgleichen, wie die Nervenwaschungen nach Kohlensäureermüdung mit Wasserstoff und Luft ergaben. Der Sauerstoff spielt bei der Restitution der Nerven durch Luftwaschung nach der Kohlensäurewirkung keine nachweisbare Rolle.



Dass die Kohlensäure auch als Säure wirke geht daraus vor allem hervor, dass ihre Wirkung durch Neutralisation mit Ammoniak wieder ausgeglichen werden kann.

## §. 2. Ueber krankhafte Einwirkungen auf die Nervenirregbarkeit.

Unsere Beobachtungen haben gelehrt, dass jede geringfügigere Nervenalteration mit einer Steigerung, jede stärkere mit einer Verminderung der Nervenirregbarkeit verbunden sei. Durch Versuche, die Herr stud. med. CORNET unter meiner Leitung angestellt hat, wurde dasselbe Gesetz auch für mechanische Alterationen der Nerven wahrscheinlich. Durch leichte Zerrung der Nerven steigt meist die Erregbarkeit, durch stärkere sinkt sie.

Ganz so wie von der bei der normalen Ermüdung auftretenden saueren Reaction der Nervensubstanz sehen wir die Nervenirregbarkeit auch durch einen Umschlag der neutralen oder schwach alkalischen Reaction in eine stärker alkalische beeinflusst. Auch hier finden wir Steigerung und Herabsetzung der Erregbarkeit durch dieselbe Veränderung hervorgerufen.

Die Beobachtung lehrt, dass die Reaction der Nervensubstanz vom Neutralen bis zum stärker Alkalischen sich während des Lebens verändern könne, besonders bei krankhaft geschwächten Fröschen zeigte sich hie und da eine stärker alkalische Nervenreaction. Es scheint also, dass wir es hier mit einem krankhaften Vorgange zu thun haben, der wohl geeignet erscheint, für krankhafte Erregbarkeitsveränderungen als Erklärungsgrund zu dienen.

Auch eine Steigerung und Verminderung des normalen Wassergehaltes der Nervensubstanz ist mit primärer Erregbarkeitssteigerung und secundärer Herabsetzung verbunden.

Die Versuche ergeben eine physiologische Schwankung des Wassergehaltes im Centralnervensysteme, das mit der Thätigkeit wasserärmer wird. Auch diese Veränderung muss sich im Sinne der Nervenermüdung geltend machen, ebenso wie eine (vermuthete) Wasserzunahme der peripherischen Nerven durch die Thätigkeit. Kaum ein anderes der beobachteten Stoffverhältnisse gibt uns so viel Anhaltspunkte zur Erklärung der je nach dem allgemeinen Körperzustande schwankenden Nervenirregbarkeit. Der Wassergehalt der Nerven ist individuellen Schwankungen in hohem Maasse ausgesetzt, besonders krankhafte Veränderungen der Nervenmischung werden sich in dieser Richtung geltend machen.

Aus den Versuchen über die Kaliaufnahme in den Nerven und ihre Wirksamkeit auf die Erregbarkeit geht hervor, dass wir auch einen nicht unbeträchtlichen Theil der physiologischen und krankhaften Erregbarkeitsschwankungen auf dieses Nerven- und Muskelgift beziehen müssen, so weit sie sich nicht von der Thätigkeit der Nerven ableiten lassen.

Wir sehen durch Nahrungsaufnahme, wobei relativ viele Kalisalze dem Blute auf einmal zugeführt werden, objective Ermüdungssymptome eintreten, die von denen durch Thätigkeit erzeugten kaum zu unterscheiden sind. Aehn-



lich ist es bei der objectiven Ermüdung bei fieberhaften Krankheiten, bei denen die gesteigerte Organoxydation das Blut mit den Kalisalzen der verbrauchten Organe erfüllt. Bei gewissen Centralnervenleiden (acutem Hydrocephalus) sehen wir die Nervensubstanz von einer stark kalihaltigen Flüssigkeit umspült.

Auch das Ammoniak, das BRÜCKE nun im Blute nachgewiesen hat, sowie die Ammoniaksalze wirken in dieser Richtung auf den Nerven ein.

Alle die genannten Stoffe können durch Wegschaffen oder Neutralisation in ihren Wirkungen beseitigt werden, es werden dadurch auch für die Therapie im concreten Falle neue Gesichtspunkte sich ergeben.

Für die pathologisch-chemische Forschung ist durch die vorstehenden Versuche ein neues, ergiebiges Feld der Thätigkeit geschaffen. Da uns jetzt wenigstens die Hauptfragen bekannt sind, die wir bei den chemischen Gewebs- und Säfteanalysen zu stellen haben mit Rücksicht auf eine pathologische Verwerthung, werden wir in der Folge vor mehr weniger nichtssagenden Versuchen und Analysen uns hüten können.

In Beziehung auf die Physiologie ist der nächste Schritt, der nun gemacht werden muss, der, nach den gewonnenen Gesichtspunkten die thierischen Flüssigkeiten: Blut, Lymphe, Chylus, Gewebsflüssigkeiten auf ihre active Betheiligung an den physiologischen (und pathologischen) Vorgängen in den unter ihrer Einwirkung stehenden Organen zu prüfen, und ihre eigenen Stoffänderungen mit Rücksicht auf die vorliegenden Fragen zu erforschen.

In der Richtung auf das Blut liegen mir schon wichtige Ergebnisse einer physiologischen Verwerthung harrend vor. Eine grössere Untersuchung über die Betheiligung der Kalisalze an den physiologischen und pathologischen Lebensvorgängen ist ebenfalls begonnen und es werden darüber wohl schon bald weitere Ergebnisse mitgetheilt werden können.

In dem folgenden Abschnitte der vorliegenden Untersuchung wenden wir uns nun noch zu einigen theoretisch sehr wichtigen Fragen, vor allem über das Verhältniss der Wirkung des constanten electrischen Stromes auf den Nerven zu den beobachteten chemischen Nervenveränderungen. Es werden sich auch noch Andeutungen über die Quellen der thierischen Electricität sowie über das Wesen des electrischen Nervenreizes ergeben.



### III. Abschnitt.

## Die thierische Electricität und die electriche Nervenreizung in ihrem Verhältniss zu chemischen Gewebsmodificationen.

### Capitel VIII.

#### Der Electrotonus Pflüger's und die vorgetragene chemische Theorie der Modificationen der Erregbarkeit.

#### §. 1. Veränderung der chemischen Reaction des Nerven durch den constanten Strom: Nervelectrolyse.

Lässt man auf einen Ischiadnerven des Frosches einen constanten electrischen Strom durch metallische Electroden einwirken, so treten an den Berührungsstellen der Electroden am Nerven chemische Veränderungen ein.

An der Anode sehen wir eine Anhäufung einer auf blaues Laccuspapier stark wirkenden Säure, an der Kathode eine Anhäufung eines alkalischen Stoffes, welcher gelbes Curcumapapier bräunt oder geröthetes Laccuspapier so stark bläut wie stark concentrirte Kalilauge.

Es ist längst bekannt, dass thierische Theile Polarisation annehmen können, in der Säure und dem Alkali haben wir die ganz regelmässigen Producte der galvanischen Polarisation, zweifelsohne werden an den betreffenden Stellen auch noch Sauerstoff (Ozon) und Wasserstoff ausgeschieden.

Diese Polarisation macht sich bemerklich für das Auge in sehr kurzer Zeit und auch bei ziemlich schwachen Strömen. Die Zeit, welche erforderlich ist, um am Multiplicator die physikalische Nervenpolarisation, die du Bois'schen Electrotonusphasen darzustellen, ist z. B. hinreichend, um bei Anwendung eines kleinen Daniell'schen Elementes ohne Nebenschliessung die deutlichste Electrolyse am Nerven hervorzurufen.

Diese Electrolyse tritt auf, wenn man den Strom durch Electroden irgend welchen Metalles dem Nerven zuführt, sie ist ebenso stark bei den Platinelectroden, mit denen man nach du Bois'schem Vorgange bisher die Phasen seines Electrotonus gewöhnlich erzeugte, als bei amalgamirten Zinkelectroden, die ebenfalls vielfältig zu Reizversuchen Verwendung finden.

Bei der Anwendung der du Bois-REYMOND'schen unpolarisirbaren Electro-



den wollte es mir hingegen niemals mit Sicherheit gelingen, eine deutliche Nervelectrolyse wahrzunehmen.

Es ist selbstverständlich, dass man den Nerven bei derartigen Prüfungen vorerst vollkommen zu reinigen hat, um sich nicht durch die oft stark alkalische Reaction der den Nerven überziehenden Flüssigkeiten (Lymphe) täuschen zu lassen.

Bei der Anwendung der unpolarisirbaren Elektroden zeigte sich nun an der Stelle, an welcher die Anode anlag, gewöhnlich eine sehr schwach saure Reaction. Dagegen konnte an der Kathode keine Anhäufung von Alkali nachgewiesen werden. Bei der Prüfung der Thonspitzen der Electroden zeigten diese stets eine wenn auch schwache doch nachweisbare saure Reaction. Es blieb daher fraglich, ob die schwache Säuerung an der Anode nur von dieser an sich sauren Beschaffenheit der Electroden spitzen herrühre oder ob sie Product der Electrolyse sei. Nimmt man an, dass sie wenigstens zum Theil durch Electrolyse entstanden sei, so wäre in der sauren Reaction des Thones der Grund gegeben, warum ein Nachweis von Alkali an der Kathode (mit verhältnissmässig schwachen Strömen) nicht gelingen konnte, das entstehende Alkali wurde seiner geringen Menge wegen durch die Säure der Electroden spitzen sogleich neutralisirt, weggeschafft.

Wie das auch sein möge, die s. g. unpolarisirbaren Electroden PFLÜGER'S, welcher er sich zur Darstellung der Modificationen der Nervenirregbarkeit mittelst des constanten Stromes bediente, zeigten, wie PFLÜGER selbst angibt, eine wenn auch schwache und rasch vergängliche Polarisation (Electrotonus S. 101), dasselbe ist, wenn auch in noch geringerem Grade von den erstgenannten unpolarisirbaren Electroden nachweisbar.

Und alle Zweifel, die wir in dieser Beziehung hegen könnten, verschwinden vor dem in der Theorie des Galvanismus jetzt wie es scheint sicher feststehenden Satze, dass kein Electrolyte den electrischen Strom ohne Zersetzung zu leiten vermöge. Schon E. DU BOIS-REYMOND sagt 1848 in seinen Untersuchungen über thierische Electricität Bd. I. 236: »Eine grosse Anzahl von Thatsachen hat sich in neuerer Zeit zusammengefunden, aus deren Vereinigung mit vieler Wahrscheinlichkeit hervorgeht, dass kein feuchter Leiter einen Strom fortzuführen vermöge, ohne dadurch zugleich auf allen Punkten der durchlaufenen Strecke zersetzt zu werden.« Die Unpolarisirbarkeit der galvanischen Elemente wie der Electroden beruht bekanntlich nur darauf, dass die ausgeschiedenen Ionen sogleich nach ihrem Entstehen wieder vorgeschafft, unschädlich gemacht werden.

Von DU BOIS-REYMOND ist es noch direkt erwiesen worden, dass auch an der Grenze zweier Electrolyte Polarisation stattfindet und dass die von ihm entdeckte innere Polarisation der thierischen Theile durch den electrischen Strom auch bei unpolarisirbaren Electroden auftritt \*).

Es scheint sich daraus zu ergeben, dass der Mangel des Nachweises der electrolytischen Producte bei Anwendung unpolarisirbarer Electroden nicht aus

\*) Mit den PELTIER'schen Ladungen haben die von mir obenerwähnten electrolytischen Vorgänge direkt keinen Zusammenhang. Du Bois a. a. O. Bd. I. 376 ff.



ihrer vollkommenen Abwesenheit sondern aus ihrer geringen Menge oder daraus sich erklären lasse, dass sie sehr rasch nach ihrem Entstehen wieder weggeschafft werden.

Auf den starken Widerstand der unpolarisirbaren Electroden gegenüber den rein metallischen bedarf es keines Hinweises; dass deswegen bei gleicher electromotorischer Kraft der angewendeten galvanischen Elemente der electrolytische Effect an der Grenze der Platinelectroden ein stärkerer sein muss als an der Grenze der unpolarisirbaren Electroden, ist von selbst einleuchtend.

Dass auch durch die Ströme der thierischen Electromotore Electrolyse erzeugt wird, sodass wir also auch bei Anwendung derselben z. B. auf den Nerven schwache electrolytische Wirkungen haben, hat ebenfalls E. du Bois-REYMOND a. a. Ort. Bd. I. S. 443 f. nachgewiesen.

Es sprechen diese Bemerkungen dafür, dass bei jeder möglichen Einwirkung der constanten Ströme auf den Nerven (wie auf alle thierischen Gebilde) wenn auch in stärkerem oder schwächerem Grade der oben angegebene electrolytische Process mit Auftreten von Säure an der Anode und von Alkali an der Kathode eintrete.

Dass bei metallischen Electroden Zersetzungen am Nerven auftreten, ist lange bekannt, das Streben nach Anwendung unpolarisirbarer Electroden in der Reizphysiologie hat gerade darin seinen Grund, indem man einerseits die durch die Polarisation der Electroden eintretende Stromschwächung, andererseits eine ätzende Wirkung der entstandenen Ionen auf den Nerven vermeiden wollte. So sagt z. B. PFLÜGER *Electrotonus* S. 97 f.: »Die Gründe, welche uns bei den an den Nerven anzulegenden Electroden bestimmen, die Polarisation auszuschliessen, sind einmal dieselben, welche bei der Säule bereits erwähnt wurden und Bezug haben auf die Constanz des electrischen Stromes, andernteils aber auf die Ausscheidung solcher Stoffe am Nerven, welche als solche bereits unmittelbar chemisch seine Substanz angreifen.«

Ehe wir weiter fortschreiten, wollen wir noch den Vorgang der Nerven-electrolyse an einigen Beispielen näher betrachten.

Die Prüfung wurde sowohl mit blauem Laccmus- und mit gelbem Curcumapapier angestellt als auch sehr zweckmässig mit violettem Laccmuspapier, das sich durch Säuren röthete und durch Alkalien bläute.

### Versuche über Nerven-electrolyse.

#### 1.

Nachdem am vorher mit Kochsalzlösung von 0,7 % gereinigten Nerven durch ein kleinstes Grove'sches Element ohne Nebenschliessung mit den Du Bois'schen Platinschaufelelectroden in möglichst kurzer Zeit die negative Phase des *Electrotonus* am Magneto-Galvanometer beobachtet war, zeigte sich die Reaction des Nerven folgendermassen verändert.

Die Reaction der Nervenstrecke, von welcher der Nervenstrom und die negative Phase abgeleitet war, zeigt sich unverändert: neutral.

Die Anlagerungsstelle der Kathode ist stark alkalisch, die Reaction schneidet scharf an der Grenze der Electrode ab. An der Anode zeigt sich eine sehr stark saure Reaction, die sich in die intrapolare Strecke etwas herein verbreitet. Jen-



seits der Anode in der extrapolaren Strecke ist noch eine kleine Strecke sauer, dann beginnt wieder die neutrale Reaction.

## 2. und 3.

Zwei Nervenmuskelpreparate wurden in umgekehrter Richtung auf die Platinelectroden aufgelegt. 2 kleinste Grove's ohne Nebenschliessung.

A. Strom im Nerven aufsteigend.

B. Strom im Nerven absteigend.

A hat nach 5' starken Oeffnungstetanus, B ist bei Oeffnung ruhig und zeigt nur Schliessungszuckung. Nach dem Abschneiden der Nervenstrecke, an welcher bei A die Anode angelegen hatte, hörte der Oeffnungstetanus regelrecht auf.

An der Anode war bei A die Säure deutlich, sie kroch etwas in die intrapolare Strecke herein, dort folgte dann eine neutrale Partie, auf diese dann nur an der Kathode die alkalische. Der übrige Nerve war neutral.

Bei Nerve B war die Erregbarkeit nach 15 Minuten fast verschwunden, schwache Schliessungszuckung.

In der extrapolaren Strecke jenseits der Anode war der Nerve noch eine sehr kurze Strecke weit sauer, sonst neutral.

Das Nervenstück ausserhalb der Kathode war ganz neutral.

In der intrapolaren Strecke des Nerven verbreitete sich das Alkali sehr weit hinein etwa über die Hälfte des Nerven, die stark saure Reaction an der Anode ist auf die Anlagerungsstelle beschränkt, zwischen der sauren und alkalischen Reaction in der intrapolaren Strecke ist noch ein neutrales Nervenstück.

Alle vielfältigen analogen Versuche ergeben das gleiche Resultat, dass die Säure und das Alkali nur an und um die Electroden selbst angehäuft sind, die weiter entfernt liegenden Nervenstrecken verändern ihre Reaction nicht.

Es zeigen die angestellten Versuche, dass:

die nachweisbare Veränderung der chemischen Reaction der Nervenoberfläche durch Electrolyse nur an der von dem constanten Strom direkt durchflossenen Nervenstrecke eintritt und in deren unmittelbarer Nähe.

Dieser Satz wird uns für unsere folgenden Betrachtungen von Bedeutung werden.

Gleichzeitig lehren die angestellten Versuche noch etwas Weiteres:

Der Oeffnungstetanus entsteht durch chemischen Reiz.

Vielleicht ist der electriche Nervenreiz meist wie hier ein chemischer.

Die Anhäufung der Säure, welche an der in ihrer Erregbarkeit gesteigerten Nervenstrecke an der Anode nach der Stromöffnung sich befindet und nun in den Nerven eindringt, muss auf den Nerven erregend wirken.

Bei absteigendem Strom kann der Oeffnungstetanus wegen der nach dem Oeffnen der Kette eintretenden starken Verminderung der Erregbarkeit in der früher katelectrotonischen Strecke nicht so leicht zur Erscheinung kommen. Dasselbe ist wohl der Grund warum das Alkalid an der Kathode nach dem Oeffnen der Kette, während es nun in den Nerven eindringt, nicht reizend wirken kann, die Nervenstrecke, auf die es einwirkt, befindet sich ja in dem Zustand herabgesetzter Erregbarkeit. Bei dem Schliessen der Kette scheint dagegen das entstehende Alkali wirklich als Reiz wirksam zu werden.



Es ist mit diesen Betrachtungen und Versuchen noch nicht erwiesen, dass der electriche Reiz stets nur ein chemischer ist, aber die Beobachtung, dass bei dem Oeffnungstetanus (mit Metallelektroden) unzweifelhaft der nach der Oeffnung der Kette andauernde Nervenreiz ein chemischer Stoff, Säure ist, macht diese schon von A. v. BEZOLD ausgesprochene Ansicht doch gewiss noch wahrscheinlicher.

Im ersten Capitel dieser Untersuchung S. 9 wurden Versuche erwähnt und einer derselben ausführlicher beschrieben, in welchen nach electriche Reizung des ausgeschnittenen Nerven mit den Wechselströmen des Magnetelectromotors das direkt gereizte Nervenstück eine saure Reaction angenommen hatte. Es wurde schon dort darauf hingewiesen, dass höchst wahrscheinlich diese Säure dem Haupttheile nach als durch Electrolyse entstanden angesehen werden müsste. Das bekannte Ueberwiegen der positiven Wirkung bei der gewöhnlichen Magnetelectromotorreizung macht wohl dieses Auftreten einer Säure als alleiniges electrolytisches Product verständlich. Wir sehen sonach, dass bei dem Reizen mit dem Magnetelectromotor ebenso wie bei dem Oeffnungstetanus eine Säure als eigentlicher Reiz angenommen werden könnte.

Dass Alkalien (Kali oder Natron) dem Nerven direkt applicirt Zuckungen erregen können, ist lange bekannt. Dass demnach das an der Kathode entstehende Alkali, wenn die Erregbarkeit des Nerven erhöht ist (Katelectrotonus) als Reiz gelten könnte, bedarf an sich keines weiteren Beweises. Es ist nur auffallend, dass während der geschlossenen Kette an der Kathode nicht immer eine Reizung stattfindet, während doch nach dem Oeffnen der Kette an der Anode durch das Eindringen der Säure ein lange anhaltender Tetanus erzeugt wird. Dass dagegen bei geschlossener Kette an der Anode durch die Säure keine Reizung stattfindet, ist nicht schwer begreiflich, dort ist nicht nur die Erregbarkeit vermindert, sondern der constante Strom hält auch, so lange er geschlossen ist, die Säure an der Nervenoberfläche fest und wir sehen, dass nur während des Eindringens der Säure in die Nervensubstanz eine Reizungsursache gegeben ist. So wie wir den Strom wieder schliessen fällt mit der neuen Anhäufung der Säure an die Berührungsstelle der Grund der eintretenden Reizung, das Eindringen der Säure in den Nerven, weg, der Oeffnungstetanus verschwindet. Legt man den Strom dagegen um, so kommt nun an die Stelle, an der Säure vorhanden ist, auch noch eine weitere Steigerung der Nervenerregbarkeit an der ehemaligen Anode hinzu, die Säure dringt fort und fort ein und wir sehen den Tetanus verstärkt.

Das Gesetz der chemischen Reizung lautet wahrscheinlich so: Sowohl im Momente des Aufbringens auf die Nervenoberfläche als bei dem Eindringen in die Nervensubstanz vermögen Alkalien und Säuren bei genügender Stärke als Reize zu wirken. Bei geringerer Stärke wirken sie jedoch nicht, wenn die von ihnen getroffene Nervenstrecke sich im Zustande herabgesetzter Erregbarkeit befindet.

Dass nach dem Umlegen des Stromes bei Oeffnungstetanus die electrolytische Säure an der Anode nicht sogleich neutralisirt ist, habe ich bei vielfältiger Prüfung stets gefunden, man sieht dann saure und alkalische Reaction direkt am Nerven neben einander. Man muss sich dabei erinnern, dass bei



längerer Einwirkung des constanten Stromes die Säure (und das Alkali) sich etwas jenseits der Electroden sowohl in die intrapolare als extrapolare Strecke verbreitet, sodass bei der zuerst und an der Anlagerungsstelle der Kathode selbst entstehenden alkalischen Reaction für einige Zeit noch keine Neutralisation oder Verwandlung der sauren in eine alkalische Reaction eintritt.

## §. 2. PFLÜGER'S Electrotonus lässt sich durch chemische Nervenveränderung nachahmen.

In dem vorstehenden § haben wir die Erscheinungen der Nervenelectrolyse bei Anwendung von Metallelektroden dargestellt und schon einen Schluss auf die Wirkungsweise der Electricität als Nervenregungsmittel zu ziehen versucht.

In diesem § wollen wir noch weiter vorschreiten; es wird sich ergeben, dass wir durch Anwendung von Säure und Alkali auf den Nerven möglichst in der gleichen Weise wie sie bei der Electrolyse des Nerven entstehen, ganz analoge Phasen der Erregbarkeit des Nerven hervorrufen können, wie wir sie durch Anwendung des electrischen Stromes hervorzubringen vermögen, von dem wir wissen, dass er sowohl die Nervenregbarkeit modificirt als auch Veranlassung zur Entstehung von Säure und Alkali am und im Nerven gibt.

Doch würde der Schluss immerhin, so wahrscheinlich er auch sein mag, noch nicht genügend gesichert sein, wenn wir aussprechen würden, dass die Wirkung des constanten electrischen Stromes allein in dieser äusserlichen Electrolyse bestünde, dass er sonst keine Mittel besitze, auf die Erregbarkeit der Nerven direkt einzuwirken \*).

Wir werden im Gegentheile noch in der Folge unserer Betrachtung sehen, dass die Wirkungsweise der chemischen Stoffe auf den Nerven wenigstens bei der Veränderung, die sie auf die Erregbarkeit hervorbringen, höchst wahrscheinlich selbst eine electriche ist. Sodass wir also wohl verstehen können, wie auch ohne nachweisbares Auftreten electrolytischer Producte der electriche Strom in demselben Sinne gewissermassen für sich allein dieselben Veränderungen hervorzubringen vermag als jene.

Die Erzeugung des Electrotonus auf chemischem Wege kann sich der Erzeugung dieses Vorganges auf electrischem Wege mit unpolarisirbaren Electroden noch nicht als Erklärung desselben entgegen stellen, sie stellt sich ihr aber als ein ganz analoger Vorgang an die Seite und wir dürfen behaupten, dass sich stets bei dem electrischen Electrotonus der chemische Electrotonus mehr weniger stark einmischt, bei polarisirbaren Electroden kommt er überwiegend zur Beobachtung. —

Als ich die Versuche zur Erzeugung des Electrotonus auf chemischem Wege begann, arbeitete ich mit dem ganzen Apparate, den PFLÜGER zum Studium des electrischen Electrotonus angewendet und beschrieben hat.

\*) Es scheint ganz unmöglich, die innere chemische Umgestaltung des Nerven durch den constanten Strom, die innere Polarisation chemisch nachzuahmen, die bei dem Electrotonus wohl sicher eine Hauptrolle spielt. Das erscheint als einer der Gründe, warum der electriche Strom für die Erzeugung des Electrotonus der chemischen Methode gegenüber im Vortheile bleibt.



du Bois'sches Rheochord, PFLÜGER's Fallhammer und Myographion, unpolarisirbare Electroden etc. etc.

Ich stand aber bald von diesem Apparate ab, da es sich zeigte, dass man diese Versuche, die selbstverständlich ja nur qualitativ sein können, auf viel einfacherem Wege mit genügender Sicherheit zur Anschauung bringen kann.

Schliesslich arbeitete ich nur noch mit dem Schlittenapparat, du Bois'schem Schlüssel und Platinelectroden und verglich den Reizerfolg nur mit dem Auge, indem ich bestrebt war einmal bei Herabsetzung der Erregbarkeit die Muskelzuckung bei gleichbleibender Reizstärke von einer bestimmten Höhe zu 0 herabsinken zu machen und andererseits bei Erhöhung der Erregbarkeit sie von 0 zu einer bestimmten Höhe, zum Tetanus ansteigen zu lassen.

Aus vielen Versuchen wähle ich zu Beispielen folgende aus, bei denen noch Anwendung von dem PFLÜGER'schen Apparate gemacht wurde.

Nach vielen vergeblichen Versuchen, mit concentrirteren Säuren zu Recht zu kommen, wendete ich hiebei eine sehr verdünnte Salpetersäure an, welche sich für den Nerven auch bei längerem Aufenthalt in ihr als unschädlich erwiesen hatte. Man muss diesen Concentrationsgrad stets erst herausprüfen, bei Salzsäure ist der Spielraum ein etwas weiterer. Weiter unten werden wir eine ganz einfache nie versagende Methode, den Säureanelectrotonus herzustellen kennen lernen.

## I.

### Versuche über Säure-Anelectrotonus.

## 1.

Rheochordlänge . . . . .	140 M. M.
Zuckungshöhe . . . . .	4 »
Mit der verdünnten $\text{NO}_5$ an der oberen extrapolaren Strecke nahe den Electroden minimal betupft, Zuckungshöhe . . . . .	0 »
Rheochordlänge . . . . .	150 »
Zuckungshöhe . . . . .	1 »
Rheochordlänge . . . . .	160 »
Zuckungshöhe . . . . .	4 »

## 2.

Rheochordlänge . . . . .	100 M. M.
Zuckungshöhe . . . . .	9,0 »
Mit $\text{NO}_5$ betupft zwischen dem Muskel und den Electroden, Zuckungshöhe . . . . .	6,5 »
Die $\text{NO}_5$ mit $\text{NaO CO}_2$ neutralisirt, Zuckungshöhe . . . . .	9,2 »

Der Grund, warum ich diese Versuchsmethode aufgab, war ausser dem Obengesagten vor allem der, dass die Hervorrufung des Säure-Anelectrotonus (= die Verminderung der Nervenirregbarkeit durch Anbringen einer minimalen Säuremenge an eine ganz beschränkte Nervenstelle in der Nähe der reizenden Electroden, doch ohne dass sie davon berührt wurden) auf grosse Schwierigkeiten stiess, welche es wünschenswerth machten, die Versuchsvor-



richtung möglichst zu vereinfachen, um die an sich schon schwierigen Versuche nicht auch noch weiter zu compliciren.

Die Verminderung der Nervenirregbarkeit durch Säuren gelang mir anfänglich nur schwer und unregelmässig, das liegt darin, dass, wie wir ja schon wissen, die Säuren, sowie sie in das Innere des Nerven eindringen, die Nervenirregbarkeit erhöhen. Es kann also nur dann die Erregbarkeitsverminderung durch Säuren in Erscheinung treten, wenn wir, was nach Capitel V fast unmöglich erscheint, saure Flüssigkeiten verwenden, welche längere Zeit auf der Nervenoberfläche verweilen, ohne in die Nervensubstanz einzudringen.

Eine derartige Säure ist jene schon erwähnte verdünnte Salpetersäure, die man sich durch Einträufeln von concentrirter Salpetersäure in Wasser oder 0,7 % Natron-Salpeterlösung herstellt, sie enthält etwa 1 pro mille Säure. Wenn man ganz minimale Säuremengen an den Nerven bringt, so gelingt der Versuch jedoch auch mit concentrirter Salpetersäure recht gut, oft beobachtet man dabei aber sogleich primär eine Steigerung der Erregbarkeit. Durch Berührung des Nerven mit einem feuchten Splitterchen fester Oxalsäure gelang mir der Versuch der Erregbarkeitsverminderung ebenfalls fast regelmässig, und dieser Versuch ist darum von besonderer Wichtigkeit, weil hiebei die direkte Säurewirkung fast ebenso wie bei der Electrolyse auf einen kleinsten Punkt der Nervenoberfläche beschränkt bleibt. Ueberhaupt muss hier darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Säure-Anelectrotonus meist nicht wahrnehmbar entsteht, wenn man den Nerven in grösserer Ausdehnung mit Säure bestreicht, ein Pinsel, auch ein möglichst feiner, ist schon ein viel zu grobes Instrument zu diesem Zwecke. Am zweckmässigsten fand ich fein ausgezogene Glasfäden, die man in die Flüssigkeit eintaucht, dann ablaufen lässt, sodass man keine Flüssigkeit mehr anhaften sieht. Damit berührt man den Nerven nahe den reizenden Electroden sanft; es darf kein Tröpfchen auf dem Nerven sichtbar werden. Der Rollenabstand bei diesen Versuchen muss so gewählt sein, dass sie eine ziemlich schwache aber deutliche Zuckung der Unterschenkelmuskeln hervorruft, diese wird durch die Anwendung der Säure zu Null herabgedrückt.

Schliesslich fand ich eine Säure, welche unter allen Umständen niemals den Dienst versagt, es ist das die Kohlensäure.

Um die Wirkung derselben auf einen kleinen Punkt des Nerven zu beschränken, wurde der Nerve auf einer Glasplatte, auf der die Electroden angebracht waren, mit plastischem Thon bedeckt, der mit 0,7 % Kochsalzlösung ziemlich feucht angemacht war. Nur ein kleines Stückchen Nerve nahe den Electroden blieb frei. Auf dieses Stückchen wurde mittelst einer feinen Röhre reines Kohlensäuregas geleitet. Nach ganz kurzer Zeit trat die uns schon aus den früheren Versuchen Capitel VI bekannte Herabsetzung der Nervenirregbarkeit durch Kohlensäure ein, die sich also auch auf eine einzelne Nervenstrecke beschränkt darstellen lässt\*).

Die Hauptschwierigkeit, welche dem Säure-Anelectrotonus entgegensteht

\*) Um die Säure-Anelectrotonus-Versuche zu wiederholen, wird es wohl am zweckmässigsten sein, mit den Wirkungen der Kohlensäure auf die Nervenirregbarkeit zu beginnen.



ist wie gesagt die, dass die Nervenirregbarkeit sowie die Säuerung in das Innere des Nerven fortschreitet, nicht herabgesetzt, sondern erhöht wird.

Dasselbe haben uns schon die früheren Versuche über die Nervenirregbarkeit durch Säuren für den ganzen Nerven gelehrt, hier sehen wir, dass dasselbe auch wie die Electrotonusphasen für eine kleinste Nervenstrecke innerhalb des sonst unversehrten Nerven Geltung hat.

Der Electrolyse gelingt es sehr einfach, die Säure an der Nervenoberfläche direkt nur an der Electrode festzuhalten; so lange der Strom geschlossen ist, kann sich die Säure nicht von den Electroden entfernen. Sowie wir den Strom aber öffnen, sehen wir sofort die uns bekannte erhöhende Wirkung der Säure auf die Erregbarkeit eintreten, die Säure dringt sogleich in das Innere des Nerven ein, es erfolgt der Zustand des abklingenden Anelectrotonus.

Bei dem chemischen Anelectrotonus haben wir kaum ein Mittel die Wirkung der Säure auf die Oberfläche zu beschränken, so kommt es, dass nicht selten bei unpassender Anwendung der Säure primär keine nachweisbare Veränderung der Erregbarkeit eintreten kann, oder dass sich sogleich das Eindringen der Säure geltend macht und nur Erregbarkeitserhöhung erfolgt.

Nur in der Kohlensäure haben wir eine Säure, welche für lange Zeit gar nicht in das Innere des Nerven eindringt, wie mir direkt darauf gerichtete Versuche sicher gelehrt haben. Es kann das Eindringen der Kohlensäure nur auf dem langsamen Weg der Gasdiffusion zwischen Atmosphäre und Nerveninhalt eintreten, der nur sehr langsam sein kann, da die Nervensubstanz, wie wir nachgewiesen haben, schon an sich Kohlensäure enthält.

Die Versuche zeigten, dass nach halbstündigem und längerem Aufenthalt des Nerven in Kohlensäure die saure Reaction nur äusserlich dem Nerven anhaftete, während die Nervensubstanz selbst nach wie vor neutral mit einer Neigung zum Alkalischen reagirte. Sehr häufig fand sich sogar die Reaction des Nerven, der längere Zeit ( $\frac{1}{2}$  Stunde) in einer reinen Kohlensäureatmosphäre sich befunden hatte, sogar äusserlich nicht an allen Stellen sauer, an den Partien, an denen etwas mehr Flüssigkeit (Lymphe und Blut) ansass, war die Reaction der Oberfläche noch deutlich alkalisch.

Das ist also auch die Erklärung dafür, warum wir zu unserem anfänglichen Erstaunen (cf. S. 400) bei der Kohlensäurewirkung kein Stadium der erhöhten Erregbarkeit wahrnehmen konnten, die äusserlich applicirte Kohlensäure dringt eben nicht in den Nerven ein und kann deshalb nicht dieselben Wirkungen hervorbringen wie die in die Nervensubstanz sehr rasch eindringenden flüssigen Säuren. —

Fassen wir das Resultat zusammen, so gestaltet es sich also folgender Massen:

Wenn wir Säuren in minimaler Menge an eine sehr kleine Nervenstrecke, an einen Punkt der Nervenoberfläche appliciren, so tritt (bei Kohlensäureanwendung regelmässig, bei den anderen Säuren in der Ueberzahl der Fälle) eine Herabsetzung der Erregbarkeit ein. Diese Herabsetzung der Erregbarkeit geht mehr weniger rasch in eine secundäre Erhöhung über (bei den concentrirteren



Säuren am deutlichsten, bei der Kohlensäure am wenigsten deutlich), von der dann die Nervenirregbarkeit zur Norm zurückkehrt (am deutlichsten, regelmässigsten bei der Kohlensäure).

Aus den unzähligen Versuchen, die ich zum Beweise dieses Satzes angestellt habe, will ich nur einige als Beispiele mittheilen.

## II.

### Weitere Versuche über Säure-Anelectrotonus.

## I. Versuche mit Kohlensäure.

	Rollenab- stand in M. M.
1.	
Minimal-Zuckung des frischen Nerven bei . . . . .	16,0
Nach 1 Minute Anwendung von Kohlensäure, aufsteigender Anelectrotonus: bei 16 M. M. Rollenabstand keine Zuckung.	
Nach 6 Minuten, die Erregbarkeit etwas erhöht gegen den frischen Zustand, Minimalzuckung bei . . . . .	16,3
2.	
Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . .	15,5
Ein Strom CO <sub>2</sub> auf die freie Nervenstrecke geleitet, die Zuckungen hören auf nach $\frac{3}{4}$ —1 Minute, absteigender Anelectrotonus: bei 15,5 keine Zuckung mehr.	
Nach $2\frac{1}{2}$ Minuten ist die alte Erregbarkeit wieder zurückgekehrt, sie ist nur minimal erhöht. Minimalzuckung bei . . . . .	15,6

## II. Versuche mit concentrirter Salpetersäure.

3.	
Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . .	38,8
Nach dem Betupfen mit concentrirter Salpetersäure, aufsteigender Anelectrotonus, bei 38,8 M. M. keine Zuckung.	
Nach 2 Minuten folgt auf die Herabsetzung die Erhöhung der Erregbarkeit (abklingender Anelectrotonus), Minimalzuckung bei . . . . .	42,6
Nach $2\frac{1}{2}$ Minuten . . . . .	50,5!
4.	
Frische Minimalzuckung . . . . .	34,2
Nach der Betupfung mit NO <sub>5</sub> conc. bei 34,2 M. M. keine Zuckung.	
Nach 1,8 Minuten ist die Erregbarkeit erhöht, Minimalzuckung bei . . . . .	36,2

## III. Versuche mit fester Oxalsäure.

5.	
Nerve deutlich und stark erregt bei . . . . .	33,0
Ein feinstes Splitterchen von Oxalsäure aufgelegt über den reizenden Electroden (aufsteigend), bei 33 M. M. keine Zuckung mehr, es erfolgt aber deutliche Zuckung bei . . . . .	34,0
Die Herabsetzung also von 33 zu 34 M. M., dann nimmt die Erregbarkeit wieder zu.	



6.	Rollenab- stand in M. M.
Deutliche Zuckung des frischen Nerven bei . . . . .	33,2
Mit einem Splitterchen Oxalsäure berührt, bei 33,2 keine Zuckung mehr. Sie tritt erst ein bei . . . . .	31,5
$\frac{1}{2}$ Minute später bei . . . . .	29,5
Dann steigt die Nervenregbarkeit wieder.	
Bis die Oxalsäurewirkung eintritt vergeht öfters einige Zeit, etwa $\frac{1}{2}$ Minute.	

Ganz so sind die anderen angestellten Versuche und ihre Ergebnisse. Die Beispiele werden genügen, um eine richtige Vorstellung von ihnen zu geben. —

Wenn wir mit dem Nachweise, dass die Wirkung der Säure an der Stelle der Anode die gleichen Erregbarkeitsveränderungen am Nerven hervorbringt wie die Anode des constanten Stromes selbst, zu Anfang einige Schwierigkeit gehabt haben, so ist der Nachweis, dass Alkali an der Stelle der Kathode die gleiche Wirkung hat wie die Kathode des constanten Stromes um so leichter. Um sich vorläufig ein Bild von den obwaltenden Verhältnissen bei dem chemischen Electrotonus zu machen, ist es wohl am rathlichsten mit dem Alkalikatelectrotonus die Versuche zu beginnen.

Bei diesen Versuchen stellt man die Rollen am besten so ein, dass eben keine Zuckung am Nerven erfolgt. Nun berührt man den Nerven auf- oder absteigend am besten mit einem feinsten Splitterchen festen Kalihydrates, der Erfolg ist ausnahmslos momentan: die Rollenstellung, welche anfänglich keine Zuckung auslöste, erregt nun heftigsten Tetanus. Nach einiger Zeit beginnt die Erregbarkeit wieder zu sinken, sie sinkt unter die Erregbarkeit des frischen Nerven und hebt sich dann langsam wieder.

Wir haben hier also vollkommene Uebereinstimmung des Kalikatelectrotonus mit dem Katelectrotonus selbst.

Solange das Alkali auf der Nervenoberfläche sich befindet, sehen wir starke Erhöhung der Nervenregbarkeit in der Nähe der veränderten Stelle: Katelectrotonus; so wie es in das Nerveninnere eindringt, sehen wir die Erregbarkeit zuerst herabgesetzt, um später wieder zu steigen: abklingender Katelectrotonus.

Die Versuche gehen auch vortrefflich mit flüssigen Alkalien, auch mit kohlen-sauerem Natron. Man thut, um beide Wirkungen des Alkali zu sehen, am besten Minimalmengen der concentrirten Substanzen anzuwenden, was auch für die Säurewirkung, wie die obigen Versuche zeigen, am zweckmässigsten wäre, wenn hier die secundäre Erregbarkeitssteigerung nicht störte.

Auch hier sollen einige Versuchsbeispiele angeführt werden \*).

\*) Es braucht nicht erst direkt gesagt zu werden, dass an die Electroden selbst keine Spur der angewendeten Flüssigkeiten kam. Es wurde auch hier ebenso wenig ein Tröpfchen auf den Nerven gebracht wie bei den Säureversuchen, es wurde der Nerve mit dem eingetauchten aber äusserlich trocken scheinenden Glasfaden nur berührt. Es hat also ein etwa am Nerven über den Electroden haftendes Tröpfchen keinen Antheil an dem veränderten Reizerfolg. Bei der Kohlensäurewirkung fällt dieser etwaige Verdacht an sich ganz hinweg; Säure und Alkali wirken ja übrigens auch entgegengesetzt.



## III.

## Kali-Katelectrotonus-Versuche.

## 1.

Mit concentrirtem Kali wurde mittelst eines feinsten Glasfadens der Nerve über den Electroden berührt (aufsteigender Katelectrotonus).

4 mal an demselben Nerven\*) trat eine sehr starke Erregbarkeits-Erhöhung ein, die nach einiger Zeit verschwand und einer Erregbarkeitsverminderung Platz machte, die dann wieder in kürzester Zeit in ein Ansteigen der Erregbarkeit umschlug.

Einer der 4 Versuche ergab z. B. folgende Zahlenwerthe:

	Rollenab- stand in M. M.
Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . .	32,2
Nach der Kaliberührung der heftigste Tetanus bei . . . . .	32,2
Nach 1 Minute Minimalzuckung bei . . . . .	26,0
Nach 2 1/2 Minuten bei . . . . .	31,0

## 2.

Absteigender Kali-Katelectrotonus. Mit concentrirter Kalilösung berührt unterhalb der Electroden.

	Rollenab- stand in M. M.
Minimalzuckung des frischen Nerven bei . . . . .	37,0
Mit Kali berührt sogleich heftigster Tetanus bei . . . . .	37,0
Minimalzuckung bei . . . . .	<b>43,1</b>
Nach 4 Minuten, die Minimalzuckung gesunken auf . . . . .	33,5
Nach 1 Minute wieder . . . . .	37,8

So wie die Kaliwirkung zu energisch ist, sieht man die Wiederkehr der normalen Erregbarkeit nicht deutlich, es zeigt sich dann nur die momentane Steigerung der Erregbarkeit und das nach einiger Zeit eintretende Sinken. Die Nerven werden nicht selten durch das Kali constant gereizt, es erfolgen Muskelzuckungen durch die Flächenberührung des Nerven mit Kali.

Die Versuche der beiden letzten §§ haben sonach gezeigt, dass die gleichen Erscheinungen der Erregbarkeitsveränderungen der Nerven, die durch den constanten Strom erzeugt werden: der Electrotonus mit seinen Erscheinungen bei geschlossener Kette und seinem Abklingen, auch durch die electrolytischen Producte, welche der constante Strom am und im Nerven erzeugt, durch Säure und Alkali hervorgerufen werden können.

Es wurde schon einleitend zu diesem § bemerkt, dass damit noch nicht erwiesen ist, dass der Electrotonus nur auf diesen chemischen Nervenänderungen beruhe, oder dass diese Wirkung der chemischen Producte der Electrolyse auch eine rein chemische sei.

\*) Das direkt beschmutzte Stück des Nerven wurde stets vor jedem neuen Versuch abgeschnitten.



Für einen Theil der Erscheinungen freilich ist diese letztere Ansicht kaum zurückzuweisen.

Wir haben bei allen unseren Versuchen gesehen, dass die Primärwirkung der Säuren im Nerveninhalte eine Erregbarkeitssteigerung sei. Wenn wir also bei dem abklingenden Anelectrotonus bei dem Eindringen der anfänglich nur äusserlich angehäuften Säure in das Nerveninnere eine Erregbarkeitssteigerung wahrnehmen, so liegt der Gedanke sicher sehr nahe, dass wir es hier wie dort mit der gleichen Erscheinung zu thun haben.

Wir haben jedoch gefunden, dass alle chemischen (und mechanischen) Alterationen des Nerven primär eine die Erregbarkeit steigernde Wirkung haben, warum verhält sich hier aber das Alkali ganz anders als die Säuren in den letztmitgetheilten Versuchen?

Man kann sich nun nicht mehr mit einem Auswege der Erklärung behelfen der etwa aus den durch die chemischen Stoffe bewirkten Wasserentziehung respect. Wasserabgabe die Erregbarkeitsveränderungen ableiten wollte. Wenn derartige Momente neben der direkten chemischen Alteration auch sich sicher in das Versuchsergebniss einmischen werden, so wissen wir jetzt, dass Wasseraufnahme und Wasserabgabe auf die Nervenirregbarkeit primär auch im gleichen Sinne einwirken.

Die Ueberlegung führt zu dem Gedanken, dass wir es hier, so fern liegend die Meinung auch auf den ersten Blick scheinen möge, doch mit einer electromotorischen Wirkung der Producte der Electrolyse zu thun haben könnten.

Dass durch das Aufbringen von Säure oder Alkali an den neutral reagirenden Nerven electrische Strömungserscheinungen erzeugt werden, ist an sich unwidersprechlich, aber ich möchte nicht behaupten, dass wir den Grund der mitgetheilten Erscheinungen in Strömungen dieser Art zu suchen hätten. Mir scheinen die Verhältnisse viel complicirter, wie in dem folgenden § auseinander gesetzt werden soll.

Ehe ich zu weitem Untersuchungen übergehe, habe ich jedoch noch einen Einwurf gegen die vorstehenden Versuche zu beseitigen, der sehr nahe liegend ist.

Aehnliche Beobachtungen wie die Vorstehenden wurden bekanntlich schon von AL. v. HUMBOLDT in seinen Versuchen über die gereizte Muskel- und Nervenfasern (Bd. II. S. 354 ff.; PFAFF bezieht sich direkt auf Bd. II. S. 370, 398, 399 etc.) mitgetheilt. Es hatte sich bei ihnen auch eine Erregbarkeitsveränderung durch Alkalien, Säuren und Schwefelleber etc. ergeben, welche von HUMBOLDT ganz in demselben Sinne als wahre Erregbarkeitsmodificationen gedeutet wurden, wie es im Vorstehenden geschah.

Diese Angaben fanden in der Folge jedoch keine weitere Beachtung und zwar vor allem darum, weil kurze Zeit nach dem Erscheinen der HUMBOLDT'schen Versuche (1799) diese in der gegründetsten Weise durch PFAFF im ersten Bande des nordischen Archiv's für Natur- und Arzneiwissenschaft (S. 17 ff.) angegriffen wurden. Bedeutende Autoritäten stellten sich auf die Seite PFAFF's. So sagt JOHANNES MÜLLER in seinem Lehrbuch (4. Aufl.) S. 545:

»Nach früheren Versuchen war es wahrscheinlich, dass es Stoffe gebe, welche die Reizbarkeit der Nerven erhöhen, und die Heilkunde erwartete von



diesen Versuchen einen grossen Erfolg. Man beobachtete eine stärkere Wirkung der galvanischen Action nach Befeuchtung der Nerven mit Aqua oxymuriatica und alkalischen Solutionen und schloss daraus, dass die Reizbarkeit der Nerven durch jene Feuchtigkeiten erhöht werde. Die Beobachtung ist richtig, aber die Erklärung ist jetzt eine andere. PFAFF hat durch Versuche erwiesen, dass die meisten jener Stoffe nicht durch Erhöhung der Reizbarkeit wirken, sondern indem sie als Glieder der galvanischen Kette den galvanischen Reiz selbst vermehren, und die galvanische Action bei derselben Stärke der Reizbarkeit erhöhen, jene Feuchtigkeiten wirken daher nur immer stärker als das Wasser, welches zur galvanischen Action als Leiter nöthig ist. Die Heilkunde hat auch ihre Hoffnung auf Mittel, welche die Kraft der Nerven verstärken, ganz aufgegeben, und diese Mittel leisten das, was sie sollen, nur in Lehrbüchern der *Materia medica*.

Der Aufsatz PFAFF's scheint wirklich vollkommen schlagend. Er ist mit einer wissenschaftlichen Ueberlegenheit geschrieben, die an die Angriffe VOLTA's gegen GALVANI's anfängliche Versuche über angebliche thierische Electricität erinnert. Aber wir haben hier auch den gleichen Fehler wie dort.

Die HUMBOLDT'schen Versuche sind in Wahrheit nicht mit der nöthigen Vorsicht angestellt, sie lassen wenigstens zum Theil die Deutung, die PFAFF ihnen gibt, zu, der durch sie auf die Entdeckung der electromotorischen Wirkungen der Alkalien geführt wurde; trotzdem enthalten sie das Richtige.

PFAFF wendet sich von den Versuchen HUMBOLDT's nur gegen diejenigen, welche eine Erhöhung der Nervenirregbarkeit ergeben hatten. Er beweist, dass bei Berührung der mit Alkalien, Schwefelleber und oxygenirter Kochsalzsäure befeuchteten (noch feuchten) Nerven mit einem gleichartigen Metallbogen (Silbersonde) zwischen den genannten chemischen Agentien und dem Silber ebenso electriche Strömungen entstehen, als hätte man den Nerven nicht mit den genannten Stoffen sondern mit einem Metalle armirt. Wenn demnach der unbefeuchtete Nerve durch die Berührung mit der Silbersonde nicht gereizt wurde, so kann er, wenn er mit einer der genannten Substanzen befeuchtet ist und die Sonde diese befeuchtete Stelle berührt, eine Zuckung geben, nicht weil der Nerve erregbarer geworden wäre, sondern nur darum, weil der electriche Reiz, der auf ihn einwirkte, nun durch die Wirkung der chemischen Stoffe auf das Silber verstärkt wurde.

Dieser Beweis ist mit aller Schärfe geführt, er ist unbestreitbar.

Nichts destoweniger zeigen die im Vorstehenden mitgetheilten Experimente, dass die so schlagend widerlegten Ansichten HUMBOLDT's doch Wahrheit enthielten.

Bei meinen Versuchen über Erhöhung der Reizbarkeit durch Alkalien und andere chemische Stoffe ist der Verdacht, dass sie im Sinne PFAFF's als Kettenglieder wirksam hätten werden können, vollkommen ausgeschlossen. Es ergibt sich das aus der Darstellung PFAFF's selbst, auf die wir hier direkt eingehen wollen.

S. 26 a. a. O. sagt er von seinen Versuchen:

»Ward der Nerve unmittelbar mit Oleum tartari per deliquium benetzt, so zeigte sich allerdings ein schwächerer galvanischer Reiz wieder wirksam,



z. B. Silber und Gold, Silber und Kupfer, auch wenn vorher keine Zuckungen hervorgehoben worden waren, es blieb aber hiebei immer der Zweifel, ob nicht in solchen Fällen das *Oleum tartari per deliquium* selbst als eine günstigere Nervenarmatur mitgewirkt habe, so wie z. B. Silber und Kupfer wieder Zuckungen erregen, wenn der Nerve mit Zink armirt wird, und nun die Verbindung des Kupfers mit dem Nerven durch das Zink geschieht. In diesem Falle wirken nemlich nicht Kupfer und Silber mit einander, sondern Silber und Zink, weil sie es sind, welche die feuchten thierischen Theile unmittelbar bewaffnen. Findet aber nicht derselbe Fall bei Benetzung des Nerven mit *Oleum tartari per deliquium* statt? Umhüllt dieses nicht gleichsam den Nerven als eine wirksamere Armatur gleich Zink, und wirkt nunmehr bei Application schwächer Excitatoren, z. B. des Silbers und Kupfers, das Silber nicht vielmehr mit dem Alkali, mit welchem es bloß durch das Kupfer als ein leitendes Zwischenglied verbunden wird. Dieser Zweifel wird durch Herrn von HUMBOLDT's Versuche auf keine Art weggeräumt. Wirkte das *Oleum tartari per deliquium* durch eine Stimmung, Erhöhung der Erregbarkeit, so müsste sich der ganze Effect auch zeigen, wenn der Nerve vor der Anwendung des schwächeren galvanischen Reizes wieder sorgfältig abgetrocknet worden wäre. Dies fand ich wenigstens in meinen Versuchen nicht, und Herr v. HUMBOLDT wandte jederzeit seine schwächeren Excitatoren an, so lange der Nerve noch mit dem *Oleum tartari per deliquium* oder mit einem anderen chemischen Stoffe, durch welche die Reizempfindlichkeit erhöht worden sein sollte, befeuchtet war.«

Von der oxygenirten Kochsalzsäure, die auch Erregbarkeit erhöhend wirken sollte, sagt PFAFF: a. a. O. S. 30:

»Auch hier hing der ganze Effect von der unmittelbaren Berührung der oxygenirten Kochsalzsäure ab, und er stellte sich gleichmässig ein, wenn ein Tropfen derselben auf ein Stückchen Muskelfleisch, das auf dem Nerven lag, gebracht wurde, und wenn nach Auftrocknen desselben keine Zuckungen mehr sich zeigten, so lockte jeder neue Tropfen dieselben hervor.«

Dieselbe Methode diente auch zum Nachweis der electromotorischen Wirkung von Silber und Alkali.

Meine Versuche werden von den Einwürfen PFAFF's in keiner Weise getroffen.

Niemals berührten bei meinen Versuchen die Electroden die direkt chemisch veränderte Stelle, sodass keine Kette zwischen Electroden und chemischem Stoffe vorhanden war. Alle meine Versuche zeigen, was PFAFF nicht finden konnte, eine Wirkung der chemischen Alteration auf entferntere Nervenstrecken, die äusserlich chemisch nicht verändert waren.

Der sinnreiche Angriff PFAFF's leidet jedoch an einer theoretischen Schwäche, die, wenn ich mich nicht irre, auch PFAFF selbst nicht entgangen ist.

Ueberall ist in der ganzen Entgegnung nur von der die Erregbarkeit steigenden Wirkung der von HUMBOLDT angegebenen chemischen Stoffe die Rede. Nur ganz im Anfang geschieht der Säuren flüchtig Erwähnung, ohne ihre entgegengesetzte Wirkung auf die Nerven zu besprechen. Wenn einige chemische Stoffe als Kettenglieder wirksam werden und damit einen Reiz verstärken sollen, der auf den Nerven einwirkt, warum wirken nicht andere chemische Stoffe ebenso reizverstärkend ein, von denen es PFAFF nicht entgangen sein



kann, dass sie in electrischer Beziehung sich zu Metallen ganz ebenso verhalten wie die Alkalien, Schwefelleber und oxygenirte Kochsalzsäure?

In dem Verschweigen dieses Umstandes scheint mir eine Absichtlichkeit kaum zu verkennen. Es musste ja auch die Wirkung des Einwandes gegen HUMBOLDT's Versuche sehr geschwächt werden, wenn es sich zeigte, dass dieser Einwand nicht alle physiologischen Erscheinungen, auf die es hier ankommt, zu erklären im Stande sei.

Es war ein unabweisbarer Erklärungsgrund gefunden für die scheinbar wichtigste Classe der fraglichen Erscheinungen. Es ist leicht erklärlich, dass unter der Wucht dieser Gründe die sich bemerklich machenden Ausnahmen von dieser Erklärung keine weitere Berücksichtigung fanden. Es ging jedoch dadurch mit dem Falschen gleichzeitig das Wahre an den Beobachtungen HUMBOLDT's zu Verlust. Der Einwand PFAFF's musste absolut erscheinen, obwohl er nur einen Theil der beobachteten Erscheinungen betraf.

Dass PFAFF die Erhöhung der Erregbarkeit des Nerven nach dem Abtrocknen des Nerven, der vorher mit Alkali befeuchtet war, nicht mehr nachweisen konnte, kann uns nicht in Erstaunen setzen, da wir jetzt wissen, wie rasch diese Erregbarkeitssteigerung in eine Herabsetzung der Erregbarkeit umschlägt, die dann wieder zur normalen Erregbarkeitshöhe zurückführen kann.

Nach den nun gewonnenen Gesichtspunkten fällt auch eine der Schwierigkeiten hinweg, welche die Steigerung der Erregbarkeit für PFAFF u. A. hatte. Hätten sie gewusst, dass diese Steigerung, die sie für eine Steigerung der Lebensenergie der Nerven halten mussten, nichts ist als ein Beweis von eingetretener Schwächung des Nervenlebens, nichts als eine allgemeine Erscheinung aller schwächeren Nervenalterationen, eine Ermüdungs- und Absterbenserscheinung, sie hätten sich den Beobachtungen nicht in der Weise widersetzt, wie sie es gethan haben.

Jetzt ist uns die Wirkung der äusserlich auf den Nerven gebrachten Säuerung, die PFAFF mit Stillschweigen übergeht, weit wichtiger. Die von ihr erzeugte Herabsetzung der Erregbarkeit hat viel mehr Analogie mit einer Verstärkung der Nervenlebenseigenschaften als jene Erhöhung der Erregbarkeit, die nur als ein Zeichen der Nervenschwäche anzusehen ist.

Schliesslich mache ich zum Ueberfluss noch einmal darauf aufmerksam, dass nach der Deutung PFAFF's die von mir beobachtete Umkehr der Wirkungen der chemischen Stoffe, sowie sie von der Nervenoberfläche in das Nerveninnere eindringen, die sich auf der einen Seite als eine Erhöhung (Säuren) auf der anderen als eine Verminderung (Alkalien) der Nervenirregbarkeit zeigt, durchaus unverständlich bleiben würde. Wenn die Substanzen einfach als Kettenglieder der reizenden Kette wirken, so müssen sie das natürlich nach wie vor im gleichen Sinne thun. Der electrische Electrotonus würde übrigens der electrolytischen Wirkung des constanten Stromes wegen von PFAFF's Kritik ebenso getroffen wie unser chemischer.

Trotz dieser Widerlegung des PFAFF'schen Einwurfes scheint auch mir die Wirkung der geprüften chemischen Stoffe im letzten Grunde eine electrische zu sein.

Im folgenden Capitel soll dieser Gedanke ausgeführt werden.



## Capitel IX.

### Der Nervenstrom in seinem Verhältniss zu chemischen Aenderungen der Nervensubstanz.

#### §. 1. Vorbemerkungen über eine chemische Theorie des Muskel- und Nervenstromes.

Seit der Entdeckung der electromotorischen Eigenschaften der Muskeln und Nerven und ihrer Gesetzmässigkeit, im Zusammenhange mit den übrigen Lebenseigenschaften dieser Gewebe durch E. DU BOIS-REYMOND, war es eine der wichtigsten Fragen der experimentellen Physiologie, den letzten Grund für die Entstehung dieser electrischen Ströme aufzufinden.

Es ist klar, dass es sich für die Erklärung der electrischen Kräfte in den fraglichen Organen fast einzig nur um chemische Ursachen handeln könne\*).

E. DU BOIS-REYMOND weist in seinem Fundamentalwerke darauf hin, dass sich die Gewebsströme und ihre Veränderungen vielleicht aus einer Wechselwirkung von Säure und Alkali wie die Ströme der Säure-Alkali-Kette erklären lassen würden. In seiner Molecularhypothese vergleicht er die supponirten Ungleichartigkeiten mit Zink und Kupfer. Muskel und Nerve stellen sich nach ihr zusammengesetzt aus kleinsten, regelmässig neben einander gelagerten Zinkkupferketten, beweglich eingebettet in eine leitende Flüssigkeit, dar.

Seit den Versuchen BUFF's, die electrischen Ströme der Gewebe auf chemische Differenzen zwischen dem alkalischen Blute und dem sauer geglaubten Muskel zurückzuführen, welche an dem Nachweise DU BOIS-REYMOND's scheiterten, dass der electromotorisch wirksame Muskel nicht sauer sondern alkalisch reagirt, und dass im Gegensatze mit der BUFF'schen Hypothese (JUSTUS LIEBIG, chemische Untersuchung über das Fleisch, S. 83), gerade wenn der Muskel durch Absterben sauer geworden ist, wobei das Blut alkalisch bleibt, kein electrischer Strom mehr nachweisbar ist, — sind bis in die neueste Zeit keine Untersuchungen über diese wichtige Frage veröffentlicht worden.

In meiner Untersuchung über den Tetanus habe ich im Capitel XVII, S. 404 — 449 nachgewiesen, dass die Stärke der electromotorischen Wirkung des Muskels abhängig ist von der normalen chemischen Zusammensetzung desselben. Die Anhäufung der ermüdenden Stoffe: Milchsäure und saures phosphorsaueres Kali in dem Muskelsafte setzen die electromotorischen Eigenschaften des Muskels herab, vernichten sie, und sind sogar im Stande, eine Umkehr der normalen Strömungsrichtung hervorzubringen. Dasselbe thut wie es scheint gallensaueres Natron und auch die neutralen Kalisalze. In der citirten Abhandlung müssen die Cautelen des Versuchs, der Nachweis, dass es sich bei ihm

\*) Cf. darüber noch Capitel X.



nicht um äusserliche Verunreinigung, Parelectronomie, Veränderung des Leitungsvermögens etc. handele, nachgesehen werden.

S. 407 heisst es dort:

»Es ist klar, dass der Bau des Muskels, der, wie E. DU BOIS-REYMOND nachgewiesen hat, aus Massentheilen besteht, die eine ganz bestimmte, ich möchte sagen gegliederte Anordnung ihrer electromotorischen Eigenschaften besitzen, nur so gedacht werden kann, dass der electromotorischen Massenanordnung eine ebenso complicirte chemische Constitution entspreche, welche letztere wohl als die Ursache der ersteren angesehen werden muss.«

Aus der Entdeckung des letztgenannten Forschers geht hervor, dass während des Absterbens der Muskelsaft sauer wird, ebenso durch fortgesetzte Muskelaction; in beiden Fällen zeigt sich eine Abnahme, Verschwinden, im ersten Falle auch eine Umkehr des electricischen Stromes des Muskels. Mein Nachweis, dass der electricische Gewebsstrom schon durch die Anwesenheit der Säure im Muskel allein dieselben Veränderungen erfährt, wie durch Absterben und Tetanus, zeigt, dass die Einwirkung dieser physiologischen Zustände auf den Muskelstrom vielleicht einzig und allein von dem Auftreten der saueren Reaction im Muskelsafte abhängig ist.

Der oben angedeutete chemische Bau der electricischen Muskelmoleculé lässt sich entsprechend der Säure-Alkali-Kette etwa so denken, dass dem Kupfer der Moleculé eine schwächere Säure, dem Zink Alkali entspreche. Nehmen wir an, dass in dem scheinbar vollkommen neutralen oder schwachalkalischen Muskelschlauche beständig an bestimmten von einander durch alkalische Partien getrennten, reihenweis gelagerten Punkten eine Säureentwicklung stattfindet. Diese Säure könnte, ohne die Entstehung der Ströme zu beeinträchtigen, sogleich nach ihrem Auftreten wieder vollkommen neutralisirt werden; der Grund der Electricitäts-Entwicklung in den Säure-Alkali-Ketten ist ja kein anderer als das Freiwerden von Spannkraften bei der Neutralisation, bei der Vereinigung der Säure und der Base zu einem Salze. So kann der ruhende Muskel, in welchem die fortwährende Säureproduction nur eine geringe ist, fort und fort electromotorische Kräfte entwickeln. Das Verhältniss wird anders, wenn die Säureproduction einen stärkeren Grad erreicht. Dann bleibt die saure Reaction wohl nicht mehr auf den Ort ihrer Entstehung beschränkt, sie greift auch auf die alkalischen Zwischenstücke der Kette über, das Alkali verschwindet ganz, der Muskelsaft wird sauer, — die Ketten, deren Flüssigkeiten nun mehr und mehr, endlich vollkommen gleichartig geworden sind, arbeiten schwächer und hören schliesslich auf zu functioniren. Mit der Neutralisation der Säure, oder mit dem Ausspülen derselben aus dem Muskel kann die electricische Wirksamkeit der Moleculé von Neuem beginnen, wenn der Muskel fortfährt in normaler Weise seine chemischen Vorgänge wie im Leben zu regeln.

Das Wirksamwerden der Milchsäure und geringer Dosen von sauerem phosphorsauerem Kali (und anderer saurer Salze und Säuren) auf den Muskelstrom beruht vielleicht auf dem Gleichförmig-Sauerwerden des Muskelsaftes, wodurch die kleinen, moleculären Säure-Alkali-Ketten zerstört werden,

Es ist mehr als wahrscheinlich aus Gründen, die zum Schlusse gegeben



werden sollen, dass die im lebenden Muskel stattfindende Säureproduction, als welche, so lange sie wie in der Ruhe des Organes eine bestimmte Grenze nicht überschreitet, von den durch Blut und Lymphe neutral oder schwach alkalisch gehaltenen Muskelpartien sogleich neutralisirt wird, und die sich erst dann zeigen kann, wenn sie entweder momentan sehr gesteigert wird (Tetanus), oder wenn durch Aufhören der Circulation die Erneuerung der Alkalinität des Muskels aus Blut und Lymphe nicht mehr genügend stattfindet (Todtenstarre), — an der Grenze der im Muskel vorhandenen, regelmässig geordneten Körperchen, der Disdiaclasten BRÜCKE's eintritt. Die Regelmässigkeit des anatomischen Baues des Muskelcylinders wäre dann die Ursache der gesetzmässigen Regelmässigkeit des Muskelstromes; eine Behauptung, die schon H. MUNK, ohne sie zu beweisen\*), aufgestellt hat. Am Nerven findet vielleicht eine Säureproduction an der Grenze des Axencylinders und Nervenmarkes statt, wodurch in dem alkalischen Nervensaft auch das Entstehen einer ganz regelmässigen Säure-Alkali-Kette gegeben wäre, welche, ebenso wie jedes Muskelpartikelchen, auch in jedem Nerven- und Nervenfaserstückchen sich in gesetzmässiger Weise geltend machen könnte. Vielleicht wirkt auch das stark alkalisch reagirende reichliche Bindegewebe, das die neutralen Nervenfasern umgibt und verbindet und, wie man auf gefärbten mikroskopischen Nervenquerschnitten gut sehen kann, ganz regelmässig gelagert ist, bei dem lebenden Nerven zur Stromerzeugung mit\*\*).

Von der eben vorgetragenen chemischen Hypothese der Erzeugung und Veränderung der electrischen Gewebsströme sieht man sogleich, dass sie in dieser einfachen Form noch nicht im Stande ist, alle die Eigenthümlichkeiten, welche DU BOIS-REYMOND an den Strömen der electromotorisch wirksamen Gewebe entdeckte, vollkommen zu erklären. Sie enthält aber wohl schon jetzt einige Momente, auf welche die chemische Theorie der electrischen Muskel- und Nervenkräfte aufgebaut werden könnte, die schliesslich mit der DU BOIS-REYMOND'schen electrischen Molecularhypothese in vollkommene Harmonie treten muss.

Ich habe versucht, Beweise für die Richtigkeit der chemischen Hypothese aufzufinden, die ich in Folgendem mitzutheilen gedenke.

## §. 2. Die Wirkung der bei dem Tetanus eintretenden Säuerung des Nerven auf den Nervenstrom.

In den Untersuchungen über den Tetanus wurde es sehr wahrscheinlich, dass die Säuerung des Muskelsaftes bei der Muskelthätigkeit sich an der Abnahme des Muskelstromes, an der negativen Schwankung desselben bei der Contraction in wesentlichster Weise betheilige.

Nachdem der Nachweis gelungen ist, dass die viel angezweifelte analoge Säuerung des Nerven bei der Nervenaction wirklich besteht, ist es auch hier mehr als wahrscheinlich, dass auch diese während der Nerventhätigkeit im

\*) H. MUNK. Gött. Nachr. 1858. Feb.; und: De fibra musculari 1859. Diss. Berlin. Eine Kritik der MUNK'schen Angaben findet sich: KÖLLIKER, Gewebslehre IV. Aufl. S. 490.

\*\*) Cf. darüber Capitel X.



Nerven vor sich gehende Reactionsveränderung eine analoge Betheiligung haben werde an der negativen Schwankung des Nervenstromes.

Bei den Strychninkrämpfen sehen wir die Säuerung der Nerven spontan eintreten aus inneren chemischen Veränderungen, dasselbe ist unstreitig bei dem electricischen Tetanus des Gesamttieres der Fall.

Im ersten Capitel S. 9 haben wir auch nachweisen können, dass ein ganz analoges (wahrscheinlich aber zum Theil auf modificirter Electrolyse beruhendes, cf. S. 40) Sauerwerden eintritt, wenn man einen ausgeschnittenen Nerven auf Platinelectroden mit dem Schlittenapparate bis zur Erschöpfung tetanisirt. Während der zweite Nerve, ausgeschnitten unter einer feuchten Glocke aufbewahrt, alkalische Reaction zeigt, ist, wie a. a. O. erwähnt, der tetanisirte Nerve sauer geworden und zwar, worauf Werth gelegt werden muss, durch seine ganze Masse hindurch.

Bei der Prüfung der Reaction des ausgeschnitten tetanisirten Nerven zeigte es sich nun, dass nur das direkt den Electroden anliegende Nervenstück sauer reagirte, während der übrige Nerve noch eine alkalische Reaction besass.

Um den Tetanus in seiner Stärke zu controlliren, sass der Nerve noch an dem Unterschenkel an. Hätte ich — so war meine Ueberlegung — den Nerven auf die Bäusche am Multiplicator gebrückt und die negative Schwankung am Multiplicator beobachtet, so würde ich auch nur ein Sauerwerden des über dem abgeleiteten Nervenstücke befindlichen, über die Electroden gebrückten, direkt gereizten Stückes erhalten haben, während die Reaction des abgeleiteten Stückes des Nerven keine Veränderung erfahren hätte. Wir haben es also, wenn die negative Schwankung des Nervenstromes wirklich auf dem beobachteten Auftreten der Säure beruht, mit einer Wirkung der Säure in die Ferne zu thun, welche wir uns unter dem Bilde der Drehung der electricischen Molecüle, wie sie DU BOIS-REYMOND gelehrt hat, vorstellen können.

Es musste der Versuch gemacht werden, ob durch künstliche Säuerung des nicht abgeleiteten Nervenstückes eine negative Schwankung zu erzielen sei.

Anstatt auf die Electroden einer tetanisirenden Kette wurde das nicht abgeleitete Nervenstück auf eine Glasplatte gelegt und hier vorsichtig, ohne dass die Säueren den Zuleitungsbausch berührten, mit concentrirter Milchsäure mit sauerem phosphorsauerem Natron, Salzsäure, Salpetersäure, Oxalsäure etc. bestrichen. Alle angewendeten Säuren hatten den gleichen Effect. Es trat nach dem Bestreichen eine rückgängige Bewegung des durch den ruhenden Nervenstrom abgelenkten Magneten ein: eine negative Schwankung des Nervenstromes durch künstliche Säuerung des nicht abgeleiteten Nervenstückes.

Es geht daraus hervor, dass die negative Schwankung des Nervenstromes auf electricischem und Strychninreiz, bei denen wir den Nerven sauer werden sehen, wohl die Folge sein könne des Auftretens einer saueren Reaction in dem nicht abgeleiteten Nervenstücke. Es scheint dabei die Abnahme der electromotorischen Eigenschaften des Nerven auf einer Wirkung in die Ferne: Drehung der electricischen Nervenmolecüle im Sinne DU BOIS-REYMOND's zu beruhen.



Da wir gesehen haben, dass bei der Wärmestarre der Nervensubstanz auch ein Sauerwerden des Nervensaftes eintritt, so kann auch eine negative Schwankung bei dem Wärmetetanus ihre Ursache in dem Auftreten einer Säure haben. Auch der vertrocknete Nerve zeigte sich schwach sauer. Es fehlt der Nachweis des Sauerwerdens des Nerven nur noch für den mechanischen Reiz. Für die Muskeln hat es HEIDENHAIN gezeigt, dass sie unter mechanischen Alterationen (Dehnung) sehr rasch sich säuern, es ist also auch für den Nerven ein analoges Verhalten zu erwarten, obwohl es bisher noch nicht glücken wollte, eine Säuerung des mechanisch mit dem HEIDENHAIN'schen Tetanomotor tetanisirten oder des gezerzten Nerven zu beobachten.

Es wäre demnach wohl möglich, sich die Vorstellung zu machen, dass unter allen Umständen ein Auftreten von Säure im Nerven das Erscheinen der negativen Schwankung begleite.

Es scheint aber, dass wir nicht nothwendig diese Verallgemeinerung der Beobachtung zu machen haben.

Wir sehen die Erregbarkeit der Nerven, die in so innigem Abhängigkeitsverhältnisse von dem electrischen Nervenstrom steht, aus den verschiedensten Ursachen in ganz der gleichen Weise verändert, stets sehen wir eine eingreifende Veränderung des Nerveninhaltes mit einer primären Steigerung und dann mit Abnahme der Nervenirregbarkeit verknüpft. Es wäre wohl möglich, dass in ganz analoger Weise auch verschiedene Einwirkungen auf den Nerven die electrischen Ströme beeinflussen und zwar in ähnlicher Weise.

Es genügt hier gezeigt zu haben:

Mit dem Vorgang der Nerventhätigkeit im Gesammtorganismus verläuft ein chemischer Process — die Säurebildung in der Nervensubstanz — der als eine Ursache der electromotorischen Veränderung des Nerven während seiner Thätigkeit angesehen werden kann.

Wir werden in der Folge unsere Vermuthung, dass auch andere Einwirkungen als die Säuerung des Nerven (stärkere alkalische Reaction der Nervensubstanz) mit einer Abnahme des Nervenstromes verknüpft sein können, sehr bald beweisen. Die electrischen Versuche selbst sollen zum Schlusse dieses Capitels in Beispielen im Zusammenhang ihre Darstellung finden.

### §. 3. Die electrolytischen Producte der Nervenpolarisation (Alkali und Säure) im Verhältniss zu dem du Bois'schen Electrotonus.

Bei der Prüfung der Einwirkung der electrolytischen Producte auf die Erregbarkeit des Nerven hatte es sich herausgestellt, dass diese ganz verschieden wirken, je nachdem sie nur auf der Oberfläche des Nerven sich befinden, oder in die Nervensubstanz selbst eindringen.

Trotz der beobachteten Stromabnahme bei der inneren Säuerung der Nervensubstanz durfte man danach hoffen, dass eine nur oberflächliche Säuerung des Nerven, wie sie bei der Erzeugung der electrischen Electrotonusphasen mit



Metallelectroden an der Anode entsteht, die electromotorische Veränderung an der Anode, die positive Phase des Electrotonus hervorbringen könne.

Bei den Versuchen über chemische Einleitung einer negativen Schwankung hatte sich schon ein in dieser Beziehung sehr beachtenswerthes Verhalten herausgestellt.

Bestreicht man das nicht abgeleitete Nervenstück mit concentrirter Milchsäure, so tritt meist zuerst eine vorschreitende Bewegung des Magneten, eine positive Schwankung des Nervenstromes ein, die nur einige Grade am Multiplicator beträgt, und sehr rasch in die oben beschriebene negative Stromschwankung übergeht. Bei anderen concentrirten Säuren und saueren Salzen zeigte sich mir dieses Verhalten selten.

Bereitet man sich nun aber, wie auch für den Anelectrotonus PFLÜGER's angegeben wurde, eine solche Verdünnung der Säure, dass sich die Lebens-eigenschaften des mit der Säure in Berührung gebrachten Nerven darin für längere Zeit erhalten, so bemerkt man, wenn man den Nerven aus der Säure herausnimmt und vorsichtig abtrocknet und wäscht, dass die Säure nicht in das Innere des Nerven eingedrungen ist; letzteres zeigt noch eine neutrale Reaction. Am zweckmässigsten zeigte sich mir dazu jene oben erwähnte stark verdünnte Salpetersäure oder eine Salzsäure von 1%. Nur hie und da, vielleicht wenn die Präparation des Nerven nicht vollkommen ohne Verletzung geglückt ist, zeigt sich ein Eindringen der Säure. Selbstverständlich findet ein solches immer von Querschnitten aus statt.

Bestreicht man nun mit solchen verdünnten Säuren, welche nicht in das Innere des Nerven eindringen, die am Multiplicator aufgelegten Nerven ganz in derselben Weise, in welcher wir vorhin die negative Schwankung durch innerliche Säuerung des Nerven hervorrufen konnten, so beobachten wir nun kein Zurückgehen des vom ruhenden Nervenstrom abgelenkten Magneten, welches uns eine negative Schwankung anzeigen würde, sondern im Gegentheil ein Vorwärtsschreiten des Magneten, welches uns eine Steigerung der electromotorischen Kräfte des abgeleiteten Nervenstückes, also eine positive Phase des Nervenstromes anzeigt.

Selbstverständlich wurden diese fundamentalen Versuche auf das mannigfaltigste möglichst mit allen Cautelen abgeändert (cf. die folgenden Versuche), immer und immer wiederholt, aber stets mit dem gleichbleibenden Effect. Wir können das Resultat in die Worte formuliren:

**Aeusserliche** Säuerung des nicht abgeleiteten Nervenstückes bewirkt eine Zunahme des electrischen Stromes in dem abgeleiteten Nervenstücke.

Wir sind im Stande auf ähnlichem Wege durch Alkalien primär eine Abnahme des Nervenstromes zu erzeugen.

Bestreicht oder berührt man das nichtabgeleitete Nervenstück mit einem Alkali — mit kohlensauerem oder kaustischem Natron oder Kali — so tritt stets eine rückgängige Bewegung des Magneten ein, also eine Abnahme des ruhenden Nervenstromes.

Dieser Versuch versagt nie und ist ungemein überraschend. Durch Neu-



tralisation des Alkali durch eine Säure können wir den Nervenstrom, der ganz verschwunden war, in alter Stärke wieder hervorrufen; durch neues Bestreichen mit Alkali wieder verschwinden machen und sofort. Es zeigt hiebei der Versuch, dass es sich bei dieser negativen Schwankung\*) oder Phase, durch Alkali erzeugt, im Grunde auch nur um ein äusserliches Anhaften des Alkali an dem Nerven handeln kann, da der Nervenstrom ebenso durch Alkali verändert wird, wenn der Nerve in seinem Innern schon eine leicht saure Reaction zeigt, welche durch das Bestreichen mit Alkali, wie der Versuch lehrt, nicht verschwindet.

Es ist hier der Platz, zu erwähnen, dass ein im Ganzen äusserlich schwach sauer oder schwach alkalisch gemachter Nerve seinen Strom in gesetzmässiger Richtung zeigt, und dass auch eine nachweisbare, mässige, saure Reaction des gesamten Nerven (wie nach Strychninwirkung) den Strom nur schwächt aber nicht vernichtet. Eine äusserliche Säuerung der Gesamtoberfläche des Nerven steigert seinen Strom, eine äusserliche Verstärkung der alkalischen Reaction schwächt ihn dagegen (cf. S. 158 f.).

Dass die alkalische Reaction den Strom nicht vernichtet, geht schon daraus hervor, dass der normale Nerve, wie angegeben, sich stets äusserlich ziemlich stark, gleichmässig alkalisch zeigt.

Wir sehen aus dem bisher Mitgetheilten, dass wir im Stande sind, die Veränderungen des Nervenstromes, welche uns durch die Untersuchungen E. du Bois-REYMOND's gelehrt wurden, auch auf chemischem Wege künstlich hervorzurufen.

1. Eine negative Schwankung des Nervenstromes entsteht durch das Auftreten einer saueren Reaction in dem Nerveninhalte.

Wir haben zeigen können, dass die negative Schwankung des Nervenstroms während der Nervenreaction in der Mehrzahl der Fälle von diesem Sauerwerden des Nervenröhreninhaltes abhängig sein könne.

2. Die letztmitgetheilten Versuchsbeispiele beweisen, dass wir auf analoge Weise

a) durch äusserliches Bestreichen des nicht abgeleiteten Nervenstückes mit einer zweckentsprechend verdünnten Säure eine positive Phase des abgeleiteten Nervenstromes und

b) durch Bestreichen mit einem stärkeren Alkali eine negative Phase des Nervenstromes hervorbringen können.

Dieses sind in einfachster Darstellung die Versuchsergebnisse.

Es muss die Frage aufgeworfen werden, ob wir durch dieselben die electriche Theorie des Electrotonus entbehrlieh machen.

Es zeigen die Versuche sogleich, dass sie das keineswegs im Stande sind.

Schon bei der durch künstliche Säuerung der Nervensubstanz hervorgerufenen Nervenstromabnahme (negative Schwankung) haben wir darauf aufmerksam machen müssen, dass sich die Säurewirkung in die Ferne geltend macht jenseits der direkt betroffenen Stelle. Dasselbe ist bei den anderen Versuchen

\*) Es wäre wohl möglich, dass wir es bei der Alkaliwirkung zum Theile mit einer eigentlichen »negativen Schwankung«, mit einer chemischen Reizung des Nerven zu thun haben.



der Fall. Das Nervenstück, von welchem der Strom abgeleitet wurde, war in keiner Weise chemisch alterirt und doch zeigte es die angegebenen Veränderungen seiner electromotorischen Kräfte.

Jedem, der sich von der Richtigkeit dieser Angaben überzeugen will, sei gerathen zuerst die Wirkung der Alkalien auf den Nervenstrom zu versuchen.

Die feinste Berührung der nicht abgeleiteten Nervenstrecke nahe am Bausch der Zuleitungsgefässe mit einem Spitzchen festen Aetzkalis bringt die rasche Abnahme der electromotorischen Nervenwirkung mit eben der überraschenden Präcision hervor wie wir auf dieselbe Weise die Nervenregbarkeit so sicher zu steigern vermochten. Hier kann an ein Beschmutzen der Bäusche nicht gedacht werden, hier fallen alle Einwendungen vollkommen hinweg, die gegen die Reinlichkeit der Versuche etc. gemacht werden können.

Mit den Säuren gelingen die Versuche hier wie bei den Erregbarkeitsänderungen schwerer, doch bei einiger Uebung unzweifelhaft. Leider kann hier aus begreiflichen Gründen die Kohlensäure, welche uns dort so gute Dienste leistete, nicht in Anwendung gebracht werden \*).

Eine solche Wirkung in die Ferne jenseits der direkt chemisch betroffenen Nervenstrecke stimmt wenig mit einer rein chemischen Wirkung überein.

Es macht vielmehr den Eindruck, als würde durch das Auftreten der Säure und des Alkali am und im Nerven ein neues Glied in die electromotorische Kette eingefügt, als die wir den Nerven betrachten müssen.

Stellen wir uns z. B. vor, der Nerve bestünde aus einem inneren saueren Strange (Axencylinder), der von einer alkalischen Hülle (Nervenmark) umgeben sei, welche wieder von einer Schicht mit stark alkalischer Reaction (Bindegewebe) umhüllt wird, so werden hier electriche Strömungserscheinungen auftreten, welche natürlich verändert werden müssen, wenn auch nur an einer Stelle der äusseren alkalischen Hülle eine starke Reactionsveränderung auftritt. An diesen Stellen werden nun selbständige, neue Strömungen entstehen, welche mit dem Nervenstrom entweder von gleichem Vorzeichen denselben steigern oder im umgekehrten Falle ihn schwächen werden.

So bleibt uns also eventuell die Möglichkeit, dass die chemischen Alterationen in Folge der Nervenpolarisation und der electriche Strom selbst in gleicher Weise wirksam werden und zwar eben darum, weil im Grunde auch die Wirkung der chemischen Substanzen eine electriche sein kann.

Das was wir hier für den electriche Electrotonus wahrscheinlich gemacht haben, gilt ebenso auch für die Erregbarkeitsveränderungen der Nerven durch den constanten Strom.

Es muss auf eine theoretische Schwierigkeit aufmerksam gemacht werden.

Die Polarisationsproducte sehen wir fast überall die entgegengesetzten electriche Wirkungen ausüben wie den constanten Strom, dem sie ihre Entstehung verdanken. Hier ist es nicht so. Hier sehen wir die Wirkung der Ionen sich zur Wirkung des constanten Stromes einfach summiren. Diese Schwierigkeit verschwindet aber, wenn wir bedenken, dass in dem vorliegenden Falle die

\*) Die electriche Wirkung der Säuren ist der schwächste Punkt der vorliegenden Versuche. Niemals erreichte dieselbe die Stärke des electriche Anelectrotonus. Die Gründe dafür scheinen freilich klar zu sein.



ausgeschiedenen Ionen nicht gemeinschaftlich als Kette wirksam werden. Es geht das schon daraus hervor, dass bei unseren chemischen Versuchen der Nerve nicht gleichzeitig mit Säure und Alkali behandelt wurde, um die Veränderungen seiner electromotorischen Kräfte und seiner Erregbarkeit zu zeigen, sondern nur je mit einem der beiden Stoffe allein.

Jedenfalls überwiegt, so lange der electriche, polarisirende Strom im Nerven geschlossen ist, derselbe dem Polarisationsstrom seiner Ionen am Nerven sehr bedeutend; das Auftreten der entgegengesetzten Modificationen der electromotorischen Erscheinungen und der Erregbarkeit der polarisirt gewesenen Nerven wird freilich immerhin auch nach den vorstehenden Versuchen zum Theil auf den Strom der am Nerven haften bleibenden Ionen, der den Nerven in umgekehrter Richtung durchsetzt, bezogen werden können.

Je mehr wir uns mit den Verhältnissen der organischen Natur befassen, desto complicirter erscheinen sie uns.

Auch der Vorgang des Electrotonus scheint sonach ein noch complicirterer Vorgang zu sein, als wir es früher annehmen mussten, an dessen Erzeugung sich mannigfaltige Momente mit betheiligten.

Es sei gestattet nur noch auf einige aufmerksam zu machen.

Der electriche Strom findet im Nerven einen solchen Widerstand, dass er nothwendig den Nerven erwärmen muss. Wir wissen wie stark die Erwärmung hebend auf die Nervenirregbarkeit wirkt. Bei einem frisch präparirten Nerven, der also noch mit seiner alkalischen Lymphschicht umgeben ist, kann man momentan durch einfaches Anhauchen die Erregbarkeit von der Minimalzuckung bis zum Tetanus bei derselben Reizstärke steigern, sehr rasch verschwindet diese Erregbarkeitssteigerung wieder.

Dieser Steigerungsgrund der Erregbarkeit wird sich sowohl bei dem Anelectrotonus schädlich als bei dem Katelectrotonus in dem Sinne desselben geltend machen.

Durch die Untersuchungen von E. HARLESS kennen wir die Erregbarkeitsveränderungen der Nerven durch Ozon und Ozonträger. Auch diese müssen sich mit in das Resultat einmischen. Vielleicht ist auch der durch die Electrolyse entstehende Wasserstoff nicht ganz indifferent in dieser Beziehung.

Sicher treten auch Widerstandsänderungen im Nerven ein, die ebenfalls auf das Resultat wirksam sein werden.

#### §. 4. Versuchsbeispiele.

Für die Abnahme des Nervenstromes durch innerliche Säuerung des Nerven ist es kaum nöthig eigene Versuchsbeispiele zu geben.

Alle etwas verdünnten Säuren wirken in diesem Sinne, ebenso das saure phosphorsauere Natron fast bei jedem Concentrationsgrade.

Bei concentrirten Säuren ist das Verhältniss in sofern anders als sie gewöhnlich vor der regelmässig durch sie bewirkten Stromabnahme eine Steigerung des Nervenstromes im Sinne des Anelectrotonus ergeben.

Bei Anwendung von Alkalien habe ich nur in einem als fehlerhaft nachgewiesenen Falle eine primäre Stromsteigerung wahrgenommen.



In allen Versuchen wurde nach dem Ablesen des Stromes die Auflagerungsstelle des Nerven genau mit blauem oder rothem Laccuspapier oder Curcumapapier geprüft, um zu sehen, ob eine Beschmutzung der Bäusche stattgefunden hatte. Um die Gleichartigkeit der Bäusche zu prüfen, wurde vor und nach dem Versuche der Schliessungsbausch aufgelegt und die Magnetstellung frisch abgelesen. In einer Reihe von Versuchen wurden die Bäusche direkt beschmutzt mit den Säuren und Alkalien, welche bei den Beobachtungen zur Wirkung kamen. Es wurden schliesslich die Versuche an Eiweissfäden wiederholt, und da ihre Berührung von den Bäuschen entfernt kein Resultat ergab, so wurden, während sie auflagen, die Bäusche selbst mit den Säuren beschmiert, um alle möglichen Täuschungsursachen zu erkennen. Auch die Wirkung der Säuerung der gesammten Nervenoberfläche (und der Nervensubstanz) wurde geprüft, ebenso der Erfolg der stärkeren alkalischen Reaction der Nervenoberfläche.

Es muss noch einmal erwähnt werden, dass der frisch präparirte Nerve stets äusserlich mit einer Schicht stark alkalisch reagirender Flüssigkeit umgeben ist. Es wurde geprüft, ob diese alkalische Reaction den Nervenstrom beeinflusse. Die Nerven wurden mit 0,7 % Kochsalzlösung gewaschen und sorgfältig auf feinem, chlorfreiem ungeleimtem Papier wieder getrocknet, es zeigte sich hiebei keine Stromveränderung. In vielen Versuchen wurde der Nerve vor der Säureapplication in der angegebenen Art gewaschen, es zeigte sich die Säurewirkung etwas verstärkt. Es wurde aber später wieder davon abgesehen, weil die normale alkalische Reaction der Auflagerungsstelle ein sehr vortheilhafter Umstand für die dem Versuch nachfolgende Prüfung ist, ob keine Säure den Bausch selbst berührt hat.

Bei der Alkaliwirkung sind alle diese Vorsichtsmassregeln viel weniger wichtig.

Die Alkaliwirkung ist so prompt und tritt aus weiter Entfernung von der Anlagerungsstelle des Nervenlängsschnittes ein; sie gelingt am besten bei Berührung des Nerven mit festem Kalihydrat, wobei sich die alkalische Reaction beobachteter Massen vollkommen auf die Berührungsstelle concentrirt, sodass hier die Gefahr, durch Beschmutzung der Bäusche getäuscht zu werden, fast gleich Null ist. Nur bei den Neutralisationsversuchen tritt diese Gefahr wieder ein.

Es muss hier aber sogleich noch weiter erwähnt werden, dass von diesem direkten Berühren der Bäusche mit den chemischen Flüssigkeiten gar keine so grossen Gefahren entspringen, als man zu vermuthen geneigt ist.

Die Eiweiss- und Speichelfadenversuche ergaben das sehr auffallende Resultat, dass auch die starke Beschmutzung der Bäusche mit Säure oder Alkali, wie sie selbstverständlich bei den Versuchen niemals vorkommen konnte, doch nur meist schwache Ungleichartigkeiten der Bäusche erweckte und zwar waren diese bei den gebrauchten Säuren und Alkalien von einer Stromrichtung, beide dem Nervenstrom unter den constant eingehaltenen Versuchsbedingungen entgegengesetzt. Es ist diese Beobachtung sehr auffallend, doch kann ich für meine Versuche einstehen. Es scheint also daraus hervorzugehen, dass bei der primären Steigerung des Nervenstromes durch Säure-



wirkung sich unmöglich ein Fehler aus dem gefürchteten Grunde einmischen könne. Trotzdem (ich machte diese Beobachtung erst fast zum Schlusse aller angestellten Versuche) wurde natürlich wie angegeben alle Sorgfalt auf die Reinhaltung der Bäusche verwendet.

Machen wir uns, ehe wir an die Versuche selbst herantreten, noch einmal die möglichen Versuchsergebnisse klar.

Die Säuren wirken von der Oberfläche der Nerven aus bei genügender Stärke stromsteigernd, sowie sie in den Nerven eindringen stromvermindernd.

Nur bei ganz schwachen Säuren (4 per mille Salzsäure) tritt hie und da längere Zeit gar keine sichtbare Stromänderung ein, ebenso bei ganz schwachen Alkalien. Besonders letzteres ist leicht verständlich, wenn man sich an den normalen alkalischen Ueberzug der Nerven erinnert, der auch gewaschen werden kann, ohne den Nervenstrom zu verändern. Concentrirte Säuren zeigen meist zuerst eine Zunahme, dann die Abnahme, schwächere Säuren dringen fast momentan in den Nerven ein und zeigen also sogleich Stromabnahme.

Unter allen am Magnetogalvanometer gemachten Versuchen fand ich in meinen Aufzeichnungen keinen einzigen, der nicht die Stromzunahme durch Säuren zuerst gezeigt hätte. Der mir zu Gebote stehende Multiplicator war etwas unempfindlicher, was dadurch noch bedeutend gesteigert wurde, dass ich principiell ohne Compensation arbeitete, um nicht noch weitere unbekannte Versuchsergebnisse einzuführen. So kommt es, dass die Multiplicatorversuche weniger beweisend sind als die Versuche mit dem Magnetogalvanometer.

Bei Säuren beobachtete ich also entweder gar keine Veränderung des Nervenstromes (sehr wenige Fälle), oder eine sofortige Verminderung des Nervenstromes (in einer ziemlichen Anzahl von Fällen), oder ein alleiniges Ansteigen des Nervenstromes (nur bei einigen Versuchen mit zweckmässig verdünnter Salpetersäure), und schliesslich ein primäres Ansteigen und secundäres Sinken des Nervenstromes (in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle). Alle diese Modificationen des Versuchsergebnisses sind als bei den obwaltenden Verhältnissen selbstverständlich nicht auffallend.

Bei den Alkaliversuchen sah ich sehr selten ein Constantbleiben des Nervenstromes bei sehr schwachen Alkalilösungen (nur einmal in einem fehlerhaften Versuche ein primäres Ansteigen des Stromes), in fast allen Versuchen dagegen eine sofortige Abnahme des Nervenstromes, hie und da eine Umkehr. Bei einer Reihe von Versuchen kehrte der durch Alkali geschwächte Nervenstrom nach einiger Zeit wieder zurück.

Die Wirkung der Säuren und Alkalien wurde modificirt dadurch, dass vorher eine oder die andere Substanz auf den Nerven eingewirkt hatte.

Der durch Alkali verschwundene Nervenstrom kehrte durch Neutralisation mit Säure zurück, ebenso der durch Säure geschwächte durch Alkali.

Das sind im Allgemeinen die beobachteten Versuchsergebnisse.

Ueber die Methode bedarf es keiner weiteren Auseinandersetzung, sie wurden abgesehen von der Compensation genau nach den neuesten Vorschriften E. du Bois-REYMOND's mit berliner Apparaten angestellt.



## I.

Versuche  
am Magnetogalvanometer.

## A. Säureversuche.

## Versuch 1. Mit Milchsäure conc.

Skalentheilung : Nervenstrom :

[Ruhelage des Magneten mit dem Schliessungsbausch Nach Graden der Skala.

(= R. M.) . . . . . 47]

Constante Ablenkung durch den Nervenstrom . . . . . 34 13

Mit concentrirter Milchsäure das obere Nervenstück

bestrichen. Der Magnet stellt sich auf . . . . . 34 **16!**

Nach 1 Minute tritt ein Rückgang des Magneten ein . . . . . 38 9

[R. M. . . . . 47]

3 Minuten später. Ablenkung durch den Nervenstrom . . . . . 40,2 6,8

3 Minuten später . . . . . 41,5 5,5

Der Strom hat also, nachdem er anfänglich gestiegen, nun  
bedeutend abgenommen.Der Nerve wurde nun etwas näher an den Bäuschen mit  
der Milchsäure bestrichen.Der Magnet geht etwas vorwärts, dann sogleich aber etwas  
weiter zurück.Nach weiteren 3 Minuten Ablenkung durch den Nerven-  
strom . . . . . 42,2 4,8

[R. M. . . . . 46,4]

Die Säure berührte die Auflagerungsstelle des  
Nerven nicht.

## Versuch 2. Mit Milchsäure conc.

[R. M. . . . . 46,5]

Nervenstrom . . . . . 10,5 36

Der Nerve entfernt von der Anlagerungsstelle mit Milch-  
säure bestrichen, nach einigen Sekunden schreitet derMagnet rasch auf . . . . . 7,0 **38,5!**Hier stellt er sich kurz ein und geht dann wieder zurück,  
nach 1 Minute Nervenstrom . . . . . 11 35,5Etwas näher am Bausche der Nerve mit conc. Milchsäure  
bestrichen. Der Magnet geht rasch vorwärts, bis die  
Skala ganz aus dem Gesichtsfelde verschwunden ist.Er stellt sich kurz ein auf . . . . . 3 **43,5!**

und geht nun zurück nach 4 Minuten . . . . . 18 28,5

[R. M. . . . . 43,5]

Die Säure berührte den Bausch nicht\*).

\*) Da nur solche Versuche aufgenommen wurden, bei denen keine Beschmutzung der  
Bäusche nachgewiesener Massen stattgefunden hatte, so bleibt in der Folge diese Bemer-  
kung weg. Im entgegengesetzten Falle ist das Nöthige bemerkt.



**Versuch 3.** Mit schwacher Salpetersäure.

	Skalentheilung.	Nervenstrom.
[R. M. . . . .]	56,0]	
Nervenstrom . . . . .	36,5	19,5
Mit schwacher NO <sub>5</sub> betupft, der Magnet schreitet auf 0 der Skala vor und ruht bei . . . . .	15,0	<b>41,0!</b>
Nun wurde die Säure vorsichtig ohne den Nerven zu verrücken mit Papier weggewischt, der Nervenstrom sank wieder auf . . . . .	36,0	20,0
Nun wurde der Nerve mit Alkali (verdünntem kohlensauerem Natron) betupft. Nervenstrom . . . . .	43,0	<b>13,0</b>
[R. M. . . . .]	56,0]	

**Versuch 4.** Mit schwacher Salpetersäure.

[R. M. . . . .]	56,5]	
Nervenstrom . . . . .	46,0	10,5
Nerve mit NO <sub>5</sub> bestrichen, der Strom steigt auf . . . . .	41,0	<b>15,5!</b>
Nach dem Wegtupfen der Säure sinkt der Strom wieder auf . . . . .	46,0	10,6
Nach dem Bestreichen mit kohlensauerem Natron sinkt der Strom auf . . . . .	51,0	<b>5,5</b>
[R. M. . . . .]	56,5]	
Nach dem Neutralisiren des Alkali mit der verdünnten Salpetersäure steigt der Strom wieder auf . . . . .	43,0	13,5
[R. M. . . . .]	56,5]	

**Versuch 5.** Mit schwacher Salpetersäure.

[R. M. . . . .]	58,5]	
Nervenstrom . . . . .	47,0	11,5
Mit NO <sub>5</sub> entfernt von der Auflagerungsstelle (die Säure wirkt durch Richtung der Molecüle), Nervenstrom . . . . .	36,5	<b>22,0!</b>
[R. M. . . . .]	58,3]	

**Versuch 6.** Mit 10/0 Salzsäure.

[R. M. . . . .]	57,0]	
Nervenstrom . . . . .	48,0	9,0
Mit 10/0 Salzsäure bestrichen, der Magnet schreitet langsam auf . . . . .	41,0	<b>16,0!</b>
Nun mit kohlensauerem Natron neutralisirt . . . . .	48,0	9,0
Nach 5 Minuten . . . . .	55,0	1,0
[R. M. . . . .]	56]	

**Versuch 7.** Mit 10/0 Salzsäure.

[R. M. . . . .]	56]	
Nervenstrom . . . . .	35	21,0
Nerve mit 10/0 Salzsäure bestrichen. Der Magnet schreitet in Zeit von mehreren Minuten sehr langsam auf . . . . .	20	<b>35!</b>
[R. M. . . . .]	55]	
Dann geht er wieder zurück, nach 5 Minuten Nervenstrom . . . . .	28	27
[R. M. . . . .]	55]	



Alle Versuche mit dem Magnetogalvanometer angestellt haben als primäre Säurewirkung ein den mitgetheilten Beispielen analoges Vorschreiten des Magneten ergeben, mit Ausnahme von 2 Versuchen mit sauerem phosphorsauerem Natron, bei dem sogleich ein Rückschwing des Magneten erfolgte. Diese Versuche können als Beispiele gelten, wie unter Umständen die negative Schwankung des Nervenstromes durch innerliche Säuerung des Nerven sogleich rein zu Tage treten kann. Unter den Multiplicatorversuchen finden sich einige in denen die Zunahme des Stromes durch saueres ph. Nat. sich zeigte.

**Versuch 8.**

Mit etwas verdünntem sauerem phosphor-  
sauerem Natron.

	Skalenheilung.	Nervenstrom.
[R. M. . . . .]	58,4]	
Nervenstrom . . . . .	45,0	13,4
Mit sauerem phosphorsauerem Natron bestrichen, der Strom nimmt, ohne vorher zuzunehmen, sogleich langsam ab, nach 5 Minuten . . . . .	47,5	<b>10,9</b>
Nach einer weiteren Minute . . . . .	48,0	10,4
„ „ „ „ . . . . .	49,0	9,4

**Versuch 9.**

Mit concent. sauerem phosphor-  
sauerem Natron.

[R. M. . . . .]	63,0]	
Nervenstrom . . . . .	49,0	14,0
Mit dem conc. sauerem phosphors. Natron bestrichen . . . . .	50,0	<b>13,0</b>
Nach 1 Minute . . . . .	51,0	12,0
[R. M. . . . .]	63,0]	

**B. Alkaliversuche.****Versuch 10. Mit kohlensauerem Natron.**

[R. M. . . . .]	43,0]	
Nervenstrom . . . . .	4	39,0
Nach dem Bestreichen mit kohlensauerem Natron . . . . .	6	<b>37,0!</b>
Nach 1 Minute . . . . .	7	36,0
Nach einer weiteren Minute . . . . .	8	35,0
[R. M. . . . .]	42,2]	
Nach 5 Minuten . . . . .	11	31,2
„ 6 „ . . . . .	12	30,2
„ 10 „ . . . . .	15	27,0
[R. M. . . . .]	42,0]	

**Versuch 11. Mit kohlensauerem Natron.**

[R. M. . . . .]	55,0]	
Nervenstrom . . . . .	37	18,0
Mit kohlensauerem Natron bestrichen, er sinkt auf. . . . .	43	<b>12,0!</b>



	Skalentheil und. Nervenstrom.	
Mit verdünnter $\text{NO}_5$ bestrichen, der Strom hebt sich wie-		
der auf . . . . .	35	20,0
[R. M. . . . .]	55	
Mit kohlensauerem Natron bestrichen . . . . .	44	11,0
1 Minute später . . . . .	46	9,0
1 » » . . . . .	48	7,0

Die Versuche Nr. 4 und Nr. 11 wurden auch darum ausgewählt, weil sie ausser der Stromabnahme durch Alkali zeigen, dass nach der Neutralisirung desselben durch eine unschädliche Säure der Nervenstrom nicht nur zurückkehrt, sondern sich auch etwas verstärkt zeigen kann.

In Nr. 4 betrug der ruhende Nervenstrom 10,5, nach dem Neutralisiren betrug er 13,5. In Nr. 11 betrug der ruhende Strom anfänglich 18, nach dem Neutralisiren des Alkali 20.

Auch bei den Multiplicatorversuchen machte sich dieser Moment geltend, es wird von uns bei der Vergleichung der beiden Electrotonusarten noch erwähnt werden. Der Strom kann also nach dem Verschwinden der Abnahme durch Alkali sich in seiner Stärke etwas gesteigert zeigen.

## II.

### Versuche am Multiplicator.

#### A. Säureversuche.

##### Versuch 12.

Verdünnte Salpetersäure (die zu den ersten Versuchen gedient hatte).

Keine merkbaren Ungleichartigkeiten in den Bäschen; bei Schliessung der Bäsche trat eine Ablenkung der Magnetnadel um  $4^0$  ein im Sinne des Nervenstromes. Bei allen künftigen Versuchen waren die Ungleichartigkeiten ebenso unmerklich, sie betrugen im höchsten Falle  $5^0$  in dem angegebenen Sinne (die Nerven wurden immer in der gleichen Weise aufgelegt). Auch nach Beendigung jedes Versuchs wurden die Bäsche wieder auf ihre Gleichartigkeit geprüft, niemals fand sich bei den Versuchen eine Steigerung oder nur Veränderung der Ungleichartigkeiten. In den folgenden Versuchen bleiben daher diese Bestimmungen, obwohl sie regelmässig angestellt wurden, weg.

Nervenstrom constante Ablenkung (= C. A.) . . . . .	67 <sup>0</sup>
Mit $\text{NO}_5$ bestrichen C. A. . . . .	80 <sup>0</sup> !

Diese Ablenkung bleibt einige Zeit unverändert bestehen. In anderen Fällen beobachtete ich ein Constantbleiben über  $\frac{1}{4}$  Stunde.

##### Versuch 13. Mit verdünnter Salpetersäure.

Nervenstrom C. A. . . . .	62 <sup>0</sup>
Mit $\text{NO}_5$ bestrichen C. A. . . . .	72 <sup>0</sup> !
Nach 5 Minuten . . . . .	71 <sup>0</sup>



Bei diesem Versuche blieb der Unterschenkel am Ischiadicus bei der Auflagerung erhalten. Er war bei der Säureeinwirkung ganz ruhig, der Nerve war nach den 5 Minuten natürlich noch gut erregbar (auf Druck).

**Versuch 14.** Mit 1 pro mille und 10/0 Salzsäure.

Nervenstrom C. A. . . . .	72 <sup>0</sup>
Mit 1 pr. mill. Salzsäure bestrichen (wirkt nicht) . . . . .	72 <sup>0</sup>
Derselbe Nerve mit 10/0 Salzsäure bestrichen . . . . .	<b>78<sup>0</sup>!</b>
Sie geht bald wieder zurück.	
Nach 4 Minuten . . . . .	71 <sup>0</sup>
Nach 5 " . . . . .	64 <sup>0</sup>

**Versuch 15.** Mit 10/0 Salzsäure.

Nervenstrom C. A. . . . .	66 <sup>0</sup>
Mit 10/0 Salzsäure bestrichen . . . . .	<b>72<sup>0</sup>!</b>
Die Auflagerungsstelle war, wie bei den vor- und nachstehenden Versuchen, durch die Säure nicht berührt worden. Nun wurde sie absichtlich bestrichen, der Strom stieg auf . . . . .	
Nach 6 Minuten . . . . .	74 <sup>0</sup>
	65 <sup>0</sup>

**Versuch 16.** Mit 10/0 Salzsäure.

Nervenstrom C. A. . . . .	68 <sup>0</sup>
Mit 10/0 Salzsäure bestrichen . . . . .	<b>74<sup>0</sup>!</b>

Am Nerven haftete oberflächlich ziemlich viel Lymphe (und Blut). An der Anlagerungsstelle des Nerven an den Bäuschen war noch alkalische Flüssigkeit nachweisbar nach der Behandlung des Nerven mit Säure.

**Versuch 17.** Mit 10/0 Salzsäure.

Der Nerve wurde vor dem Versuche in 0,7 0/0 Kochsalzlösung gewaschen, er reagirt nun nicht mehr alkalisch.

Nervenstrom C. A. . . . .	65 <sup>0</sup>
Mit 10/0 Salzsäure entfernt bestrichen C. A. . . . .	<b>72<sup>0</sup>!</b>
Dann . . . . .	70 <sup>0</sup>
Näher bestrichen C. A. . . . .	75 <sup>0</sup>
Nach 7 " . . . . .	64 <sup>0</sup>

**Versuch 18.** Mit concentrirter Milchsäure.

Nervenstrom . . . . .	67 <sup>0</sup>
Mit Milchsäure betupft entfernt . . . . .	<b>70<sup>0</sup>!</b>
Der Nervenstrom nimmt nun sehr rasch ab . . . . .	60 <sup>0</sup>
Nach 12 Minuten . . . . .	0 <sup>0</sup>
Tiefere Partien des Nerven frisch aufgelegt (die früher abgeleitete Nervenstrecke allein) zeigen noch den gesetzmässigen Strom, aber schwach, grösster Ausschlag der Magnethadel. . . . .	
C. A. . . . .	10 <sup>0</sup>
	5 <sup>0</sup>

**Versuch 19.** Conc. saueres phosphorsaueres Natron.

Nervenstrom . . . . .	56 <sup>0</sup>
Mit conc. sauerem phosphors. Natron bestrichen . . . . .	<b>59<sup>0</sup>!</b>



Dann geht der Strom langsam zurück . . . . .	54 <sup>0</sup>
Nach 3 Minuten . . . . .	6 <sup>0</sup>
Nach 6 „ . . . . .	5 <sup>0</sup>
Der Nerve wurde nun weggenommen und gewaschen. Die Ablenkung blieb . . . . .	5 <sup>0</sup>
Ein neuer Querschnitt angelegt . . . . .	12 <sup>0</sup>

**Versuch 20.** Sauerer phosphorsaurer Natron verdünnt.

Nervenstrom . . . . .	58 <sup>0</sup>
Mit dem s. ph. Nat. bestrichen. Der Strom geht zurück, erst sehr langsam, dann mit ziemlicher Kraft, so dass die Nadel, als sie auf 0 <sup>0</sup> angekommen war, mit ziemlicher Kraft wieder zurückschwang auf + 20 <sup>0</sup> (dasselbe war bei dem vorstehenden Versuche Nr. 18 bei der ersten Abnahme des Stromes der Fall), die Nadel stellte sich ein auf . . . . .	7 <sup>0</sup>
Durch Bestreichen mit concentrirtem kohlsauerem Natron ist der Strom nicht mehr hervorgerufen, er wird eher noch etwas geschwächt . . . . .	6 <sup>0</sup>
Der Nerve ist nach dem Waschen noch ganz sauer durch und durch an den direkt bestrichenen Stellen, die anderen reagiren neutral.	

**Versuch 21.** Sauerer phosphorsaurer Natron (noch 4 mal verdünnter als oben).

Nervenstrom . . . . .	68 <sup>0</sup>
Mit dem s. phos. Nat. bestrichen . . . . .	66 <sup>0</sup>
Die Nadel schwankt etwas. Der Nervenstrom verändert sich in mehreren Minuten nicht . . . . .	66 <sup>0</sup>
Der Nerve wird gewaschen und wieder aufgelegt, er war äusserlich und innerlich sehr sauer und blieb das auch nach dem Waschen, Nervenstrom . . . . .	58 <sup>0</sup>
Mit conc. kohlsauerem Natron bestrichen, die Stromstärke steigt etwas an . . . . .	61 <sup>0</sup>
Dann nimmt der Strom langsam ab, nach 4 Minuten schwingt die Nadel auf 0 <sup>0</sup> und stellt sich dann ein auf . . . . .	8 <sup>0</sup>

Bei sauren Nerven entwickelt also ein Alkali den Strom anfänglich ehe es ihn schwächt.

Der stromlose Nerve reagirte äusserlich stark alkalisch. Das Alkali war aber auch hier nicht in den Nerven eingedrungen. Das mit Säure bestrichene Nervestück reagirte im Innern noch lebhaft sauer. Das aufgelegte Stück war neutral.

Es dringt also das Alkali schwerer ein in die Nervensubstanz als die Säure, daher sein leichtes Neutralisiren und seine regelmässige Wirkung.

**Versuch 22.** Sauerer phosphorsaurer Natron (noch einmal auf das Doppelte mehr verdünnt als im letzten Versuch).

Nervenstrom . . . . .	58 <sup>0</sup>
Mit dem s. phosphors. Nat. bestrichen . . . . .	72 <sup>0</sup> !
Nach 5 Minuten . . . . .	65 <sup>0</sup>

Der Strom nimmt nun langsam ab.



Beispiele, in denen der Nervenstrom sogleich nach dem Bestreichen mit Säure zurückging, ohne sich zuerst zu heben, finden sich vorzüglich unter den Versuchen mit mässig verdünnten Säuren. Ausser dem sauren phosphorsauren Natron wirkt in dieser Weise namentlich die Milchsäure.

Aus begreiflichen Gründen hatte ich mit diesen beiden Säuren zu Anfang meine Versuche allein angestellt, so kam es, dass ich zuerst nur eine Abnahme des Nervenstromes durch die Säure beobachten konnte: die negative Schwankung durch Säuerung des Nerven. Erst in der Folge lernte ich mit grösserer Sicherheit den primären Säureerfolg hervorrufen.

Es mögen noch 2 derartige Versuchsbeispiele hier stehen.

#### Versuch 23. Mässig verdünnte Milchsäure.

Nervenstrom C. A. . . . .	60 <sup>0</sup>
Mit Milchsäure bestrichen. Nach 4 Minuten C. A. . . . .	52 <sup>0</sup>
Ohne ein deutliches Vorwärtsschwanken der Nadel. Nach weiteren 3 Minuten C. A. . . . .	46 <sup>0</sup>
Nach einer weiteren Minute C. A. . . . .	42 <sup>0</sup>
Die Säure wurde abgetupft und der Nerve mit kohlensauerem Natron bestrichen. Der Strom entwickelte sich wieder bedeutend, die Nadel geht vor auf . . . . .	58 <sup>0</sup>
Dann macht sich aber die Alkaliwirkung geltend, die Nadel geht auf zurück. Der Strom konnte durch neue Neutralisation durch Säure nun nicht mehr hervorgerufen werden.	0 <sup>0</sup>
Der Nerve war an der bestrichenen Stelle durch und durch sauer, die intrapolare Strecke ist neutral.	

#### Versuch 24. (Die verdünnte Milchsäure des vorigen Versuches nochmals auf das Doppelte verdünnt.)

Nervenstrom C. A. . . . .	52 <sup>0</sup>
Milchsäureapplication. Nach 5 Minuten C. A. . . . .	0 <sup>0</sup>

#### Versuch 25. Dieselbe Milchsäure nochmals doppelt verdünnt.

Nervenstrom C. A. . . . .	65 <sup>0</sup>
Mit der Milchsäure bestrichen. Nach 5 Minuten . . . . .	65 <sup>0</sup>
Nach weiteren 4 Minuten . . . . .	56 <sup>0</sup>
Mit kohlensauerem Natron neutralisirt, der Strom kommt wieder . . .	62 <sup>0</sup>
später sinkt er wieder.	

### B. Alkaliversuche.

Die Multiplicatorversuche mit Alkalien sind so einfach, dass sie eigentlich kaum an Beispielen dargestellt zu werden brauchen, namentlich bei der Berührung der Nerven mit trockenem Kalihydrat, wobei keine Beschmutzung der Bausche möglich ist.

Folgende beiden ersten Versuche werden vor allem auch darum angeführt, weil sie Beispielsweise zeigen wie zuerst eine Stromabnahme durch Kali und darauf folgend eine Wiedernahme des Stromes eintritt.



**Versuch 26.** Mit trockenem Kali.

Nervenstrom C. A. . . . .	64 <sup>0</sup>
Mit einem Kalispitzchen leicht berührt, der Strom sinkt auf . . . . .	0 <sup>0</sup>
Nach einiger Zeit schwillt er wieder an auf . . . . .	40 <sup>0</sup>

**Versuch 27.** Mit festem Kali.

Nervenstrom C. A. . . . .	60 <sup>0</sup>
Mit Kali minimal berührt . . . . .	0 <sup>0</sup>
Nach einiger Zeit wächst der Strom wieder an, erreicht die alte Höhe fast wieder.	48 <sup>0</sup>

Auch wenn man zwischen den Bäuschen die abgeleitete Strecke des Nerven minimal mit Kali berührt, so sinkt der Strom momentan auf Null herab.

Als Beispiel von der Möglichkeit, die Wirkung des Alkali durch Neutralisation mit Säure wieder zu vernichten, diene noch folgender Versuch.

**Versuch 28.**

Nervenstrom . . . . .	63 <sup>0</sup>
Mit kohlen. Natron bestrichen . . . . .	42 <sup>0</sup> !
Näher der Auflagerungsstelle . . . . .	0 <sup>0</sup>
Durch Neutralisation des Alkali tritt der Nervenstrom wieder hervor, er führt die Nadel zur Hemmung und hält sie auf . . . . .	72 <sup>0</sup>
Der Strom zeigt sich also nach der Neutralisation verstärkt (wie oben Versuch 4 und 11).	
Der Nerve wurde noch einmal mit dem Alkali bestrichen, der Strom sinkt herab zu . . . . .	0 <sup>0</sup>
Nach 10 Minuten sogar . . . . .	— 8 <sup>0</sup>
Nach dem Ansäuern geht die Nadel wieder zur + Hemmung vor, die C. A. betrug . . . . .	+ 73 <sup>0</sup>
Kohlensaures Natron bringt ihn wieder zum Verschwinden, der Magnet geht zurück C. A. . . . .	0 <sup>0</sup>

Mit Säure neutralisirt kehrt der Strom zum 3ten Mal zurück, der Nerve wirft die Magnetnadel an die Hemmung.

Hier wurde der Versuch abgebrochen.

## III.

**Controllversuche.****A. Versuche mit Nerven.**

Im Folgenden sollen noch einige Beispiele dargestellt werden aus den Versuchen zur Erforschung der Wirkung einer Verunreinigung der Bäusche mit den chemischen Agentien.

Es wurden zweierlei Versuche gemacht.

In der ersten Reihe wurden Nerven ganz und gar mit den chemischen Agentien bestrichen, um zu sehen, was das für einen Einfluss auf den Nervenstrom und auf die Bäusche habe.

In der zweiten Reihe wurden dieselben Versuche mit in Eiweiss und Spei-



chel getränkten Baumwollfäden angestellt, und die Bäusche absichtlich beschmutzt.

Die Resultate sind schon oben angegeben, sodass hier die Versuche selbst nur in aller Kürze stehen.

#### Versuch 29. Am Magnetogalvanometer.

Skalentheilung. Nervenstrom.

[R. M. . . . .]	63]	
Nervenstrom des frischen Nerven . . . . .	49	14
Er wurde nun in saueres phosphorsaures Natron getaucht, so dass er ganz sauer war und auch auf dem neuen Querschnitt sauer reagirte und wieder aufgelegt.		
[R. M. . . . .]	63]	
Der ganz saure Nerve hatte noch eine Stromstärke von . . . . .	52	11
Nun wurde der Nerve mit kohlensauerem Natron bestrichen, so dass der Nerve durch und durch (?) alkalisch war.		
[R. M. . . . .]	63]	
Strom des alkalischen Nerven . . . . .	52	11

Der Nerve ist also, was schon länger aufgefallen, in hohem Grade in Beziehung auf seinen Strom unabhängig von derartigen allgemeinen äusseren Verunreinigungen.

#### Versuch 30. Am Multiplicator wie alle folgenden.

Nervenstrom . . . . .	69 <sup>0</sup>
In verdünnte Lösung von kohlensauerem Natron getaucht, auf Fliesspapier abgetrocknet, frischer Querschnitt. Ausschlag an die Hemmung C. A. . . . .	65 <sup>0</sup>
Nach 8 Minuten . . . . .	8 <sup>0</sup>
Neuer Querschnitt C. A. . . . .	8 <sup>0</sup>
Der Nerve stirbt.	

#### Versuch 31.

Nervenstrom . . . . .	70 <sup>0</sup>
Wie oben in kohlens. Natron, aber kein neuer Querschnitt . . . . .	68 <sup>0</sup>
Nach 10 Minuten . . . . .	64 <sup>0</sup>
Nach 15 » . . . . .	58 <sup>0</sup>
Nun ganz wie bisher, aber in 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Salzsäure getaucht, abgetrocknet	
C. A. . . . .	73 <sup>0</sup>
Wieder mit kohlens. Natron behandelt C. A. . . . .	72 <sup>0</sup>

Durch die Behandlung mit verdünntem Alkali wird der Strom des Gesamtnerven primär etwas wenig geschwächt, nach und nach stirbt der Nerve ab.

Durch Behandlung mit verdünnten Säuren wird der Gesamtnerve in seinem Strome etwas verstärkt, wie folgender Versuch auch noch zeigen kann. Im Allgemeinen ist aber die Veränderung wenigstens primär ungemein unbedeutend.

#### Versuch 32.

Nervenstrom C. A. . . . .	72 <sup>0</sup>
Mit Salzsäure von 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> behandelt . . . . .	78 <sup>0</sup>



Bei concentrirteren Säuren ist die Nervenstromverstärkung sehr viel deutlicher, mit concentrirten Alkalien meist ebenso die Abnahme.

#### Versuch 33.

Nervenstrom C. A. . . . .	72 <sup>0</sup>
In 1 <sup>0</sup> / <sub>10</sub> Salzsäure getaucht Ac. C. A. . . . .	74 <sup>0</sup>
Denselben Nerven mit wenig-verdünnter Salzsäure behandelt (eingetaucht, gewaschen, getrocknet); die Nadel schlägt an die Hemmung und bleibt fest an ihr kleben . . . . .	90 <sup>0</sup>
Nun wurde derselbe Nerve mit concentrirtem kohlensauerem Natron behandelt. Ausschlag negativ. C. A. . . . .	— 4 <sup>0</sup>
Derselbe Nerve mit conc. Salzsäure wie oben behandelt, er schlägt wieder an die positive Hemmung, an der er kleben bleibt . . . . .	90 <sup>0</sup>
Im Multiplicatorkreise lassen sich keine Ungleichartigkeiten nachweisen.	
Die Nadel steht (mit dem Schliessungsbausch) auf . . . . .	0 <sup>0</sup>

#### Versuch 34.

Nervenstrom C. A. . . . .	70 <sup>0</sup>
In concentr. kohlens. Natron getaucht und getrocknet, die Nadel geht zur Hemmung vor C. A. . . . .	+ 63 <sup>0</sup> !
Derselbe Nerve mit conc. Salzsäure behandelt, die Nadel schlägt mit Macht an die Hemmung, der Strom ist sehr verstärkt, die Nadel klebt an der Hemmung . . . . .	+ 90 <sup>0</sup>
Nach 5 Minuten ist der Strom . . . . .	0 <sup>0</sup>

#### Versuch 35.

Nervenstrom . . . . .	68 <sup>0</sup>
Nerve mit concentr. Salzsäure behandelt, er schlägt gegen die Hemmung und klebt an ihr fest C. A. . . . .	90 <sup>0</sup>
Nach 10 Minuten . . . . .	66 <sup>0</sup>

Diese Versuche zeigen offenbar ähnliche Verhältnisse wie die Beobachtungen bei theilweiser Reactionsveränderung der Nerven.

Der Gewebsstrom zeigt sich in hohem Grade unabhängig von äusseren Ungleichartigkeiten, dabei tritt aber die oben angegebene Wirkung der Säuren und Alkalien ebenfalls zu Tage, die ersteren verstärken primär den Nervenstrom, während die anderen ihn sogleich schwächen.

Dabei muss noch auf einen weiteren Umstand aufmerksam gemacht werden.

Bei diesen Versuchen wurden mehrmals innen saure, aussen alkalische todte Nerven auf ihren Strom untersucht. Es lassen sich derartige Nerven leicht dadurch herstellen, dass man sie zuerst in saueres phosphorsaures Natron bringt, abtrocknet und sie dann in ein Alkali taucht. Derartige Nerven zeigen niemals einen mit dem Strom des lebenden Nerven an Stärke zu vergleichenden Strom, obwohl hier die Bedingungen zur Erzeugung einer Säure-Alkali-Kette in weit höherem Masse gegeben scheinen, als in dem neutralreagirenden lebenden Nerven. Es ist das einer zu den vielen schon von du Bois gesammelten Beweisen dafür, dass wir uns die Gewebsströme nicht so einfach entstanden



denken dürfen, wie man das sonst ja wohl anzunehmen geneigt gewesen sein mag. Doch kommen wir darauf in der Folge noch einmal zurück, worauf wir uns eine nähere Darlegung dieser Verhältnisse versparen.

Es müssen nun noch Versuche besprochen werden, bei denen die Zuleitungsbäusche (sie selbst waren natürlich durch Schutzbäusche und grosse Thonschilder geschützt) absichtlich beschmutzt wurden und bei denen an Stelle des Nerven Eiweiss- oder Speichelfäden aufgelegt waren. Im Folgenden stehen derartige Beispiele.

## B. Versuche mit Eiweiss- und Speichelfäden.

### Versuch 36.

Eiweissfaden wie ein Nerve aufgelegt, Ausschlag und constante Ablenkung . . . . .	0°
Der Längsschnittbausch mit concentr. kohlen. Natron stark beschmutzt, sonst der Versuch ganz wie am Nerven. C. A. . . . .	— 10°

Diese bleibt bestehen, wenn der Schliessungsbausch aufgelegt wird.

Die Ungleichartigkeit ist mit der Alkaliwirkung am Nerven von gleichem Vorzeichen. Sie ist aber weit kleiner als die dort bei sorgfältigster (gelungener) Vermeidung der Berührung der Bäusche mit Alkali am Nerven beobachtete Wirkung. Es wäre also zu erwarten, dass sich die beobachtete äussere Ungleichartigkeit zu der am Nerven beobachteten hinzudaddirt.

### Versuch 37.

Eiweissfaden wie in Versuch 36 aufgelegt, Ausschlag und C. A. . . . .	0°
(Die Ungleichartigkeiten der Bäusche neigen minimal zur negativen Seite etwa . . . . .	1°)
Der Längsschnittbausch mit conc. Milchsäure stark beschmutzt C. A. . . . .	— 6°

Diese Ungleichartigkeit der Bäusche bleibt nach dem Auflegen des Zwischenbausches bestehen. Sie ist von umgekehrter Richtung als der Nervenstrom, so dass eine Zunahme des Nervenstromes durch Säure daraus also nicht erklärt werden kann.

### Versuch 38.

Speichelfaden aufgelegt, natürlich wie immer mit der Elfenbeinpincette.	
Nadel ganz ruhig. C. A. . . . .	0°
Mit conc. Salzsäure ganz in derselben Weise behandelt wie die Nerven in den Versuchen 34, 35, 36 (cf. diese), in conc. Salzsäure getaucht, gewaschen, getrocknet. Die Nadel schwingt negativ auf 10° und stellt sich ein auf . . . . .	— 5°
Derselbe Faden ebenso mit conc. kohlen. Natron behandelt, die Nadel bleibt ganz ruhig. C. A. . . . .	0°

### Versuch 39.

Speichelfadenstrom . . . . .	0°
Mit 10% Salzsäure behandelt, die Nadel schwankt sehr wenig nach dem negativen Quadranten. C. A. . . . .	— 1,5°



## Versuch 40.

Speichelfadenstrom . . . . .	0 <sup>0</sup>
Mit 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> Salzsäure behandelt. Ausschlag — 12 <sup>0</sup> . C. A. . . . .	— 10 <sup>0</sup>

## Versuch 41.

Speichelfadenstrom . . . . .	0 <sup>0</sup>
Mit concentr. kohle. Natron behandelt, Ausschlag sehr gering negativ. C. A. . . . .	— 1 <sup>0</sup>

## Versuch 42.

Speichelfadenstrom . . . . .	0 <sup>0</sup>
Mit verdünntem kohle. Natron behandelt, die Nadel bleibt auf . . . . .	0 <sup>0</sup>

Endlich soll die Reihe dieser Versuche durch 2 beschlossen werden, bei denen es wie bei Nr. 34 und 35 sich noch einmal zeigt, dass die Beschmutzung des Bausches mit Säure oder Alkali seltsamer Weise den gleichen electromotorischen Effect gibt.

## Versuch 43.

Speichelfadenstrom . . . . .	0 <sup>0</sup>
Auf dem Längsschnittbausch mit concentr. Salzsäure bestrichen, die Nadel geht nach der negativen Seite an die Hemmung.	

## Versuch 44.

Speichelfadenstrom . . . . .	0 <sup>0</sup>
Mit conc. kohle. Natron bestrichen, die Nadel kommt in's Zittern und schlägt aus auf . . . . .	— 10 <sup>0</sup> .

Was wird man gegen die vorstehenden Versuche einwenden können?

Auf dem Gebiete der Nervenphysiologie ist manche Täuschung möglich, wie überhaupt in der organischen Physik. Ich kann mir zwar keine Täuschung bei meinen Versuchen mehr denken, seit die Furcht, dass Verunreinigungen der Bäusche mir meine Resultate vorgetäuscht haben könnten, nun vollkommen beseitigt scheint.

Meine gewonnenen Resultate stellen die aus ihnen sich ergebende Behauptung, dass

die electrolytischen Producte der Nervenpolarisation (Säure und Alkali) auf die Nervenirregbarkeit und das electromotorische Verhalten der Nerven in gleichem Sinne wirken wie der electrische Strom,

als gesichert hin. Jede neue wissenschaftliche Behauptung muss aber so lange als eine Frage an die Natur gelten, so lange sie sich nur in den Händen eines, auch des exactesten Forschers bewahrheitet hat.

Nur einer exacten experimentellen Prüfung von kompetenter Seite aber kann das Recht zugestanden werden, hierin ein Urtheil abzugeben.

Ernstlich wird Niemand daraus eine Einwendung gegen die Gleichwerthigkeit meiner chemischen Electrotonusströme mit den electrischen ableiten wollen,



dass sie, wenigstens der Säureanelectrotonus, merklich schwächer wären als die letzteren.

Wenn man, wie es mir möglich scheint, auch den chemischen Electrotonus als einen gewissermassen electrischen gelten lässt, so ist dieser Unterschied gewiss sehr begreiflich. Die Nervelectrolyse kann durch Bestreichen der Nerven mit den Polarisationsproducten doch immer nur sehr mangelhaft nachgeahmt werden; die innere Polarisation fehlt z. B. ganz.

Man könnte es für gewagt ansehen, dass hier mit einer chemischen Erklärung electrotonischer Erscheinungen hervorgetreten wird, nachdem erst kürzlich ähnliche Gedanken von Seite des competentesten Richters in diesem Fache auf Grund der exactesten Experimente zurückgewiesen wurden. Ich meine hier die Untersuchungen E. du Bois-REYMOND's: Ueber die electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln<sup>\*)</sup>, in denen die Möglichkeit, als könnten äussere chemische Ungleichartigkeiten den Muskel beziehungsweise den Nervenstrom bedingen, auf das Schlagendste widerlegt wird. Meine älteren und jetzt mitgetheilten Versuche geben zu den Angaben du Bois's vielseitige Bestätigung, indem sie die weitgehende Unabhängigkeit des Muskel- und Nervenstroms von derartigen Einflüssen erweisen.

Die uns hier beschäftigenden Fragen sind aber so viel ich sehe principiell anderer Natur und die dort gemachten Einwendungen du Bois-REYMOND's scheinen sie nicht zu berühren. Besonders mache ich nochmals darauf aufmerksam, dass es sich bei meinen Versuchen um eine Wirkung der Säuren und Alkalien in die Ferne handelt; hier können sich derartige Stoffe also nicht verhalten wie die verschiedenen Flüssigkeiten, mit denen dort der Muskelstrom abgeleitet wurde und die auf diese Weise den Muskelstrom beeinflussten. Bald schwächten die von du Bois zur Ableitung benutzten Flüssigkeiten die Kraft des Stromes (destillirtes Wasser, Kalilösung, Schwefelsäure, Salpeterlösung), bald liessen sie ihn unverändert (Salmiak [?], Zinkvitriol), nur concentrirte Kochsalzlösung hob ihn etwas wenig (von 0,056 : 0,060)<sup>\*\*</sup>).

Diese Versuchsergebnisse zeigen, wie mir scheint, wenig Aehnlichkeit mit den meinigen, bei denen als ableitende Substanz stets nur mit 0,7 % Kochsalzlösung befeuchteter Thon diene. —

An dieser Stelle scheint mir nicht der Ort zu sein, eine Reihe von Erfahrungen anzuschliessen, die sich mir über den electrischen Electrotonus am ausgeschnittenen Nerven und im Gesamtorganismus in letzter Zeit ergeben haben, es wird sich dazu vielleicht bald bessere Gelegenheit finden. Hier wünsche ich die wichtige Frage nicht noch weiter zu compliciren.

Nur das sei erlaubt noch anzuschliessen, dass auch in feineren Beziehungen die Uebereinstimmung des du Bois-PFLÜGER'schen electrischen Electrotonus und des chemischen Electrotonus sich ergibt.

Was du Bois und PFLÜGER über die Entstehung und die Veränderung des electrotonischen Zustandes sagen, passt vollkommen auch für die entsprechen-

<sup>\*)</sup> REICHERT'S UDD DU BOIS-REYMOND'S Archiv U. S. W. Jahrgang 1867. Hft. 4.

<sup>\*\*</sup>) a. a. O. S. 483.



den chemischen Erregbarkeitsänderungen\*). Auch bei ihm sehen wir die Erregbarkeitsänderungen im Säureanelectrotonus wie bei dem wahren Anelectrotonus erst in einiger Zeit (PFLÜGER gibt 25 Sekunden an) ihr Maximum erreichen, er nimmt dann später während der Schliessung wieder etwas ab. Der Alkali-Katelectrotonus steigt dagegen fast momentan zu seinem Maximum an wie der wahre Anelectrotonus, um von da nach einiger Zeit wieder abzunehmen\*\*).

## Capitel X.

**Regelmässig angeordnete chemische Differenzen in den electromotorischen Gewebselementen als Quellen der thierischen Electricität.**

### §. 1. Vorbesprechungen.

In den vorstehenden Blättern wurde nachgewiesen, in wie inniger Abhängigkeit die Lebens Eigenschaften der hauptsächlichsten electromotorischen Gewebe, der Nervensubstanzen von chemischen Veränderungen sich zeigen.

Nicht nur die schwankenden Erregbarkeitsverhältnisse konnten auf erkannte chemische Differenzen im Nerven selbst zurückgeführt werden, wir fanden auch die gesetzmässigen electromotorischen Eigenschaften von chemischen Stoffen ganz im Sinne der bekannten Veränderungen durch den constanten und unterbrochenen Strom beeinflusst.

Durch diese Beobachtungen wird eine chemische Auffassung der electromotorischen Gewebeeigenschaften immer näher gelegt, wie ich sie schon in meinen älteren Publicationen: Tetanus S. 435 ff. und Grundzüge der Physiologie S. 596—600 vorgetragen habe.

EMIL DU BOIS-REYMOND's physikalische Moleculartheorie entspricht vollkommen allen gesetzmässigen Erscheinungen an den electromotorischen Geweben. So lange ich diese vollkommenste Theorie, die jemals in der Physiologie aufgestellt wurde, kenne, war ich nicht im Stande, mich zu überreden, dass sie nur

\*) Es machte mir grosse Freude, dass so bald nach der Veröffentlichung meiner Anschauung über den Zusammenhang der Nervenirregbarkeitsänderungen mit den Schwankungen der Stromstärken im Electrotonus (Centralblatt 1867. S. 257) der Schlussstein, der mir noch fehlte, durch eine so bewährte Hand wie die R. FICK's gelegt wurde. Wenn wir in der Stärke der am Galvanometer ableitbaren Nervenströme die Stärke der Widerstände messen, welche der Nerve einer auf ihn hereinbrechenden Erregung entgegensetzen kann, so muss der abklingende Katelectrotonus mit einer Steigerung des Nervenstromes, der abklingende Anelectrotonus mit einer Verminderung desselben verknüpft sein. FICK hat (Centralblatt 1867. S. 436) das erstere Phänomen nun wirklich nachweisen können, was mir selbst noch nicht gelungen war; dass der Anelectrotonus den Nerven im Zustand verminderten Nervenstroms zurücklasse (Säurewirkung), hatte sich mir schon ergeben. So hat sich denn das a. a. O. ausgesprochene Gesetz zu einem Ganzen geschlossen, das alle Erscheinungen des Electrotonus umfasst.

\*\*) PFLÜGER's Untersuchung über die Physiologie des Electrotonus 1859. S. 349. — E. DU BOIS-REYMOND, die electromotorische Kraft der Muskeln und Nerven. REICHERT's und DU BOIS-REYMOND's Archiv 1867. 4. S. 449 f.



eine künstliche Hypothese zur Erklärung der electricischen Gesetze der Muskeln und Nerven sei, dass sie nicht die absolute Wahrheit enthalte.

Den electricischen Moleculen E. DU BOIS-REYMOND's entsprechen nach meiner Auffassung chemische Moleculé von ganz analogem Bau, Alles was von den electricischen Moleculen gilt, muss auch für die chemischen Moleculé Geltung behalten. Der Versuch, die electromotorischen Eigenschaften der Gewebe chemisch zu erklären, darf an der physikalischen Anschauung nichts Wesentliches ändern. Eine chemische Theorie steht also nicht im Gegensatz zu der physikalischen, sie ist der nothwendige Ausbau derselben.

Auch von Anderen wurde in der letzten Zeit, freilich durchaus nicht in meinem Sinne, die Molecularhypothese öffentlich besprochen. Wir verdanken den Widerlegungen dieser Besprechungen einige Meinungsäusserungen DU BOIS's, die von der grössten Tragweite für uns sind, da sie die Bedeutung angeben, welche der Entdecker selbst den electromotorischen Moleculen der Muskeln und Nerven beigelegt haben will.

Wir finden in den neuesten Publicationen vor allem folgende für uns äusserst wichtige Sätze:

[Ueber die electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln. REICHERT's und DU BOIS-REYMOND's Archiv 1867. Heft 4. S. 490.]

»Unter den electromotorischen Moleculen sind — nicht kleinste Theile des Muskels zu verstehen, welche mit electromotorischen Kräften ausgerüstet, unablässig an sich stromerzeugend wirken, etwa wie in AMPÈRE's Theorie die Eisentheilchen, ihrer Natur nach, unablässig von Strömen umkreist gedacht werden. Wenn die AMPÈRE'schen Molecularströmchen bisher allein eine mathematische Fiction sind, der meines Wissens noch nie versucht wurde, eine physikalische Grundlage zu verleihen, so ist es ein Missverständniss gewesen, zu dem wohl die bisher unvollständig gebliebene Darstellung in meinem Werke verleitete, wenn auch die electromotorischen Molekeln dergestalt als **abstracte Wesen** aufgefasst wurden. Ich habe mir darunter vielmehr stets auf bestimmte Weise orientirte Heerde (lebhafter) chemischer Thätigkeit gedacht und diese Thätigkeit für einerlei mit derjenigen gehalten, welche die Athmung des Muskels ausmacht.« (Fast mit denselben Worten findet sich diese wichtige Aufklärung schon in der Untersuchung über »das Gesetz des Muskelstromes« s. o. g. Archiv 1863. Heft 5 u. 6. S. 595 f.) »Statt des Begriffes der electromotorischen Molekeln hätte ich anfangs vielleicht besser den sehr kleiner electromotorischer Flächen eingeführt, welche im Grunde das Einzige sind, von dessen Dasein wir sichere Kunde haben.« — »In der That, **der Faser parallele Reihen darauf senkrechter electromotorischer Flächen** sind, physikalisch-mathematisch genommen, Alles, was man zur Erklärung der electromotorischen Erscheinungen braucht.«

Unsere Aufgabe wird sich demnach im Folgenden auf das Aufsuchen solcher electromotorischer Flächen beschränken dürfen.

Du Bois fährt fort:

»Inzwischen ist es eben ein Vorzug unserer Theorie vor der AMPÈRE'schen, dass sie nicht bloss eine abstracte Fiction zu bleiben braucht, sondern dass die



Möglichkeit wenigstens da ist (wie gering auch die Wahrscheinlichkeit sei), dereinst etwas über die Ursache der in den electromotorischen Molekeln thätigen Triebkraft auszusagen.«

An einem anderen Orte finden wir noch direktere Angaben.

[Widerlegung der von LUDWIG HERMANN kürzlich veröffentlichten Theorie der electromotorischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven. Monatsberichte der Berliner Akademie. 1867. S. 629]. Es heisst dort:

»— doch kann ich nicht verschweigen, dass mir jede Theorie der Muskel- und Nerventhätigkeit todtegeboren erscheint, die von der Bedeutung weder der Fleischprismen noch des Axencylinders, noch der Nervenendplatte etwas zu sagen weiss.«

An diesem Orte kann am besten sogleich darauf aufmerksam gemacht werden, dass schon aus einer früheren Publication du Bois's eine Betheiligung der »Fleischprismen« an der Stromerzeugung des Muskels sehr wahrscheinlich wurde.

In dem »Zusatz zu seiner Lehre von den Neigungsströmen des Muskels« sagte du Bois am 25. Juni 1866 in der Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe der Berliner Akademie (siehe Monatsberichte S. 390, 391), nachdem die Neigungsströme an den durch Dehnung hergestellten Muskelrhomben besprochen waren:

»Um die Erscheinung zu verstehen, muss man sich zunächst vergegenwärtigen, dass die Hüllen der Primitivmuskelbündel unverschiebbar mit einander verwachsen sind. Die diagonale Dehnung des Muskels zum Rhombus kann also nicht anders geschehen, als indem Ebenen im Inneren der Bündel, welche im ungedehnten Zustande quer waren, schräge werden. Dass dem wirklich so sei, sieht man unter dem Mikroskop an den Querstreifen, welche im natürlichen Zustand senkrecht auf die Axe der Bündel, durch einen diagonalen Zug sich völlig schräg stellen.«

Die Beobachtung an den Querstreifen setzt du Bois in dem Folgenden direkt mit den Erfahrungen an den electromotorischen Molekülen in Analogie (a. a. O. S. 391):

»Man muss sich denken, dass während so die ganzen Bündel nicht an einander verschiebbar sind, dies für die Längsreihen der electromotorischen Molekeln der Fall ist, und dass deren Axen der Axe des Bündels parallel bleiben, während die queren Ebenen, in denen sie angeordnet sind, zu schrägen werden.«

Wir sehen aus dem Vorstehenden, dass auch der Meister auf dem Gebiete der thierischen Electricitätslehre eine chemische Erklärung seiner Moleculartheorie für möglich hält, und dass auch ihm in dieser Beziehung der regelmässige Bau der electromotorischen Organe als Erklärungsmoment wichtig erscheint.

Aber wie haben wir uns die Kraftproduction bei der Electricitätsentwicklung der electromotorischen Organe zu denken?

In der oben zuerst citirten Untersuchung du Bois-REYMOND's (Electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln) finden sich Vergleichen der electromotorischen Kraft der Muskeln und Nerven mit der von Flüssigkeitssäulen. Es zeigte sich, dass letztere in der Anordnung, in welcher sie geprüft wurden,



wenn auch primär nicht immer schwächer doch sehr viel weniger in ihren Wirkungen constant seien als die electromotorischen Gewebe.

Dieser Umstand rührt, wie sich sogleich ergibt, davon her, dass die durch Neutralisation und andere Vorgänge gebildeten Producte der Einwirkung der Flüssigkeiten aufeinander in den gewöhnlichen Flüssigkeitsketten nur durch Diffusion, also nur sehr langsam wieder weggeschafft werden können und somit den Neutralisationsvorgang, auf dem selbstverständlich die Krafterzeugung vor allem beruht, durch ihre Anwesenheit an der Grenzschichte der Flüssigkeiten sehr bald stören und endlich fast vollkommen vernichten müssen.

Bei einer Anordnung, bei welcher die Flüssigkeiten beständig in nächster Nähe an einander hin strömend erhalten würden und zwar mit beständiger Erneuerung der Flüssigkeiten, würde sich das Verhältniss wohl anders gestalten.

Es scheint mir nicht, dass aus dieser Inkonstanz der Flüssigkeitsketten schon ein Schluss gegen ihr Wirksamwerden in den lebenden, electromotorischen Organen gezogen werden kann.

In den lebenden Gewebselementen ist der Stoffaustausch nicht allein auf Diffusionsvorgänge angewiesen. In den leichter zu untersuchenden Pflanzenzellen sind die Strömungen im Zelleninhalte, welche activ denselben beständig vermischen und in bestimmter Weise vom Zellkern weg und wieder zu ihm zurückführen, längst bekannt und über allen Zweifel erhaben. Kein Mikroskopiker kann zweifeln, dass ganz analoge Bewegungserscheinungen auch im Inhalte der thierischen Zellen und ihren gleichwerthigen Gebilden vor sich gehen, wenn sie auch bisher noch nicht überall nachgewiesen wurden. Mit dem Tode der Zellen hören die Zellinhaltströme auf, etwa in der Zelle vorhandene Flüssigkeitsketten müssen dann sehr bald aufhören zu functioniren.

Haben wir einmal regelmässige chemisch-electrische Ungleichartigkeiten den oben angeführten electromotorischen Flächen du Bois's entsprechend in den electromotorischen Geweben nachgewiesen, so werden wir nicht zweifeln dürfen, dass auf ihrer Anwesenheit und ihrem Wirksamwerden die gesetzmässigen electromotorischen Erscheinungen an diesen Geweben, wenn nicht allein doch zum grössten Theile, zurückzuführen seien. Ich will nicht bestreiten, dass dabei auch noch die anderen Möglichkeiten, an welche du Bois zur Erklärung der Gewebselectricität denkt: die WILD'schen Hydro-Thermoströme und die QUINKE'schen Diaphragmaströme hier mitwirken könnten, freilich immer nur in der Beschränkung, in welcher du Bois diesen Gedanken zulässt. Wir dürfen gewiss annehmen, dass durch das Ineinandergreifen mehrerer in gleicher Richtung wirkender kraftproducirender Vorgänge die Wirkung der in den electromotorischen Geweben vorhandenen Flüssigkeitsketten so hoch gesteigert und so constant erhalten werde, wie sie in den thierischen Geweben zu Tage tritt.

## §. 2. Beobachtungen.

Von den unzähligen misslungenen Bestrebungen, welche mich seit einer Reihe von Jahren beschäftigen, alle gerichtet auf den chemischen Nachweis der electromotorischen Moleküle resp. der von du Bois geforderten electromotorischen Flächen, will ich schweigen. Man erkennt in den wenigen folgenden



Worten die Schwierigkeiten nicht wieder, mit denen hier zu kämpfen war. Das sichere Bewusstsein, dass ich mit meinen Bestrebungen auf richtiger Bahn sei, war es allein, das mich in der einmal betretenen Richtung ausharren liess.

Eine zufällige Gedankenverbindung spielte mir zuletzt die Lösung der Frage in die Hand.

Wir sind im Stande mit der von GERLACH entdeckten Carminfärbung der thierischen Gewebe, die chemischen Differenzen innerhalb der Gewebselemente zu erkennen und zu diagnosticiren. Durch die Carminfärbung machen wir bestimmte chemische Differenzen innerhalb der gefärbten Gewebe direkt dem Auge sichtbar, und zwar sind die sich durch Carmin **dauernd roth** färbenden Organe theile von **sauerer**, die ungefärbt bleibenden, aus denen sich der Farbstoff durch Wasser oder Glycerin wieder entfernen lässt, von **neutraler** oder **alkalischer** Reaction. —

In der Technik ist lange anerkannt, dass das Färben aller Zeuge, mögen sie nun aus pflanzlichen oder thierischen Stoffen bestehen, im letzten Grunde fast überall auf demselben Vorgange beruht. Nur in sehr wenigen Fällen geht der Farbstoff eine wahre chemische Verbindung mit dem zu färbenden Materiale ein. Gewöhnlich wird nur der löslich dargebotene Farbstoff in unlöslicher oder wenigstens schwerlöslicher Form in den Poren der Fasern oder an ihrer Oberfläche niedergeschlagen \*), und dort auf verschiedene Weise fixirt.

Bei der Zeugfärbung mit Carmin geschieht diese Ueberführung des gelösten carminsäueren Salzes in eine schwerer lösliche Form durch Anwendung von schwachen Säuren, mit denen man das Gewebe vor der Carminfärbung imprägnirt hat. Es dient dazu das Beizen des Gewebes mit Weinstein und Zinnsäure. Durch diese Säuren, die am Zeuge selbst haften, wird das gelöst dargebotene Carminsalz zerlegt und die schwerer lösliche Carminsäure in dem Zeuge niedergeschlagen, die dort noch weiter mechanisch (durch Thonerde) fixirt wird.

Es ist leicht, sich von der Wahrheit dieser Theorie der Carminfärbung zu überzeugen.

In einer Lösung von neutralem carminsäuerem Ammoniak, wie sie zur GERLACH'schen Carminimbibition dient, bringt eine Spur irgend einer Säure oder saueren Salzes sogleich einen rothen, sehr feinen Niederschlag von schwerlöslicher Carminsäure hervor.

Legt man Baumwollenfäden in concentrirtere Lösungen von Carminammoniak, so nehmen sie rasch Farbstoff in sich auf, der aber durch Waschen mit Wasser leicht wieder aus ihnen entfernt werden kann.

Legt man einen derartigen rothen Faden, den man am besten vorher an der Luft getrocknet hat, in eine Lösung irgend eines verdünnten Alkalis, einen anderen in schwach angesäuertes Wasser, so verhalten sich nun die Fäden sehr verschieden. Während bei dem letzteren die rothe Farbe etwas heller wird und fest am Faden haften bleibt, wäscht sie sich an dem anderen Faden in der

---

\*) Vergleiche darüber KNAPP's chemische Technologie, Bd. II. S. 893, 895, 724 u. f. Die Befestigung der Farbstofftheilchen erfolgt nach KNAPP durch die Wirkung der Flächenanziehung, wie Kohle gefärbten Lösungen die Farbe entzieht.



alkalischen Flüssigkeit sogleich mehr und mehr aus und färbt die Flüssigkeit roth, das Roth geht dabei etwas in's Bläuliche über. Bringt man nun beide Fäden in reines Wasser, so ist aus dem alkalischen Faden in kurzer Zeit die Farbe fast vollkommen ausgewaschen, während der saure Faden seine Farbe unvermindert behält.

Wir sehen aus den Erfahrungen der Technik über die Carminfärbung, sowie aus den eben angeführten Versuchen, dass wir alle jene Gewebstheile, welche Carmin aus einer Lösung fest an und in sich fixiren, sodass er nicht mehr durch Wasser ausgewaschen werden kann, wie oben angegeben, als sauer ansehen müssen. Durch die Säure der Faser wird in und an der Faser aus dem carminsäueren Alkali die schwerlösliche Carminsäure abgeschieden, die nun dem Auswaschen durch Wasser einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen kann. Eine nur lose Carminimbibition, bei der sich der Farbstoff durch Waschen fast vollkommen wieder entfernen lässt, ist auf eine neutrale oder je nach der Leichtigkeit, mit der die Farbe sich auswaschen lässt, auch auf eine alkalische Reaction der betreffenden Fasern zurückzuführen.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass dieselbe Ursache, welche bei der Zeugfärbung wirksam ist, sich auch bei der GERLACH'schen Imbibition thierischer Gewebstheile geltend macht. Alle Beobachtungen GERLACH's und der anderen Mikroskopiker sprechen dafür. Am besten geht das aus den eigenen Worten der Forscher hervor.

In der schon oben S. 73 citirten grundlegenden Abhandlung des genannten Forschers »Ueber die Einwirkung von Farbstoff auf lebende Gewebe« finden wir S. 6:

»Behandelt man thierische Gewebe, wie Knorpel, Epithelien, Bindegewebe, oder die ganze Substanz der Centralorgane des Nervensystems mit carminsäuerem Ammoniak, so tritt eine Färbung des Gewebes ein, deren Concentrationsgrade jedoch sehr verschieden bei den einzelnen Elementartheilen sind. Sehr wenig oder gar nicht erscheint die Intercellularsubstanz gefärbt, einen gesättigteren Grad von Färbung besitzt die Zelle, noch dunkler gefärbt ist der Kern und am intensivsten ist die Farbe an den Kernkörperchen ausgesprochen. War die Farbstofflösung concentrirt, so erfolgt die Färbung in der angegebenen Weise rascher, allein auch in Lösungen, welche nur Minimalquantitäten von Farbstoff enthalten, tritt die Färbung ein, jedoch ist dazu etwas längere Zeit nothwendig. Setzt man z. B. einer Unze Wasser zwanzig Tropfen einer concentrirten Lösung von carminsäuerem Ammoniak zu, so ist nach 5—6 Stunden die Färbung vollständig eingetreten und längeres Verweilen des Gewebes in der Flüssigkeit erhöht die Intensität der Farbe nicht mehr; dagegen muss dasselbe Gewebstückchen 2—3 Tage in einer Farbstofflösung, welche nur einen Tropfen concentrirten Farbstoffs auf die Unze Wasser enthält, liegen bleiben, um den gleichen Intensitätsgrad der Farbe zu erlangen. Ist ein Gewebe einmal gefärbt, so vermag selbst wochenlanges Liegen in reinem Wasser nicht dem Gewebe die Farbe zu entziehen. Auf der anderen Seite aber kann man einer sehr verdünnten Farbstofflösung dadurch, dass man in dieselbe wiederholt neue Gewebstückchen einlegt, sämmtlichen Farbstoff entziehen und dieselbe in vollkommen reines Wasser überführen. Uebrigens haben die thieri-



schen Stoffe die Fähigkeit nur eine gewisse Menge von Farbstoff aufzunehmen. Lässt man ein Gewebe einige Zeit in einer sehr concentrirten Farbstofflösung liegen, so erscheint es allerdings sehr intensiv gefärbt, allein der Farbstoff haftet nicht, sondern wird durch Behandlung mit reinem Wasser alsbald bis zu dem Grade ausgelaugt, welcher jenem entspricht, den das Gewebe angenommen hätte, wenn es einige Zeit in einer verdünnten Farbstofflösung gelegen hätte, der aber alsdann durch fortgesetzte Behandlung mit reinem Wasser nicht weiter entfernt werden kann etc.«

Hier muss sogleich angefügt werden, dass nach den leicht zu constatirenden Beobachtungen der Mikroskopiker ein Tropfen Alkali (aus naheliegenden auch mikroskopischen Gründen verwendet man am zweckmässigsten Ammoniak) dem Waschwasser zugesetzt genügt, um aus einem gut gefärbten mikroskopischen Gewebstückchen die Färbung vollkommen auszuziehen, auch aus den fest gefärbten Gewebspartien. Das Alkali löst in diesem Falle die durch die Gewebssäure im Gewebe fixirt gewesene Carminsäure auf, indem sie die Gewebssäure mehr als neutralisirt. Das ist auch der Grund, warum die Lösung kein oder nur äusserst wenig freies Ammoniak enthalten darf, wenn man gute Imbibitionen bekommen soll, das freie Ammoniak in der Imbibitionsflüssigkeit verhindert die Färbung vollkommen. Umgekehrt sehen wir bei der Imbibition künstlich ziemlich stark gesäuerter Gewebe, wie unten noch weiter ausgeführt werden wird, von den GERLACH'schen Differenzen nichts, solche Gewebe färben sich rasch durch und durch fast gleichmässig stark roth.

Ausser GERLACH hat vor allem nur noch BEALE das Carminammoniak auf frische Gewebe angewendet. Die meisten Mikroskopiker verwendeten durch gewisse Reagentien veränderte, gehärtete Gewebe, durch welche aber die Carminimbibition nicht wesentlich verändert wird. Auch wenn schwache, sehr verdünnte Säuren wie doppelt-chromsaueres Kali oder reine Chromsäure auf die Gewebe zur Erhärtung einwirkten, so bleiben selbstverständlich die primär saueren Theile der Gewebe auch nachher noch am sauersten und die Färbung wird also ein ziemlich ähnliches Resultat ergeben, da die sauereren Theile immer mehr Carmin in sich fixiren können als die weniger saueren.

Bei BEALE \*) findet sich eine Eintheilung der Gewebsbestandtheile, in solche welche sich mit Carmin färben und solche, welche keine Färbung annehmen. Die ersteren, vor allem den Zellkern und die Kernkörperchen, nennt er Keimsubstanz (germinal matter), die anderen geformte Substanz vor allem die Zellmembran und die nächstanliegenden Schichten. »Wir sind (S. 14) durch Anwendung gewisser alkalischer Farbstoffe in den Stand gesetzt, die Substanz, aus welcher jeder lebende Structurtheil zusammengesetzt ist, zu scheiden in Substanz, welche gefärbt wird und in solche welche nicht gefärbt wird. Ich glaube, dass wir in jedem lebenden Wesen durch die Einwirkung einer ammoniakalischen Lösung von Carmin und nachheriges Legen in Glycerin entschieden die Keimsubstanz von der geformten Substanz unterscheiden können.«

\*) *Structur der einfachen Gewebe*. Uebersetzt von CARUS. S. 8.



Das Glycerin dient BEALE zur Auslaugung des nur imbibirten nicht fixirten Farbstoffs, wozu, wie wir oben sahen, GERLACH noch zweckmässiger Wasser benützte.

BEALE erkannte, dass die Färbung seiner »germinal matter« auf einem Niederschlag des färbenden Stoffes in dem Gewebselemente beruhe. Er erkannte die Wichtigkeit dieser Beobachtung ganz richtig und gründete darauf seine Anschauung über den Wachsthumsvorgang in den Zellen. Der Carmin durchsetzt einen Theil des Gewebes ungestört, um in einem anderen niedergeschlagen, fixirt zu werden, ähnlich werden sich gewiss auch andere in die Zelle eindringende Substanzen verhalten.

Es war mir eine Freude und Genugthuung, als ich fand \*), dass schon vor mir BEALE auf den Gedanken kam, und ihn direkt aussprach, dass es sich bei der Fixirung des Carmins in den Geweben wohl um eine Säurewirkung handle. Wir brauchen das durch die anerkanntesten Forscher zu Tage gebrachte Material für unseren Zweck nur zu vereinigen und zu verwerthen. Die Stelle, auf die es hier ankommt, findet sich in dem schon citirten Werke S. 34 und ist auch noch in weiterer Beziehung wichtig, da sie zugleich das Wachsthumsgesetz der Zellen formulirt, das BEALE aus der Carminfärbung erschloss. Er beschreibt die Carminfärbung der Zelle wie GERLACH:

»Ganz nach aussen liegt ganz farblose, geformte Substanz, dann kömmt eine Schicht sehr junger und nur unvollständig erhärteter geformter Substanz, die ganz schwach gefärbt ist; zunächst folgt dann dunkel gefärbte Keimsubstanz und innerhalb dieser die am intensivsten gefärbten Kerne. Der Gewebetheil, welcher am intensivsten gefärbt ist, liegt am weitesten entfernt von der färbenden Lösung, der Theil, welcher gar nicht gefärbt ist, wird von der Lösung unmittelbar berührt. Der Carmin kann künstlich durch **die ihn nicht verändernden Schichten** geformter Substanz zur Keimsubstanz geleitet werden, wo er präcipitirt wird, vermuthlich in Folge der **saueren Reaction der Keimsubstanz.**«

Meine Vermuthung, dass es sich bei der Carmin-tinction um Säurewirkung handeln könne, entstand aus einer Bemerkung GERLACH's, die ich schon oft gelesen, früher aber nicht weiter beachtet hatte.

GERLACH beschreibt a. a. O. S. 8, dass er Fröschen Carminlösung in den Magen gebracht habe, die sich nach einiger Zeit in eine feinkörnige rothe Masse verwandelt fand.

»Der Farbstoff selbst war aber hier in der Art verändert, dass nur noch ein kleiner Theil gelöst, die grössere Masse dagegen in Form von kleinen rothen Körnchen niedergeschlagen war, eine Erscheinung, die wohl davon herrührt, dass durch die Einwirkung **der Säure** des Magens das carminsaure Ammoniak zum grössten Theil zersetzt wurde, worauf die in Wasser viel schwieriger lösliche Carminsäure sich **niederschlug.**«

Dadurch wurde mir mit einem Male der Zusammenhang zwischen Carmin-

\*) Diese Notiz verdanke ich der Güte des Herrn Professor von HESSLING, dem ich auch sonst für Rath und That vielfältig verpflichtet bin.



färbung und Gewebsreaction klar, der vorher so unverständlich erscheinen musste.

Jetzt ist es selbstverständlich, warum die Gewebselemente sich nur theilweise tingiren, warum aus den einen durch Wasser der Farbstoff verhältnissmässig leicht wieder ausgezogen werden kann, was aus den anderen nicht gelingen will. Nun ist es klar, warum jedes Gewebe nur eine ganz bestimmte Menge Carmin zu fixiren vermag, genau so viel als seiner Säuremenge entspricht.

Zum Verständniss der Verhältnisse sind noch folgende Betrachtungen wichtig.

In Beziehung auf die Carminfärbung so wie auf Färbung überhaupt müssen wir, wie sich schon ergeben hat, offenbar zwei verschiedene Momente anerkennen.

Legen wir einen neutralen Baumwoll-Faden in eine Carminlösung, so färbt er sich sogleich schön roth. Diese Färbung beruht einzig und allein auf Flächen-Wirkung, auf reiner Imbibition, der Farbstoff wird dabei nicht verändert; er lässt sich wenn wir viel Wasser anwenden auch wieder auswaschen, es muss dabei jedoch die mechanische Anziehung der Theilchen des Fadens gegen die Carminammoniaktheilchen aufgehoben werden. Es gelingt das durch blosses Liegen in Wasser doch stets nur unvollkommen, der Faden bleibt etwas röthlich gefärbt, wenn wir nicht die Wirkung des Wassers mit Reiben oder Wärme verstärken. Eine derartige Imbibition findet natürlich auch bei thierischen Theilen statt. Nach meinen Beobachtungen gelingt nach zu starker Carmin-tinction in concentrirteren Farbstofflösungen das Auswaschen der Farbe doch nur ziemlich langsam und nicht ganz vollkommen. Es zeigt sich diese mechanische Färbung, wenn wir sie so nennen dürfen, vor allem an der äusseren Oberfläche der Gewebe, dringt aber auch vom Rande her mehrweniger tief ein.

Wendet man Glycerin zur Farbstofflösung an, so gelingt das Auswaschen des nur mechanisch imbibirten Antheils von Carmin noch schwerer und noch weit unvollkommener. Zur Beobachtung der reinen Verhältnisse der Gewebsfärbung ist die Benützung des von GERLACH angewendeten verdünnten Carmin-Ammoniaks in Wasser allein zweckmässig.

Da die mechanische Imbibition natürlich an der Gewebsoberfläche am stärksten ist und nach Innen zu immer mehr an Stärke abnehmen muss, so bietet das ein Mittel zur Trennung der beiden Tinctiursachen. Legt man dickere aus Zellen bestehende Gewebsstückchen in eine sehr verdünnte Farbstofflösung, so sieht man nach einiger Zeit nur an der Gewebsgrenze den Zelleninhalt etwas gefärbt, weiter im Innern ist derselbe ganz farblos und nur die Zellkerne und Kernkörperchen sind stark geröthet. Was von Farbstofflösung in die Zelle gelangt, wird von dem Kerne zersetzt und fixirt, so dass sich nach und nach eine starke Kernfärbung ergeben kann, auch in sehr verdünnter Farbstofflösung. Das schönste Präparat, das ich zur Erhärtung dieses Satzes anrathen kann, ist die Oberhaut des Frosches. In den polygonalen ganz farblosen Zellen liegen in ziemlich regelmässigen Reihen die stark-rothen Zellkerne.

Nach meinen Beobachtungen färbt sich also chemisch nur der Zellkern, während die schwache Röthung des übrigen Zellinhaltes, die nach längerer Farbstoffeinwirkung auf starke Präparate eintritt, nur als mechanische Imbibition zu deuten ist.



Derselbe Unterschied findet bei der Carminfärbung der Nerven und Muskeln statt, auch hier dürfen wir nur die stark sich färbenden Theile als chemisch auf den Farbstoff wirkend betrachten, die diffuse schwache Färbung ist meist wohl nur mechanische Imbibition, auch wenn es nicht ganz gelingt sie wieder auszuwaschen. Man tauche nur ein weisses Tuch in concentrirtes Carmin-Ammoniak, um zu sehen, wie schwer oder vielmehr wie unvollkommen mit kaltem Wasser die Farbe verschwindet, und doch ist eine solche Färbung himmelweit von einer dauernden Färbung verschieden, da dabei das Carmin-Ammoniak unverändert bleibt. —

Bei der Untersuchung der Gewebe auf die Reactionsverschiedenheiten ihrer kleinsten Theile kam es natürlich vor allem darauf an, zu entscheiden, wie sich diese Reactionen bei den lebenden Geweben verhalten, da wir wissen, dass durch das Absterben Veränderungen in der Gesamtreaction der Gewebe, vor allem allgemeine Säuerung eintritt.

Hier stellt sich eine Schwierigkeit in den Weg. Wie sich aus der Darstellung der Versuchsergebnisse GERLACH's, an die sich die unsrigen anschliessen, in Capitel V ergibt, nehmen die lebenden Gewebe ganz indifferente Farbstoffe gar nicht in sich auf. Wir können also auf diesem Wege keine Aufschlüsse erwarten.

Es ist nothwendig, die Gewebe todt aber mit der Vertheilung der chemischen Reaction wie im Leben selbst zu untersuchen. Das ist möglich bei Alkoholpräparaten. Bekanntlich werden die organischen Processe der Gewebe durch Einbringen in absoluten Alkohol sogleich unterdrückt, wenn man durch möglichste Kleinheit der eingebrachten Gewebstückchen dafür sorgt, dass der Alkohol sogleich mit allen Theilchen in Wechselwirkung treten kann.

Solche Alkoholpräparate zeigen, wie ich selbst geprüft, und wie den Mikroskopikern seit GERLACH's Mittheilungen bekannt ist, die schönsten Färbungen. Gerade bei ihnen schneidet die Färbung scharf an den oben bezeichneten Grenzen ab, ohne diffus und verwaschen zu sein.

Die Beobachtung an Alkoholpräparaten lehrt uns also, dass schon **im lebenden Gewebe** die durch die Carmintinction aufgezeichneten Reactionsverschiedenheiten existiren.

So haben wir also in der verschiedenen Gewebs-*Reaction* eine Quelle regelmässiger electrischer Wirkungen an den kleinsten Theilen der thierischen Gewebe aufgefunden, welche, bisher unbekannt oder doch unbeachtet, die Ergebnisse der physikalischen Forschung an den electromotorischen Geweben ergänzt und anschaulicher macht.

Im Vorstehenden fand nur die Zellenfärbung mit Carmin ihre Darstellung.

Sie ergab, dass in jeder einzelnen Zelle die Ursache electromotorischer Kräfte vorhanden ist, dass in jeder lebenden Zelle beständige, regelmässige electrische Wirkungen sich vorfinden, **dass jede Zelle als eine Flüssigkeitskette kleinsten Calibers angesehen werden darf.**

Wir wissen dadurch, dass alle thierische wie pflanzliche Zellenthätigkeit mit regelmässigen, electromotorischen Wirkungen verknüpft ist, dass wir uns in keinem Gewebe oder Gewebselemente die Lebensvorgänge unbeeinflusst von dieser wichtigen Kräfteform vorstellen dürfen.



Ueber die Richtung und Stärke dieser electrischen Ströme gibt uns die physikalische Untersuchung Aufschluss. Es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass wir in einigen electromotorischen Geweben die Zellen selbst als electromotorische Molecüle im Sinne E. du Bois-REYMOND's ansehen müssen, sodass also die gesetzmässige Richtung dieser Ströme von den Geweben direkt auf die sie zusammensetzenden Zellen übertragen werden darf.

Die electromotorischen Gewebe, bei denen, wie ich glaube, die Zellen selbst als electrische Molecüle gelten dürfen, sind die Körperhaut des Frosches, an der E. du Bois-REYMOND, und die Magenschleimhaut und Darmschleimhaut, an der J. ROSENTHAL die regelmässigen mit den Nerven und Muskeln vollkommen übereinstimmenden electromotorischen Wirkungen festgestellt hat. Dasselbe gilt für die glatten Muskeln.

Du Bois sagt \*) über diese Organe:

»Wo absondernde Drüsen mosaikartig auf einer Fläche neben einander stehen, scheint diese Fläche der Sitz einer darauf senkrechten electromotorischen Kraft zu sein, welche nach meinen Versuchen bei der äusseren Haut der Amphibien und nach Herren ROSENTHAL bei der Magen- und Darmschleimhaut von der freien Fläche in's Innere gerichtet ist.«

— — »Die hier vorkommenden Kräfte sind — von gleicher Ordnung mit denen zwischen Längs- und Querschnitt der Muskeln, obschon sie die der dickeren Muskeln nicht erreichen.«

Die Magenschleimhaut scheint beim Frosch weniger stark electromotorisch zu wirken als die Körperhaut, du Bois fand sie etwa 4 mal schwächer.

Die Drüsen, um die es sich bei diesen Untersuchungen handelt, sind aus senkrecht auf die Oberfläche der Membran vollkommen regelmässig linear nebeneinander stehenden Zellenreihen zusammengesetzt, die als kleinste galvanische Ketten, ihrer regelmässigen Anordnung entsprechend, die ganz regelmässigen electromotorischen Wirkungen hervorrufen.

Da doch wohl auch für die Drüsenströme »der Faser parallele Reihen darauf senkrechter electromotorischer Flächen, physikalisch-mathematisch genommen, Alles sind, was man zur Erklärung der electromotorischen Erscheinungen braucht«, so scheint mir mit dem Nachweise dieser in der geforderten Richtung stehenden electromotorisch wirkenden, chemischen Ungleichartigkeiten in den die Drüsen zusammensetzenden Zellen, wenigstens für die Drüsen, die bisher vergeblich gesuchte Hauptursache der electromotorischen Kräfte aufgefunden.

Die weniger regelmässig gebauten Drüsen geben keine regelmässigen electromotorischen Wirkungen, es fehlt den auch in ihnen vorhandenen electrischen Molecülen dazu Nichts als die erforderliche senkrechte, lineare Anordnung, so aber bleiben die Wirkungen unregelmässig, ohne allgemeines Gesetz.

Ganz ähnlich wie bei den electromotorischen Drüsen finden wir die Anordnung der chemischen Reactionsdifferenzen in den beiden Hauptorganen der thierischen Electricitätslehre: in Nerven und Muskeln.

\*) Ueber die Electromotor. Kraft d. Nerven u. Muskeln. REICHERT'S und DU BOIS-REYMOND'S Archiv 1867. Hft. 4. S. 452.



Dass sich an Weingeistpräparaten der Nerven bei der Carmin-tinction nur der Axencylinder roth färbt, während die Marksubstanz ungefärbt bleibt, wurde schon durch die ersten Untersuchungen GERLACH's in dieser Richtung in seinen »Mikroskopischen Studien« nachgewiesen. Seit der Zeit ist diese Beobachtung vielfältig bestätigt worden. Am deutlichsten findet sich die Bestätigung bei FREY\*), welcher geradezu angibt, dass diese Färbung des Axencylinders ebenso wie die scharfe Färbung anderer saurer Gewebsbestandtheile am schönsten an Weingeistpräparaten hervortrete, welche, wie oben erwähnt, die Verhältnisse so geben, wie sie im Leben bestanden haben.

Der **Axencylinder** jeder lebenden Nervenfasern besitzt sonach **sauere Reaction**, während das Nervenmark neutral oder alkalisch reagirt, wahrscheinlicher das letztere.

Bei den quergestreiften Muskelfasern war bisher die Färbungsmethode mit Carmin noch nicht weiter verfolgt worden. Wir finden nur die Angabe, dass sie, abgesehen von den noch stärker sich färbenden Muskelkernen, sich diffus färben sollen. Es ist klar, dass eine derartige diffuse Färbung, welche für eine allgemeine saure Reaction des Muskelsaftes sprechen würde, von der wir chemisch bei dem lebenden Muskel Nichts wissen, auch für die Erklärung der electromotorischen Wirkungen des Muskels unbrauchbar sein würde.

Lange habe ich mich bemüht, an Muskeln von Säugethieren, Fischen, Fröschen und Insekten zu erkennen, ob die Färbung sich wirklich auf beide optisch verschiedene Muskelsubstanzen gleichmässig beziehe.

Durch BRÜCKE wissen wir, dass durch Wirkung schwacher Säuren das Doppelbrechungsvermögen der Fleischtheilchen vernichtet wird. Abgestorbene Muskeln zeigen aber bekanntlich meist die Doppelbrechung noch unverändert. Es scheint also nicht, dass die im Muskel nach dem Tode sich mehrende Gewebssäure auch auf die Fleischtheilchen ihre Wirkung äussere. Es schien mir daher wahrscheinlicher, dass sich die Säure im Muskel in der Zwischensubstanz (Kittsubstanz) vorfinden würde, dass die diffuse Färbung nur durch die Kleinheit der Fleischtheilchen vorgetäuscht werde.

Die Untersuchungen an den genannten Muskeln brachten mich zu keiner sicheren Entscheidung. Nur an den für diesen Zweck sehr günstigen Fasern des Axolotels gelang mir der Nachweis mit genügender Sicherheit, dass wirklich nur die Zwischensubstanz sich färbt, während die Fleischtheilchen ganz ungefärbt blieben. Aus dieser Verschiedenheit in der Farbstoffwirkung ergibt sich wie bei der Zellenfärbung unzweifelhaft, dass wir es bei der Muskelfärbung nicht mit einer bloß mechanischen Imbibition zu thun haben, sondern dass die Kittsubstanz chemisch auf den Farbstoff wirkt, was bei den Fleischtheilchen nicht der Fall ist.

Bei dieser Sachlage wendete ich mich wiederholt an die Güte des oft genannten Meisters in dieser wichtigen Frage selbst, an Herrn Professor GERLACH, der mich schon bei dem Beginne meiner auf diesen Punkt gerichteten chemisch-mikroskopischen Studien auf das freundlichste mit Rath unterstützt hatte.

Ich bin ermächtigt, im Folgenden seine eigenen Untersuchungsergebnisse

\*) Mikroskop und mikroskopische Technik. S. 89.



in dieser Frage zu veröffentlichen. Herr Professor GERLACH schreibt mir am 31ten Mai dieses Jahres:

»Dagegen habe ich eine reiche Erfahrung an Spirituspräparaten. Hier färbt sich der Axencylinder sehr rasch und intensiv; was die quergestreiften Muskeln betrifft, so färben sich weitaus am intensivsten die Muskelkörperchen (früheren Kerne), dann die Kittsubstanz zwischen den Sarc. Elem.; letztere dagegen fast gar nicht; letzteres ergiebt sich am besten an Querschnitten, die mit starken Immersionslinsen untersucht werden. Minder bestimmte Erscheinungen bieten die muskulösen Faserzellen dar; hier erscheint der stäbchenförmige Kern immer intensiv roth im Gegensatz zu der fast ungefärbten übrigen Substanz der contractilen Zelle.«

»Dass Säuren sehr bestimmend auf tingirte Präparate wirken, zeigt die einfache Erfahrung der Behandlung eines tingirten Stückchens Binde- oder Hornhautgewebes mit Essig-, Oxal- oder Citronensäure.« etc.

Wir haben sonach im Nerven wie im Muskel eine Abwechselung chemisch verschieden reagirender, ganz regelmässig, reihenweise, linear angeordneter Gebilde = Flüssigkeitsketten, die zur Erklärung der electriche Gewebsströme als Hauptursache vollkommen auszureichen scheinen.

Dass der Muskel nach seinem chemischen Bau mit dem DU BOIS-REYMOND'schen physikalischen Schema vollkommen übereinstimmt, leuchtet auf den ersten Blick ein. Auf einem Längsschnitt ist die saure Kittsubstanz strickleiterförmig angeordnet, zwischen den senkrecht auf die Faser stehenden Leitersprossen stehen die von der Kittsubstanz chemisch verschieden reagirenden Fleischtheilchen ebenfalls linear angeordnet und senkrecht auf die Längsoberfläche der Gesamtmuskelfaser. Dieses Bild ergiebt die Betrachtung der gefärbten Axolotelfaser direkt.

Bei dem Nerven ist die Anordnung ganz ähnlich, nur fehlt die Complication der senkrechten s. v. v. Leitersprossen, die wir bei dem Muskel antreffen.

Es ist uns damit gelungen, die electromotorischen Flächen DU BOIS's aufzufinden, an deren Theorie selbstverständlich dadurch Nichts geändert wird.

Bisher ist mit Sicherheit nur die Anwesenheit von Säure in den Geweben durch die Resultate der Carmin-tinction eruirt worden.

Die Säure ist die eine Flüssigkeit der Kette, es fragt sich, was wir als die zweite wirksame Flüssigkeit in den electromotorischen Geweben zu betrachten haben.

Es scheint mir, dass uns hierüber schon die älteren Resultate kaum einen Augenblick zweifeln lassen.

Die frischen, gesunden Gewebe reagiren entweder alkalisch oder neutral.

Die Carminfärbung zeigt uns, dass in diesen neutralen oder alkalischen Gebilden saure Theile schon während des normalen Lebens sich vorfinden. Wir können daraus nur schliessen, dass diese saure Reaction durch eine stärkere alkalische entweder übercompensirt oder in ihrem Erfolg auf Pflanzenfarben wenigstens neutralisirt wird. Wir können sonach, wie mir scheint, wenn wir nicht die stark alkalisch reagirenden Gewebssäfte als mitbetheiligt an dem Resultate der Prüfung auf Pflanzenfarben ansehen wollen, die von



Carmin nicht oder wenig gefärbten Gewebsbestandtheile nur als alkalisch betrachten.

Die Frage ist jedoch principiell nicht sehr wichtig, da bekanntlich electrische Ströme zwischen neutralen und saueren, wie zwischen schwach-sauren und stark-sauren Flüssigkeiten entstehen. Doch ist mir auch aus anderen Gründen, als den bisher erwähnten, die alkalische Reaction der betreffenden Gewebstheile wahrscheinlicher, besonders aus den Ergebnissen über die Anilin- und Goldchloridfärbung der Nerven und Muskeln. Direkte Versuche ergaben mir, dass sich mit Goldchlorid künstlich alkalisch gemachte Gewebsstückchen sehr intensiv färben. Dasselbe ist bei sehr stark-sauren der Fall, ein Umstand, durch den ich lange in der Irre geführt wurde.

Die Nervenfaser färbt bekanntlich in Goldchlorid vor allem stark ihre nach KLEBS doppelbrechende Markscheide. Da diese, wie die Carmintinction ergibt, nicht sauer ist, so kann sie also wohl nur ziemlich stark alkalisch sein.

Todte = »sauere« Muskeln färben sich diffus mit Goldchlorid, es zeigt sich aber an dünnen Stellen der Längsfaser oder noch besser auf feinen Querschnitten, dass die Kittsubstanz nur schwach blau ist, während die doppelbrechenden Fleischtheilchen stark blau gefärbt sind, so stark wie die Nervenmarkscheide. An einzelnen besonders günstigen sehr zarten Präparaten erschien die Kittsubstanz ganz ungefärbt und nur die Fleischtheilchen stark blau.

Es scheint mir diese Bemerkung für die alkalische Reaction der Markscheide und der Fleischtheilchen direkt zu sprechen.

Es verdient Aufmerksamkeit, dass die Fleischtheilchen und die Markscheide in mehreren Eigenschaften übereinstimmen. KLEBS hat gezeigt, dass optisch sich die Markscheide ähnlich verhält wie die Fleischtheilchen, sie ist doppelbrechend, electrisch nehmen sie als Bestandtheile der thierisch-electrischen Ketten die gleiche Stelle ein; eben wurde angegeben, dass sie sich auch gegen Goldchlorid analog verhalten. Der Schluss scheint nicht zu gewagt, dass beide hinsichtlich ihrer chemischen Substanz identisch oder wenigstens sehr analog sind. Das nachgewiesene Vorkommen der für die Marksubstanz des Nerven charakteristischen Stoffe im Muskel macht den Gedanken noch wahrscheinlicher, der jedenfalls einer eingehenderen Prüfung werth ist.

Auch das Resultat der Anilinfärbung der Nerven scheint für die alkalische Reaction der Markscheide zu sprechen. FREY a. a. O. gibt an, dass sich mit Anilin der Axencylinder des Nerven dunkler färbt als die Markscheide. Alkalien machen das Anilin verbleichen (Nervenmark), während Säuren (Axencylinder) die Schönheit des Roths fast noch erhöhen. —

Ueber den Grund des Aufhörens der electrischen Gewebsströme mit dem Tode des Gewebes bedarf es noch einiger Bemerkungen.

Die Flüssigkeitsketten wirken nur so lange, als beständig die an der Grenze der beiden electromotorischen Flüssigkeiten entstehenden Neutralisations- oder Ausgleichungsprodukte sehr rasch wieder weggeschafft werden. Die activen Zellsaftströmungen, die wir auch in dem flüssigen Inhalte des Muskels und des Nerven wirksam voraussetzen müssen, besorgen dieses Wegschaffen während des Lebens wohl vor allem. Dabei wirkt die beständig und rasch am Gewebelemente hinströmende alkalische Ernährungsflüssigkeit mit, welche die Diffu-



sionsströmung in diesen Gebilden sehr viel rascher machen muss als in stagnierenden Flüssigkeiten, indem durch sie an den Gewebsgrenzen beständig die Stoff-Ausgleichung eine fast momentane wird. Dass aber die letztere Ursache für die Wirkung der electromotorischen Gewebe nicht absolut bedingend ist, geht daraus hervor, dass sie auch aus dem Kreislauf herausgenommen noch einige Zeit ungestört functioniren. Die besprochenen activen Saftströmungen müssen also als das Hauptmoment für eine Constanthaltung der Flüssigkeitsketten angesprochen werden.

Mit dem allmählichen Absterben des Gewebes wird der vorhin flüssige Muskel- und Nervensaft starr, die Gewebsströme hören damit von selbst auf, die Neutralisations-Produkte häufen sich nun ungestört an und die Wirkung der Kette erlischt.

Die stärkere alkalische und normale, vor allem die stärkere saure Reaction im Gewebe muss von ganz analoger Wirkung sein, indem der Neutralisations- und Ausgleichungsvorgang nun rascher erfolgt als die Reinigungsvorgänge arbeiten, welche die Kette constant erhalten. Es tritt nach und nach eine fortschreitende Ausgleichung der chemischen Unterschiede ein. Das Sauerwerden der absterbenden Gewebe spricht dafür in direktester Weise.

Die Färbung mit Carmin zeigt aber, dass die chemischen Unterschiede durch das Absterben der Organe nicht vollkommen verschwinden, für die Carminwirkung werden sie kaum weniger in die Augen fallen. Es häuft sich an den schon im normalen Leben sauren Gewebstheilen die Säure nach dem Tode noch stärker an, die Carminfärbung wird dadurch also noch stärker werden müssen. Die stärksten Carminimbibitionen geben daher die Präparate, welche frisch in die Carminlösung gebracht und in ihr abgestorben sind, nur erscheinen die Grenzen der gefärbten Substanzen weniger scharf. Dass die Marksubstanz oder die Fleischtheilchen schwächer alkalisch geworden sind, kann uns selbstverständlich die Carminfärbung nicht lehren, die nur über saure Reaction Aufschluss gibt.

Künstlich gesäuerte Nerven, Muskeln, Haut oder anderes Bindegewebe färbt sich dagegen ungemein rasch diffus roth, so dass keiner der beschriebenen Unterschiede mehr wahrnehmbar ist. An mit Essigsäure stark gesäuerten Muskeln sah ich durch Carmin die Fleischtheilchen sogar stärker gefärbt als die Kittsubstanz.

Diese diffuse Färbung wird sehr anschaulich bei einem Nerven, der längere Zeit in verdünnter Essigsäure lag und dann sorgfältig in Wasser gereinigt wurde. Nur in schwache Carminlösung gebracht, färbt er sich diffus, sowohl Mark als Axencylinder, in wenig Minuten, während ein normaler Nerve, zum Vergleiche mit eingelegt, sich noch gar nicht gefärbt zeigt. Noch schönere Präparate geben zarte Bindegewebsstückchen ebenso behandelt.

Diese Säurewirkung ist, wie oben erwähnt, zugleich einer der Beweise dafür, dass die saure Reaction es ist, die das Carmin in den Geweben fixirt.

Die älteren Versuche wie die neuesten über Carminimbibition des Muskels haben gezeigt, dass am stärksten von allen Muskelementen sich die sogenannten Muskelkerne färben. Es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass unter diesen zum Theil auch die sogenannten »Endplatten« sich finden.



Es bedarf nur eines Tropfens Essigsäure zu einem frischen Muskelpräparate, um die regelmässige, reihenweise Anordnung dieser Kerne in der Muskelfaser zu demonstrieren. Es ist sonach unzweifelhaft, dass sich diese sehr saueren Gebilde, in die schwächer saure und alkalische Umgebung eingebettet, ganz so verhalten, wie die saueren Zellenkerne in den electromotorischen Drüsen und glatten Muskeln. Auch sie werden sich also in wesentlichster Weise an der Erzeugung der regelmässigen electrischen Strömungen im Muskel betheiligen und zwar offenbar ganz im Sinne der sonstigen electromotorisch wirkenden chemischen Ungleichartigkeiten im Muskel.

### Resultate.

Damit beschliesse ich die vorstehende Untersuchung und fasse zum Schlusse nur noch die Resultate dieses Capitels zusammen.

Wir sahen in den bisherigen Untersuchungen die electromotorischen Erscheinungen am Nerven, die mit seinen übrigen Lebenserscheinungen besonders mit seiner Erregbarkeit so innig zusammenhängen, in regelmässiger Abhängigkeit von bestimmten chemischen Einwirkungen. Es machte uns das die Abhängigkeit der gesammten electromotorischen Erscheinungen von inneren chemischen Gewebsvorgängen sehr wahrscheinlich.

Im vorstehenden Capitel wurde der erforderliche Nachweis dafür geliefert:

1. Nach GERLACH lassen sich alle thierischen (nach BEALE auch die pflanzlichen) Gewebselemente scheiden in solche, welche sich durch Carmin dauernd färben und in solche, welche ungefärbt bleiben.

2. Der Grund der dauernden Carminfärbung liegt in der saueren Reaction der betreffenden Gewebselemente. Sind die Gewebe künstlich gleichmässig stark sauer gemacht, so färben sie sich gleichmässig. Eine Neutralisation der Gewebssäure mit Ammoniak verhindert die Carminfärbung vollkommen und entfärbt gefärbte Präparate.

Die Wirkung der Säure beruht in einer Ausfällung der schwererlöslichen Carminsäure aus dem zur Färbung verwendeten neutralen Carminammoniak, Alkali löst die Carminsäure wieder auf.

3. In Präparaten, bei denen durch rasche Einwirkung von absolutem Alkohol die chemischen Gewebsverhältnisse möglichst wie während des normalen Lebens fixirt wurden, zeigt sich im Nervenrohre der Axencylinder intensiv sauer, während die Marksubstanz wahrscheinlich alkalische Reaction besitzt. In der Muskelfaser ist die Kittsubstanz sauer, während die Fleischtheilchen sich wie das Nervenmark verhalten.

In regelmässigen der Faser parallelen Linien finden sich in die Muskelfaser noch sehr stark saure Kerne eingelagert. In jeder Zelle sind der Kern und die Kernkörperchen sehr stark sauer, während die saure Reaction gegen die Zellenperipherie sehr rasch abnimmt und dort in eine alkalische übergeht. Wahrscheinlich ist im Leben der Zelleninhalt ohne den Kern ganz alkalisch.

Der Grund, aus dem wir neben der durch Carminfärbung nachgewiesenen saueren Reaction gewisser Gewebselemente eine alkalische Reaction



der anderen (mit Carmin nicht oder nur sehr schwach gefärbten) annehmen, liegt vornehmlich darin, dass die Prüfung der Reaction der ganzen Gewebe auf Pflanzenpapier eine neutrale oder meist eine schwach alkalische Reaction erweist. Die saure Reaction der mit Carmin sich färbenden Gewebstheile wird demnach durch die neben ihr vorhandene alkalische Reaction anderer neutralisirt oder übercompensirt.

4. In den electromotorischen Geweben: Muskeln (quergestreiften und glatten), Nerven, electromotorischen Drüsen finden sich die beschriebenen Differenzen in der chemischen Gewebsreaction vollkommen regelmässig angeordnet. Es finden sich regelmässige Abwechselungen von kleinen sauren und alkalischen Theilen.

5. Die sauren und alkalischen Flüssigkeiten im Innern der electromotorischen Gewebe müssen, so lange eine lebhaftere Saftbewegung in den betreffenden Zellen und Zellenabkömmlingen sich findet, wie sie bei den Zellen mikroskopisch nachgewiesen ist, als constante galvanische Flüssigkeitsketten wirken. Mit dem Absterben der Gewebe, das mit einem Gerinnen des vorher flüssigbeweglichen Gewebssaftes verbunden ist, müssen die electrischen Gewebsströme an Stärke abnehmen und endlich verschwinden, weil sich nun die Neutralisationsproducte an der Grenze der wirksamen Flüssigkeiten anhäufen, ohne weggeschafft werden zu können. Dasselbe bewirkt in geringerem Grade das über die Norm starke Vorwiegen einer der beiden wirksamen Flüssigkeiten, der Säure oder des Alkali, weil dadurch eine zunehmende Gleichartigkeit der Flüssigkeiten intendirt wird (cf. Meine Grundzüge der Physiologie des Menschen. S. 596; Chemische Theorien der thierischen Electricität und Tetanus S. 404. Capitel XVII; Einwirkung der ermüdenden Stoffe auf das electromotorische Verhalten des Muskels. Die dort niedergelegten Ansichten wurden durch das Experiment nur in ganz untergeordneten Punkten modificirt).

6. Wir sind berechtigt, diese regelmässigen chemischen Differenzen in den Geweben als Hauptgrund der regelmässigen electromotorischen Eigenschaften der Gewebe zu betrachten. Es ist mit dem Nachweis des Vorhandenseins der regelmässig angeordneten Säure-Alkali-Ketten in den electromotorischen Geweben die E. du Bois-Reymond'sche Molecularhypothese auf eine chemische Grundlage fundirt und bewiesen.

Du Bois-Reymond fordert von der Theorie der electromotorischen Wirkung der Gewebe, dass sie »die Bedeutung der Fleischprismen, des Axencylinders und der Nervenendplatte« erkläre. Unsere Annahmen beruhen einzig und allein auf der an den Fleischprismen, dem Axencylinder und den Nervenplatten (? Kernen) sowie an den Zellkernen gefundenen regelmässigen chemischen Verschiedenheit von den umgebenden Stoffen, welche Verschiedenheit an anderen Orten als eine Quelle electromotorischer Wirkungen bekannt ist.

Du Bois-Reymond fordert der Faser parallele Reihen darauf senkrechter electromotorischer Flächen zur Erklärung der gesetzmässigen Gewebslectricität. Die Betrachtung eines mit Carmin gefärbten Primitivmuskelbündels auf dem Längsschnitt zeigt uns die geforderte Anordnung direkt, in fast absolut gleicher Weise wie Du Bois-Reymond in Figur 7 der oft citirten Abhandlung über die



electromotorische Kraft der Nerven und Muskeln neuerdings die Molecülstellung schematisirt. Die Betrachtung eines gefärbten Nervenbündelquerschnitts zeigt die geforderte Stellung der electrischen Molecüle oder Flächen nicht weniger deutlich, wir sehen in ganz regelmässiger Weise die Durchschnitte der saueren Axencylinder abwechseln mit den alkalischen Gewebstheilen, jedes Stück Nervenfasern für sich ist eine einzelne regelmässige Säurealkalikette. Ganz regelmässigen Säurealkaliketten in dem geforderten Sinne begegnen wir auch bei den aus Zellenreihen bestehenden electromotorischen Geweben (Drüsen und glatter Muskulatur).

Es soll nicht geleugnet werden, dass an der Hervorbringung der regelmässigen electrischen Gewebswirkungen neben den hier nachgewiesenen chemischen Ursachen sich auch noch die von E. du Bois-REYMOND herbeigezogenen Hydrothermoströme und Diaphragmaströme betheiligen können. Das aber wird wohl sogleich einleuchten, dass wir in den chemischen Differenzen der Gewebe die Hauptursache der thierischen Electricität aufgefunden haben. —

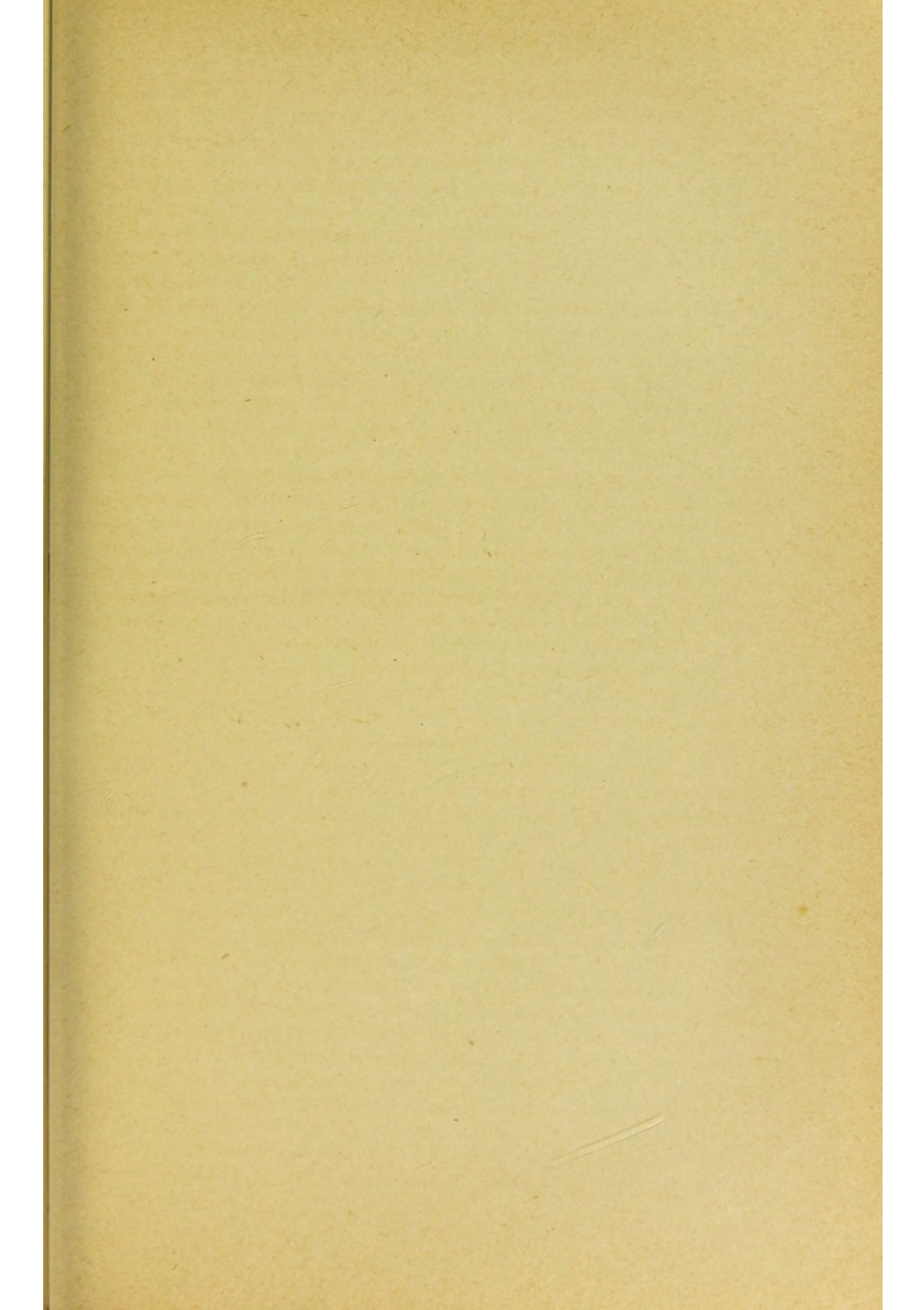
Durch die mitgetheilten Untersuchungen werden die physikalischen Lebewesenheiten der Nerven zum Theil auf erkannte, nachweisbare, höchst einfache chemische Vorgänge zurückgeführt.

Das neu gewonnene Ergebniss treibt, mit frischem Eifer den bisher betretenen Weg zu verfolgen, dessen Ziel die Vereinigung der Resultate der physikalischen und chemischen Forschung in der Physiologie zu einem Gesamtbilde des Lebens ist.



Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.











(4-) L r ed L x l



Bei Wilhelm Engelmann in Leipzig ist ferner erschienen:

# Grundzüge der Physiologie des Menschen

mit Rücksicht  
auf die Gesundheitspflege und das praktische Bedürfniss des Arztes.

Bearbeitet von

**Dr. Johannes Ranke,**

Privatdocent der Physiologie in München.

Mit 207 Holzschnitten und einem vollständigen Register.

gr. 8. 1868. brosch. 4 Thlr. 10 Ngr.

---

## Das Mikroskop und die mikroskopische Technik.

Ein Handbuch für Aerzte und Studirende

von

**Dr. Heinrich Frey,**

Professor der Medicin an der Universität Zürich.

Dritte verbesserte Auflage. Mit 397 Figuren in Holzschnitt.

gr. 8. 1868. br. 2 Thlr. 20 Ngr.

---

## Lehrbuch der Physiologischen Chemie.

Von

**Dr. W. Kühne.**

Mit 40 Holzschnitten und einem vollständigen Register.

gr. 8. 1868. brosch. 3 Thlr. 20 Ngr.

---

## Untersuchungen über die Innervation des Herzens

von

**Albert von Bezold,**

Prof. der Physiologie in Würzburg.

I. und 2. Abtheilung. gr. 8. brosch. 1 Thlr. 27½ Ngr.

I. Abth. I. Von dem Einfluss des Nervus vagus auf die Herzbewegungen. II. Von dem Einfluss des Hals-sympathicus auf die Herzbewegung. 1863. 27½ Ngr.

II. Abth. III. Ueber ein neues „excitirendes“ Herznervensystem im Gehirn und Rückenmark der Säugethiere. 1863. 1 Thlr.

---

## Untersuchungen über die elektrische Erregung der Nerven und Muskeln

von

**Albert von Bezold,**

Prof. der Physiol. in Würzburg.

Mit 2 Kupfertafeln und 15 Abbildungen in Holzschnitt.

gr. 8. brosch. 2 Thlr.

---



2500

DIE BLUTVERTHEILUNG  
UND  
DER THÄTIGKEITSWECHSEL  
DER ORGANE.

---

EINE STUDIE  
ZUR  
PHYSIOLOGIE UND HYGIEINE NACH UNTERSUCHUNGEN AUS  
DEM LABORATORIUM DES REISINGERIANUMS IN MÜNCHEN.

HERAUSGEGEBEN VON

**JOHANNES RANKE,**

DR. MED. UND A. O. PROFESSOR AN DER LUDWIG MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT IN MÜNCHEN.

---

LEIPZIG,  
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1871.







STATES

THE UNITED STATES OF AMERICA

DEPARTMENT OF THE INTERIOR

JOHN W. BAKER

1880

CLARK

THE UNITED STATES OF AMERICA

1881



# TETANUS.

---

EINE PHYSIOLOGISCHE STUDIE

VON

JOHANNES RANKE,

DR. MED. UND A. O. PROFESSOR AN DER LUDWIG MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT IN MÜNCHEN.

---

BAND II.

- I. Heft: Die Lebensbedingungen der Nerven.  
II. Heft: Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe.

---

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1871.



DIE BLUTVERTHEILUNG  
UND  
DER THÄTIGKEITSWECHSEL  
DER ORGANE.

---

EINE STUDIE

ZUR PHYSIOLOGIE UND HYGIEINE NACH UNTERSUCHUNGEN AUS  
DEM LABORATORIUM DES REISINGERIANUM'S IN MÜNCHEN.

HERAUSGEGEBEN VON

JOHANNES RANKE,

DR. MED. UND A. O. PROFESSOR AN DER LUDWIG MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT IN MÜNCHEN.

---

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1871.



DEUTSCHES  
JAHREBUCH  
DER  
PHYSIK

# DER THÄTIGKEIT DER ORGANE

GELEITET VON  
HERRN DR. MED. JOHANNES RANKE  
UND  
HERRN DR. MED. JOHANNES RANKE

JOHANNES RANKE

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM KNORR

1871



## Vorrede.

---

Die hier vorliegenden Untersuchungen wurden in den beiden Jahren 1869 und 1870 im Laboratorium des Reisingerianum's angestellt als directe Fortsetzung der Studien über Tetanus. Die Redaction erfolgte unter dem Eindruck des LIEBIG-Voit'schen Streites, dadurch haben die Betrachtungen in der Einleitung und vornehmlich in dem Schlusscapitel theilweise eine specifische Färbung erhalten.

Es würde mir eine grosse Genugthuung sein, wenn durch die hier gegebenen Gesichtspunkte Etwas zur Klärung der streitigen Fragen und zur Vereinigung der bestehenden und scheinbaren Gegensätze beigetragen würde.

Die im Folgenden gebrauchte Bezeichnung: Functionswechsel steht in gebräuchlicher Weise abgekürzt für: Functionirungs-Abwechselung = Thätigkeitswechsel.

Die Betheiligung der Herrn Dr. Dr. DAXENBERGER, PUILLE, BALDAUF und SYDNEY an den Untersuchungen ist aus dem Register zu ersehen.

Mit diesen Beobachtungen sind die Aufgaben unserer Untersuchung über das Wesen der Muskelaction (Tetanus) keineswegs abgeschlossen, es werden weitere Publicationen vorbereitet.

München, den 1. Mai 1871.

**Johannes Ranke.**



# Vorrede

Die hier vorliegenden Untersuchungen wurden in den Jahren  
1860 und 1870 im Kaiserlichen Museum der Naturgeschichte  
in Berlin an dem Kaiserlichen Museum der Naturgeschichte  
in Berlin unter dem Einflusse des kaiserlichen Hofrathes  
Herrn Dr. H. v. Saviely an der Kaiserlichen Universität  
in Berlin ausgeführt. Die Untersuchungen sind in drei  
Theile getheilt. Der erste Theil enthält die Beschreibung  
der in der Natur vorkommenden Arten. Der zweite Theil  
enthält die Beschreibung der in der Natur vorkommenden  
Arten. Der dritte Theil enthält die Beschreibung der in der  
Natur vorkommenden Arten.

Druck: von J. Neumann, Neudamm, 1874.

Johannes Müller.



# I n h a l t.

	Seite
Einleitung. . . . .	4
§. 1. Der Functionswechsel der Organe, seine vermuthlichen Ursachen und seine Stellung zu allgemeinen Fragen der Hygieine . . . . .	4
§. 2. Einfluss der Lehre vom Functionswechsel der Organe auf allgemeine Fragen der Physiologie, zunächst auf die Lehre vom Stoffwechsel . . . . .	8
§. 3. Untersuchungsplan . . . . .	19

## Abschnitt I.

### Betheiligung des Bluts am Gesamtstoffwechsel während der Ruhe und der Thätigkeit der Muskeln.

#### Capitel I.

Die Blutmengen geruhter Thiere mit Rücksicht auf den Stoffwechsel . . . . .	23
§. 1. Zur Methode der Blutmengenbestimmung . . . . .	23
§. 2. Vorversuche über die Nahrungsaufnahme von Kaninchen . . . . .	28
§. 3. Gesamtblutmengen geruhter Kaninchen, <i>vom Verfasser und Dr. E. Daxenberger</i> . . . . .	32
§. 4. Gesamtblutmengen von Fleischfressern . . . . .	38
§. 5. Gesamtblutmengen von Fröschen . . . . .	40

#### Capitel II.

Einfluss des Tetanus auf die Gesamtblutmenge . . . . .	43
§. 1. Zur Orientirung . . . . .	43
§. 2. Nachweis einer primären Verminderung und secundären Vermehrung der Gesamtblutmenge durch Muskelthätigkeit. . . . .	45
§. 3. Ueber Schwankungen in den festen Bestandtheilen und dem Wassergehalt des Bluts . . . . .	54

#### Capitel III.

Vertheilung des Bluts in den Organen geruhter Thiere . . . . .	55
§. 1. Methoden . . . . .	55
§. 2. Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate geruhter lebender Froschmännchen. . . . .	58
§. 3. Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate lebender geruhter Säugethiere . . . . .	63
§. 4. Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate lebender und todter geruhter Kaninchen. . . . .	70
§. 5. Blutgehalt in den grossen Drüsen im lebenden und todten Thiere . . . . .	74

#### Capitel IV.

Veränderung der Blutvertheilung durch den Tetanus . . . . .	83
§. 1. Versuchsmethoden . . . . .	83
§. 2. Veränderung der Blutvertheilung durch längeren Tetanus bei Fröschen . . . . .	84
§. 3. Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus bei Kaninchen . . . . .	87
§. 4. Einige Versuche zur Demonstration der durch Nervenwirkung im Muskel veränderten Blutvertheilung . . . . .	90
§. 5. Volumsänderung der menschlichen Extremitäten durch Muskelarbeit . . . . .	93
Schlussbetrachtung des Abschnitts I. . . . .	96



## Abschnitt II.

Seite

## Die Betheiligung der grossen Organe am Stoffwechsel bei Ruhe und im Tetanus.

## Capitel V.

Die Thätigkeit der Leber und der Nieren unter dem Einfluss des Tetanus und der Muskelruhe. . . . .	401
§. 1. Vorbemerkungen . . . . .	401
§. 2. Versuchsbeispiele über Gallenabsonderung bei Kaninchen im Tetanus und Muskelruhe . . . . .	403
§. 3. Versuchsbeispiele über Harnabsonderung bei Hunden bei Tetanus und Muskelruhe . . . . .	407

## Capitel VI.

Die Betheiligung der Drüsen und des ruhenden Bewegungsapparates an der Kohlensäureproduction (Respiration) der Frösche, <i>vom Verfasser und Dr. L. Puille</i> . . .	422
§. 1. Methode. . . . .	422
§. 2. Versuche . . . . .	426

## Capitel VII.

Ueber das Verhältniss der einzelnen Organstoffwechsel zu dem Gesamtstoffwechsel bei Säugethieren und Menschen. . . . .	431
§. 1. Gewichtsverhältnisse der wichtigsten Körperorgane bei Kaninchen im Vergleich mit dem Menschen. . . . .	431
§. 2. Harnstoffausscheidung bei Kindern und Erwachsenen . . . . .	435
§. 3. Organgewichte verschiedener Thiere . . . . .	438

## Capitel VIII.

Erste directe Bestimmung der in 24 Stunden vom Menschen producirtten Gallenmenge bei Muskelruhe. . . . .	444
§. 1. Bestimmung der 24stündigen Gallenproduction des Menschen . . . . .	444
§. 2. Vergleichung der direct gefundenen Werthe mit den für die Gallenproduction des Menschen bisher berechneten . . . . .	451
§. 3. Vergleichung der chemischen Zusammensetzung der Menschengalle nach den vorstehenden und älteren Bestimmungen . . . . .	454
Anhang . . . . .	457

## Capitel IX.

Einige Versuche über die physiologische Wirkung der Galle . . . . .	464
§. 1. Ueber die Ursachen des plötzlichen Todes bei Einspritzung concentrirter Gallenlösungen ins Blut, <i>vom Verfasser und Dr. med. Baldauf</i> . . .	464
§. 2. Einwirkung des frischen Lebersecretes des Kaninchens auf seine eigene Herzbewegung, <i>vom Verfasser und Dr. Sydney aus London</i> . . . . .	473

## Schlusscapitel.

§. 1. Der Functionswechsel der Organe . . . . .	475
§. 2. Physiologische Consequenzen des Thätigkeitswechsels der Organe für die Anschauungen über den Gesamtstoffwechsel . . . . .	477
§. 3. Der Nerve als vierter Factor des Stoffwechsels . . . . .	479
§. 4. Ueber Kraftquellen der Muskelaction . . . . .	483
a. Physikalische Kraftquellen. . . . .	483
b. Chemische Kraftquellen . . . . .	484
§. 5. Modificationen der Ernährungstheorie . . . . .	486
Anhang zu Capitel V. §. 2. . . . .	490



# Einleitung.

## §. 1.

### **Der Functionswechsel der Organe,**

seine vermuthlichen Ursachen und seine Stellung zu allgemeinen Fragen der Hygieine.

Eine Reihe altbekannter Thatsachen spricht mit grösserer oder geringerer Beweiskraft dafür, dass zwischen der Thätigkeit der einzelnen Organe des animalen Körpers ein Wechsel in der Art existirt, dass unter normalen Bedingungen mit der gesteigerten Thätigkeit des einen eine entsprechend verminderte Thätigkeit eines oder aller anderen Organe eintrete.

Es mag hier genügen, auf die den Aerzten und jedem an Selbstbeobachtung Gewöhnten geläufige Erfahrung hinzuweisen, dass ein derartiges Wechselverhältniss in der Arbeit zwischen den Organen der Verdauung und dem Bewegungsapparat des Körpers existirt. Gesteigerte Nahrungsaufnahme, welche den Verdauungsapparat in volle Thätigkeit setzt, hindert die Bewegungsfähigkeit der Muskulatur. Man behauptet, dass ebenso übermässig gesteigerte Arbeitsleistung der Muskeln die Intensität des Verdauungsvorganges herabsetze.

Es ist einer der ersten Grundsätze der Physik des animalen Organismus, dass die Arbeitsleistung der Organe zunächst ihren Grund habe in Stoffwechselvorgängen, ein Grundsatz der vor allem durch J. v. LIEBIG in die Physiologie eingeführt wurde<sup>1)</sup>. Durch den Umsatz der Organstoffe werden die Kräfte geliefert, die sich in der Thätigkeit der Organe äussern. Wie wir an Organen sehen, die vom Körper getrennt ihre Thätigkeit noch längere oder kürzere Zeit fortsetzen können, verlaufen diese kraftproducirenden Zustandsänderungen chemischer Stoffe zunächst im und am arbeitenden Organe. Während der Strom des Nahrungssaftes (Plasma) und Sauerstoff die Organe durchfließt, finden diese Umwandlungen der Bestandtheile des Organs und Plasmas statt, welches letztere, so lange es im Organ sich befindet, ebenso als Bestandtheil desselben angesehen werden kann, wie die fester an das Organ gebundenen Stoffe, die sich direct nicht an dem Säftekreislauf im Organismus betheiligen<sup>2)</sup>.

1) z. B.: Thierchemie. Die Bewegungs-Erscheinungen im Thierorganismus. S. 474—210. Speciell vergleiche man z. B. S. 200 Zeile 7—11. — 1843.

2) Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers S. 6 und 7. Th. L. W. BISCHOFF und C. VOIR. 1860. Dasselbe findet sich: C. VOIR, Untersuchung über den Einfluss etc. S. 9. 1860.



Was von der Thätigkeit der Organe gesagt wird, bezieht sich sonach direct auf den Organstoffwechsel, der sie allein ermöglicht.

Die gesteigerte Thätigkeit eines Organes, mit der die Krafterzeugung aus dem Stoffwechsel gleichen Schritt halten muss, scheint also einen Einfluss auf die anderen Organe desselben thierischen Körpers in der Art auszuüben, dass die Arbeitsfähigkeit, der Stoffwechsel der letzteren dadurch herabgesetzt wird.

Wir bezeichnen diese supponirte Wechselwirkung der einzelnen Körpertheile auf einander, deren genauerer Erforschung die folgenden Untersuchungen dienen sollen, als: **Functionswechsel der Organe.**

Der Grund für die Nothwendigkeit dieser Abwechselungen in der Organthätigkeit ist durch physiologische und ärztliche Beobachtung schon angedeutet.

Er scheint darin zu beruhen, dass durch die Thätigkeit der Organe die **Blutvertheilung** in den einzelnen Gefässprovinzen des Körpers und damit die Fähigkeit zum Stoffumsatz in denselben verändert wird.

Das Blut ist ein Hauptfactor für den Stoffumsatz. Es führt den Organen den zum Stoffwechsel unentbehrlichen Sauerstoff so wie einen grossen Theil der chemischen Stoffe zu, denen wir nach den oben citirten Stoffwechseluntersuchungen von BISCHOFF und VOIT die Bezeichnung: Plasma, Blastem geben. Die Stärke des gesammten Säftestromes im Organe von Zelle zu Zelle steht zunächst, abgesehen von gewissen inneren Veränderungen im Organe selbst, in directem Verhältniss zur Blutzufuhr. Mit Recht können wir daher mit VOIT und Anderen das Blut als Repräsentanten ansehen für das gesammte dem Organe zukommende Plasma. Der genannte Autor hält es wie wir für möglich, dass gewisse Nerven<sup>1)</sup> einen Einfluss auf den Stoffwechsel dadurch ausüben könnten, »dass sie den Zufluss vom Blastem zu dem Organ vielleicht durch eine Aenderung im Lumen der Gefässe«<sup>2)</sup>, womit der Organblutgehalt ab- und zunimmt, verändern.

Mit der Menge des dem Organe zuströmenden Blastems steigt und fällt aber, bei Gleichbleiben der übrigen Stoffwechselfactoren, der Umsatz von Stoffen im betreffenden Organe.

Die Factoren des Stoffwechsels sind nach den »Gesetzen der Ernährung des Fleischfressers« zunächst vier: Organ, Plasma, Sauerstoff und Nerve. Auf die Wirkung des letzteren werden wir erst zum Schluss der ganzen Untersuchung näher eingehen. Die Wirkungsgesetze der drei ersteren werden a. a. O. S. 8 in folgender Weise definirt:

»Die Umsetzung ist stets das Product der Einwirkung aller drei Factoren auf einander und ist derselben direct proportional.«

»Die Grösse der Umsetzung wird also steigen, wenn die Masse des **Organs** gross ist oder zunimmt; sie wird fallen, wenn die Masse des Organs klein ist oder abnimmt; innerhalb gewisser Grenzen immer unabhängig von der Menge des Plasma oder des Sauerstoffs.«

1) Man vergleiche das Schlusscapitel.

2) a. a. O. S. 227.



»Die Grösse des Umsatzes wird ebenso steigen, wenn die Masse des **Plasmas** zunimmt, auch, wenn das Organ noch nicht zunimmt, auch die Einwirkung des Sauerstoffs nicht zu-, sondern sogar vielleicht abnimmt. Sie wird abnehmen, wenn die Masse des Plasma abnimmt.«

»Die Grösse der Umsetzung wird endlich steigen, wenn die Menge des **Sauerstoffs** zunimmt, auch wenn die Masse des Organs oder des Plasmas nicht grösser wird oder selbst abnimmt; sie wird kleiner werden, wenn die Menge des Sauerstoffs direct oder indirect abnimmt.«

Das Blut führt, mit den oben gegebenen Einschränkungen, dem Organe die zwei zunächst veränderlichen Factoren des Stoffwechsels zu: Blastem und Sauerstoff. Je mehr Blut dem Organe zukommt, desto mehr wird so-nach nach den BISCHOFF-VOIT'schen Ernährungsgesetzen der Organstoffwechsel ansteigen<sup>1)</sup>.

Für diese Auffassung sprechen direct auch die bekannten neuen Versuche von LUDWIG und J. MÜLLER<sup>2)</sup>, welche einen grösseren Organstoffwechsel mit der reichlicheren Blutzufuhr zu dem Organ erweisen. Es wurde experimentell nachgewiesen, dass aus der dem Organe zugeführten reichlicheren Blutmenge mehr Sauerstoff von ersterem aufgenommen wird. Die Beschleunigung des Blutstroms hat dabei einen kleineren Erfolg in dieser Richtung wie die eigentliche Vermehrung des Organblutgehaltes selbst.

Eine weitere Hauptstütze erhält aber die vorgetragene Anschauung noch durch den experimentellen Nachweis, der schon vor Jahren geliefert worden ist<sup>3)</sup>, dass das Organ, zunächst der Muskel, je nach seinem grösseren oder geringeren Blutgehalt eine grössere oder geringere Gesamtarbeit zu leisten vermag. Die Arbeitsfähigkeit des Muskels und damit sein Stoffumsatz steht nach diesen Experimenten in directem Verhältniss zu dem ihm zu Gebote stehenden Blute, so dass also für diese Organgruppe schon jetzt der Beweis geliefert ist, dass mit der gesteigerten Menge des Blastems und Sauerstoffs im Blute, über die das Organ zu verfügen vermag, seine Leistungsfähigkeit ebenso ansteigt wie mit der Organmasse selbst. Der Muskel vermag also auch Stoffe aus dem Blut (-Plasma) zur Kraftproduction für die Muskelarbeit zu verwenden wie sich das aus den Stoffwechsel-Gesetzen der Organe mit Nothwendigkeit direct ergibt.

Bei der Arbeitsleistung der Organe ändert sich nun die Blutvertheilung im

1) Durch die neuen Untersuchungen von M. v. PETTENKOFER und C. VOIT sind diese Ernährungsgesetze nicht umgestossen, sondern nun auch auf den Kohlenstoff- und Wasserstoffumsatz erweitert worden. Organ und circulirende Säftemasse, Blastem oder Plasma bezeichnet C. Voit, indem er ihren Antheil am allgemeinen Stoffwechsel noch näher studirte, bekanntlich neuerdings mit alleiniger Rücksicht auf den Stickstoffumsatz als Organ-Eiweiss und Vorraths-Eiweiss. Wir werden im Folgenden uns der älteren Ausdruckweise, die weniger Missdeutung ausgesetzt scheint und die Sache allgemeiner fasst, bedienen.

2) LUDWIG, Arbeiten aus der physiologischen Aanstalt zu Leipzig, IV. Jahrg. J. MÜLLER, über die Athmung in der Lunge, a. a. O. S. 37—76. 1869.

3) J. RANKE, Tetanus S. 224—233. Beziehungen des Bluts zur Muskelarbeit.



Organismus in dem Sinne, dass den thätigen Organen **mehr Blut** zugeführt wird als den ruhenden.

Schon den älteren Physiologen und Aerzten war diese Veränderung der Circulation in den thätigen Organen eine bekannte Thatsache.

Um Einen für Viele anzuführen, so finden wir bei MAGENDIE<sup>1)</sup>:

»Der Kreislauf kann nicht fort dauern ohne — die Thätigkeit des Nervensystems, welches den grössten Einfluss auf die Schnelligkeit des Blutlaufes und die Vertheilung desselben in den Organen hat. In der That durch die Einwirkung des Nervensystems werden die Bewegungen des Herzens und folglich der Kreislauf des Blutes schneller oder langsamer; sodann lehrt die Beobachtung, dass, wenn die Organe willkürlich oder unwillkürlich thätig sind, sie eine grössere Blutmenge erhalten — —; und wenn ihre Thätigkeit vorherrschend wird, so nehmen die Arterien, die zu ihnen gelangen, bedeutend an Umfang zu, wenn dagegen die Thätigkeit abnimmt oder ganz aufhört, so werden die Arterien kleiner und lassen nur noch eine kleine Menge Blut zu den Organen gelangen. Diese Erscheinungen sind deutlich an den Muskeln, der Blutlauf wird in ihnen schneller, wenn sie sich zusammenziehen, wenn sie sich oft zusammenziehen, so nehmen ihre Arterien an Umfang zu; wenn sie gelähmt sind, so werden in ihnen die Arterien sehr klein und der Puls ist in ihnen kaum mehr fühlbar.«

Diese Veränderung des Blutstroms durch das thätige Organ im Sinne einer Steigerung der Blutzufuhr gleichzeitig durch Beschleunigung des Blutlaufes und Erweiterung der Gefässlumina, also durch Vermehrung des im Organ gleichzeitig enthaltenen absoluten Blutquantums haben vor längerer Zeit die bekannten Experimente CL. BERNARD's an den Speicheldrüsen und neuerdings die Versuche LUDWIG's mit SCZELKOW und SADLER an den Muskeln zum Theil nach ganz neuen, vollkommen exacten Beobachtungsmethoden bethätigt<sup>2)</sup>.

Schon äusserlich sehen wir bei der Muskelarbeit das Volum der thätigen Glieder zunehmen<sup>3)</sup>, eine Veränderung, die doch primär nur in einer Steigerung ihres Blutgehaltes oder Plasmagehaltes begründet sein kann. Auch alle weiteren Erscheinungen an der Körperoberfläche bei Muskelarbeit wie z. B. die stärkere Röthung, Wärmeabgabe und Wasserverdunstung an der Haut sprechen wenigstens bei dem Menschen dafür, dass hierbei mehr Blut in den peripherischen Körperorganen sich finde als während der Muskelruhe.

Was für die Muskeln und Speicheldrüsen gilt, behält seine Geltung auch für die Verdauungsorgane des Unterleibes, auch sie erhalten während ihrer Thätigkeit eine reichlichere Blutzufuhr.

Wir sehen bei Thieren, die in der Verdauung getödtet wurden, den gesammten Digestionsapparat reichlich mit Blut gefüllt, geröthet, während die gleichen Organe im Hungerzustand blass erscheinen. Die Magen- und Darm-schleimhaut, das Pankreas zeigen diese Veränderlichkeit ihres Blutgehaltes auf

1) Grundriss der Physiologie, übersetzt von HEUSINGER. II. S. 329 f. 1820.

2) a. a. O. IV. Jahrgang. 1869. S. 77—100.

3) Vergleiche auch die folgenden Untersuchungen in Cap. 10.



das Deutlichste. Den Aerzten ist bekannt, dass bei der Verdauung die Leber eine vorübergehende, nicht unbedeutende Volumszunahme erfährt, die primär der Hauptsache nach auf einer reichlicheren Anfüllung ihrer Gefässe mit Blut beruht.

FRERICHS sagt z. B. in seiner »Klinik der Leberkrankheiten«<sup>1)</sup>:

»Die Nahrungsaufnahme äussert auf das Volum der Leber einen wesentlichen Einfluss. Während der zweiten Periode der Verdauung nimmt das Organ an Umfang und Gewicht zu, — wegen der Hyperämie, die alsdann sich einstellt, —. Nach anhaltendem Fasten wird die Drüse kleiner und leichter.« Er weist darauf hin, dass seine eigenen Bestimmungen des Lebergewichts mit denen von BIDDER und SCHMIDT übereinstimmen und das gleiche Resultat wie jene ergeben.

FRERICHS nimmt ganz in Uebereinstimmung mit den oben dargelegten Ernährungsgesetzen an, dass durch die gesteigerte Blutzufuhr die Functionirung des Organs und damit der Stoffwechsel in demselben gesteigert werde.

Er sagt<sup>2)</sup>:

»Schon im Normalzustande unterliegt der Blutgehalt der Leber einem steten Wechsel, vermittelt durch den Digestionsprocess. Der vermehrte Blutzufuss zur Gastrointestinalschleimhaut und die lebhaftere Resorption, beide nothwendige Begleiter des Verdauungsactes, steigern den Blutandrang zur Leber und veranlassen eine Schwellung der Drüse, welche durch die vermehrte Secretion und durch den gesteigerten Stoffumsatz in den Parenchymzellen wieder ausgeglichen wird.«

Es ist möglich, diese congestive Vergrösserung der Leber durch das Plesimeter nachzuweisen.

Die bisher beigebrachten Beobachtungen beweisen zunächst nur, dass die arbeitenden Organe mehr Blut erhalten als sie in der Unthätigkeit besitzen.

Ein directer Nachweis, in welcher Art sich die Gesamt-Blutvertheilung dadurch ändert, ist bisher noch nicht erbracht. Eine der Aufgaben für die folgenden Untersuchungen wird es sein, den Veränderungen nachzuspüren, welche die Blutvertheilung in den übrigen Organen dadurch erfährt, dass ein Organ oder eine ganze Organgruppe — wie Bewegungsapparat oder Verdauungsapparat — stärker thätig ist und damit mehr Blut zugeführt erhält.

Das Resultat dieser Untersuchung kann kaum zweifelhaft sein.

Wenn die Gesamtmenge des Blutes im Organismus eine ziemlich gleichbleibende ist während der Thätigkeit eines Organes, wofür in den folgenden Beobachtungen der Nachweis geliefert werden wird, so muss gleichzeitig etwa um ebensoviel, als mehr Blut den arbeitenden Körpertheilen zuströmt, den gleichzeitig ruhenden entzogen werden.

Während die Muskelaction den Muskeln eine gesteigerte Blutmenge zuführt, werden die übrigen Organe z. B. die des Verdauungsapparates weniger Blut erhalten. Darauf beruht vor allem der allen Aerzten bekannte Einfluss, den

1) Bd. I. S. 21.

2) a. a. O. S. 384 f.



die Muskelbewegung auf Congestivzustände z. B. des Intestinaldrüsenapparates ausübt. So finden wir z. B. wieder bei FRERICHS<sup>1)</sup>:

»Es gelingt meistens ohne Schwierigkeit — mittelst activer Bewegung in freier Luft, Reiten etc. — die Hyperämie der Leber zu mässigen oder zu heben.«

Die Thätigkeit der Muskeln entzieht dem Drüsenapparat einen Theil des Blutes und hebt damit seine überreichliche Blutfülle. Es ist einleuchtend, dass derselbe Vorgang sich stets bei jeder Muskelaction in grösserem oder geringerem Masse einstellen muss. Darauf beruht ein Theil des grossen hygieinischen Einflusses, den die active und passive Muskelbewegung: Reiten, Turnen, Fusswanderung etc. ausübt.

Umgekehrt sehen wir während der Verdauung die Apparate derselben von Blute strotzen. Es muss das anderen Organen, vor allem dem Bewegungsapparate entzogen werden. Und wir wissen ja schon, dass die Fähigkeit zur Arbeitsleistung der Muskeln während der Verdauung herabgesetzt ist. Wenn der Muskel während der Verdauung weniger Blut erhält als sonst während seines Ruhezustandes, so muss eine Herabsetzung seiner Leistungsfähigkeit die directe Folge sein, da ihm dann das Material zur Kräfteerzeugung durch Stoffumsatz: Sauerstoff und Blastem in geringerer Quantität zu Gebote stehen. Das gilt mutatis mutandis von den übrigen Organen ebenso.

Die gesteigerte Blutzufuhr zu den arbeitenden Organen muss in diesen den Stoffumsatz etwa um die gleiche Grösse steigern, um welchen derselbe in der Gesamtheit derjenigen Organe herabgesetzt wird, denen gleichzeitig ein Antheil ihres Blutes entzogen wurde. Da jedoch der Stoffwechsel in den verschiedenen Organen, wie wir experimentell erfahren, ganz verschiedene Intensität besitzt, so wird die behauptete Proportionalität doch immer nur eine unvollkommene sein können.

Krankhaft gesteigerte Blutfülle (*ubi stimulus ibi affluxus*) pflegen die Aerzte z. Thl. mit Hautreizen und analogen Mitteln zu behandeln, wodurch mehr Blut an die künstlich gereizte Stelle sich begibt, dem erkrankten Organe dafür entsprechend entzogen wird. Der günstige Erfolg entspricht der Voraussetzung. Dieselbe bestätigt sehr energisch VALENTIN<sup>2)</sup>, wenn er schreibt:

»Die Congestion und Hyperämie einzelner Gegenden bilden daher nur die Ergänzungsstücke der Anämien anderer, so lange die Blutmenge die gleiche bleibt. Eine passende Ableitung wird die Ueberfülle beseitigen.«

Das bisher Beigebrachte scheint uns schon jetzt genügende Anhaltspunkte an die Hand zu geben, um mit aller Wahrscheinlichkeit als Grund für die Abwechselung in der Intensität der Thätigkeit der Organe, für ihren Functionswechsel den oben aufgestellten festzuhalten, nämlich die Veränderung der Blutvertheilung, wodurch den arbeitenden Organen mehr Blut, mehr Material zur Stoffzersetzung und damit zur Kräfteproduction zugeführt wird, während in den ruhenden Organen durch die entsprechende gleichzeitige Verminderung

1) a. a. O. S. 387.

2) Grundriss der Physiologie. IV. Auflage. §. 613.



ihres Blutgehaltes eine Herabsetzung ihres Stoffwechsels und damit ihrer Leistungsfähigkeit eintritt. Die folgenden Untersuchungen werden diesen Satz noch weiter zu begründen haben.

In der Abwechselung und gegenseitigen Ablösung in der Thätigkeit zwischen den einzelnen Organen liegt ein Hauptmoment des ungestörten Verlaufs der Gesundheit.

Anhaltender Nichtgebrauch der Muskulatur schadet bekanntlich nicht nur dieser Organgruppe selbst, dadurch dass die Ernährung derselben beeinträchtigt wird. Nach dem in den »Lebensbedingungen der Nerven«<sup>1)</sup> experimentell formulirten Ernährungsgesetz der Organe werden vor allem nur durch die Thätigkeit der Organe in diesen die inneren Bedingungen hervorgerufen, welche sie zu einer gesteigerten Stoffaufnahme, Ernährung befähigen. Die mangelnde Muskelthätigkeit wirkt aber auch nicht weniger schädlich auf die Thätigkeit der Verdauungsdrüsen. Die Gesundheit des Organs bedarf des Wechsels zwischen Ruhe und Thätigkeit, zwischen grösserer und geringerer Energie des Stoffumsatzes. Schlaf und Wachen sind derartige natürliche, regelmässige Abwechselungen zwischen der Thätigkeit der vegetativen und animalen Organgruppen im Grossen und Ganzen. Weitere derartige Abwechselungen werden, wie wir sahen, einerseits durch die Nahrungsaufnahme, andererseits durch gesteigerte Muskelthätigkeit hervorgerufen.

Personen und ganze Stände, welche durch ihren Lebensberuf zur überlangen, mehr oder weniger gänzlichen Muskelunthätigkeit gezwungen werden, müssen den Muskeln zur Erhaltung des allgemeinen Gleichgewichtes der Gesundheit durch zeitweise absichtlich bedeutend gesteigerte Thätigkeit, z. B. Turnen, Fechten, Reiten, Wandern, Tanzen ihren periodisch nöthigen Mehrantheil an Blut zuführen, theils zu deren eigener Ernährung, theils zur Entlastung der übermässig mit Blut überfüllten Unterleibsorgane.

Man muss das unruhige Treiben der nichtmechanisch arbeitenden Stände bei Tisch und in ihrer abendlichen Erholungszeit mit der behaglichen Musse des Arbeiters vergleichen, wenn er sich nach harter Anstrengung in der Zwischenstunde des Essens oder am Abend seiner Ruhe freut. Man wird dann einen lebhaften Eindruck davon erhalten, wie innere Naturgesetze, oft unbewusst, den verschiedenen Schichten der menschlichen Gesellschaft ihren charakteristischen Stempel aufdrücken. Für die eine Gruppe ist die Thätigkeit des Bewegungsapparates, für die andere die ungestörte Arbeit der Verdauungsorgane Bedürfniss der Erholung, die das Gefühl der Kraft und Gesundheit erweckt und deren Bestand bedingt.

1) J. RANKE, a. a. O. S. 82.



## §. 2.

Einfluss der Lehre vom **Functionswechsel der Organe** auf allgemeine Fragen der Physiologie, zunächst auf die Lehre vom Stoffwechsel.

Die Aufgabe, welche die folgenden Untersuchungen zu behandeln haben, hat nicht allein hygieinische Gesichtspunkte, ihre Lösung wird auch für physiologische Grundanschauungen über gewisse Vorgänge im Organismus von Bedeutung werden.

Zuerst wird dadurch die Lehre vom Gesamt-Stoffwechsel animaler Organismen berührt.

Bei den sogenannten »Stoffwechselversuchen« hat man sich gewöhnt, es für die Entscheidung einer grösseren Reihe von Fragen für ausreichend zu halten, die Stoffe möglichst genau zu bestimmen, die als Nahrung in die der Untersuchung unterworfenen Organismen eingeführt werden, und mit diesen »Einnahmen« die dem Stoffverbrauch entstammenden »Ausscheidungsproducte«, die Ausgaben, zu vergleichen.

Durch derartige Versuche erhalten wir unter anderen werthvolle statistische Resultate über den Gesamtstoffverbrauch des Organismus bei wechselnder Qualität und Quantität der Nahrungszufuhr.

Diese Versuche lehren uns aber der Natur der Sache nach zunächst Nichts darüber, wo im Organismus diese Producte des Stoffwechsels sich gebildet haben, oder mit welcher Intensität in den einzelnen Organen des Körpers der Stoffumsatz stattfand, dessen Endproducte wir sammeln und analysiren.

Es ist auch vorläufig, schon ehe der Beweis experimentell erbracht ist, keinem Zweifel unterworfen, dass, auch abgesehen von den oben besprochenen Schwankungen in der Grösse des Stoffwechsels je nach dem Tätigkeitsgrade der Organe, die einzelnen Körpergewebe sich stets in verschiedener Intensität an dem Stoffumsatz betheiligen. Von jeher hat man dafür die Verschiedenheiten für massgebend gehalten, welche die Gewebe im Reichthum an Capillargefässen erkennen lassen. Es bedarf hier nur einer Erinnerung an die reichliche Anzahl an Capillaren der grauen Nervenmasse im Verhältnisse zur Leber und anderer Drüsen im Verhältniss zu den Muskeln und dem Bindegewebe. Unzweifelhaft bestehen also schon in den verschiedenen Provinzen des ruhenden Organismus Differenzen in der Stärke des Umsatzes, worüber uns die allgemeinen Stoffwechselversuche selbstverständlich Nichts berichten können.

Nach der Darlegung der Veränderlichkeit der Stoffwechselbedingungen in den einzelnen Organen je nach ihrer Thätigkeit und Ruhe, wofür wir auch in der reichlicheren oder verminderten Blutzufuhr ein annäherndes Maass besitzen, ist es nun aber auch weiter von selbst klar, dass über diese Vorgänge allgemeine Stoffwechselversuche uns ebensowenig Aufschluss ertheilen können.

Wir sind nicht im Stande darüber Etwas nach den allgemeinen Stoffwechselversuchen auszusagen, ob das Plasma in diesem oder jenem Organe zersetzt worden sei, noch viel weniger natürlich, ob eine Steigerung der Zersetzung in



dem einen, eine correspondirende Verminderung derselben in einem anderen statthatte.

Heute und morgen kann die gleiche Stoffmenge in den Organismus eintreten, die gleiche Stoffmenge in den Zersetzungsproducten ausgegeben werden. Die Organe und die Quantität des Plasmas bleiben im Ganzen die gleichen. Auf dem Stoffumsatz des Plasmas und der Organe beruht die Kraftproduction des animalen Organismus, auch diese kann theoretisch betrachtet heute und morgen die gleiche sein. Aber heute, da eine gesteigerte Muskelthätigkeit verlangt wird, gehen die krafterzeugenden Stoffwechselvorgänge in gesteigertem Masse in den Muskeln vor sich, wo sich die freiwerdenden Kräfte der Einrichtung des Kraftübertragungsmechanismus, in dem sie wirksam werden, entsprechend zum Theil in äussere, mechanische Arbeit umsetzen können. Morgen dagegen, wenn weniger Muskelarbeit gefordert wird, concentriren sich in entsprechendem Masse die krafterzeugenden Stoffvorgänge in dem Drüsenapparat, wo sie, ebenfalls den eigenthümlichen Einrichtungen seiner Arbeitsmaschinen entsprechend, zum grösseren Theil nicht in äussere mechanische, sondern in innere, chemische Arbeit umgewandelt werden.

Die Gesamtsumme der Arbeitsleistung des Organismus bleibt also auf diese Weise die gleiche entsprechend der gleichen Grösse des Zersetzungs Vorganges an beiden Tagen, aber der Schluss wäre doch sicher ungerechtfertigt, wenn wir behaupten wollten, daraus ginge hervor, dass in jedem einzelnen Organe in beiden Versuchszeiten die Stoffwechselvorgänge gleichgeblieben seien.

In den Organen schwankt unzweifelhaft die Grösse des kraftproducirenden Stoffwechselvorganges mit ihrer jeweiligen grösseren oder geringeren Thätigkeit. Es müsste aber als eine irrige Ueberschätzung der Tragweite der allgemeinen Stoffwechselversuche bezeichnet werden, wenn wir aus ihnen für oder gegen das Bestehen eines solchen Wechsels Etwas schliessen wollten.

Vielleicht scheinen die vorstehenden Betrachtungen so selbstverständlich, dass man versucht sein könnte, sie müssig zu nennen.

So natürlich der Gedankengang aber auch erscheinen mag, sobald er einmal formulirt ist, so fernliegend scheint er doch bisher einer Anzahl von Physiologen gewesen zu sein. Es scheint das wenigstens aus einem Theil der Discussionen hervorzugehen, welche die bekannten Untersuchungs-Resultate von C. Vorr über den Einfluss der Muskelbewegung auf den Stoffwechsel zunächst des Fleischfressers hervorgerufen haben <sup>1)</sup>.

J. v. LIEBIG hat, wie schon oben erwähnt, den Grundsatz ausgesprochen, dass die Muskelkraft dem Muskelstoffwechsel entstamme. Gesteigerte Muskelleitung correspondirt demnach mit einem gesteigerten Umsatz von Muskelstoffen.

Es gelang zuerst HELMHOLTZ, E. DU BOIS-REYMOND und VALENTIN <sup>2)</sup> in ihren bekannten Untersuchungen über den Stoffumsatz im ruhenden und thätigen Muskel diesen zunächst aus theoretischer Betrachtung hervorgegangenen Lehrsatz LIEBIG's experimentell zu erweisen. Es steht ein für allemal fest, und alle neueren directen Beobachtungen des Muskelstoffwechsels nach beiden

1) C. Vorr, Untersuchungen über den Einfluss etc. S. 148—228.

2) Die Citate vergleiche man im »Tetanus« und den »Lebensbedingungen der Nerven«.



physiologischen Zuständen der Ruhe und Thätigkeit bestätigen es, dass der Umsatz im Muskel durch die Thätigkeit eine Steigerung erfährt.

Man war der Meinung gewesen, indem man nicht an die Möglichkeit des Bestehens eines Functionswechsels und anderer Einrichtungen zur Compensation des Stoffumsatzes in den Organen dachte, dass die gesteigerte Arbeitsleistung der Muskeln sich für den allgemeinen Stoffwechsel durch eine Mehrausscheidung von Stoffen fühlbar machen müsste. Und zwar glaubte man zunächst eine Mehrausscheidung von Harnstoff, oder im allgemeinen stickstoffhaltiger Stoffe in Folge der Muskelthätigkeit erwarten zu dürfen, da der Muskel, durch dessen Stoffumsatz die Kraft zunächst geliefert wird, der Hauptmasse nach aus Albuminaten besteht, deren Umsatzproducte der Harnstoff und die übrigen stickstoffhaltigen Stoffe darstellen.

Die vermuthete Mehrausscheidung von stickstoffhaltigen Stoffwechselproducten, kurzgesagt von Stickstoff, dachte man sich also entsprechend der grösseren oder geringeren Arbeitsleistung der Muskeln zu- und abnehmen.

Diese letztere Vermuthung ist es, welche direct durch die Untersuchungen Vorr's widerlegt worden ist.

Er fand, dass der Gesamtstoffwechsel der stickstoffhaltigen Körperstoffe durch äussere Arbeitsleistung nicht wesentlich, wenigstens nicht der Arbeitsleistung proportional gesteigert werde. Er sah bei dem in einem Tretrade messbare äussere mechanische Arbeit durch Drehen desselben verrichtenden Hunde, die Harnstoffausscheidung nur wenig und nicht proportional der geleisteten Arbeit ansteigen. Die bei der Arbeitsleistung eintretende geringe Vermehrung der Harnstoffausscheidung zeigte sich abhängig von dem jeweiligen Ernährungszustand, dem Plasmareichthum des Untersuchungsobjectes.

In seinen neueren mit M. v. PETTENKOFER am Menschen und zwar an einem Arbeiter angestellten Versuchen fand sich bekanntlich gar keine Harnstoffvermehrung durch die Muskelthätigkeit. Andere Autoren haben am Menschen auch nur geringfügiges und schwankendes Ansteigen der Harnstoffausscheidung gefunden, das sich zumeist erst in der Periode der Muskelruhe nach Arbeit einstellt. Während der Thätigkeit selbst wurde sogar eine Verminderung<sup>1)</sup> beobachtet.

Die mit der geleisteten Arbeit nicht proportionale, geringfügige Ansteigung der Harnstoffausscheidung und damit des Umsatzes stickstoffhaltiger, harnstoffliefernder Körperstoffe im Gefolge der Muskelthätigkeit scheint, wie G. Vorr mehr als wahrscheinlich gemacht hat, von Vorgängen bedingt zu sein, welche wie die bei der Muskelaction gesteigerte Herz- und Athemthätigkeit mit der Muskelcontraction nur indirect zusammenhängen.

Die Beobachtung G. Vorr's beweist sonach den Satz, dass bei gleicher Nahrung der Organismus über eine ziemlich gleichbleibende Kraftsumme disponirt, die zum Zwecke gesteigerter Muskelleistungen keine entsprechende Vermehrung erfährt.

<sup>1)</sup> Man vergleiche die folgenden Beobachtungen über Nierenausscheidung bei Ruhe und Tetanus.



Aber es ist unrichtig zu glauben, dass wir aus dieser Beobachtung irgend Etwas über die Vorgänge im Muskel bei seiner Thätigkeit erfahren. Die Lehre J. v. LIEBIG's von der Erzeugung der Muskelkraft wird dadurch weder bestätigt noch widerlegt, sie wird in Wahrheit durch diese und alle allgemeinen Stoffwechselversuche wegen des Eintretens von Compensationen in keiner Weise berührt.

Die Arbeiten C. VOIR's gingen aus den Untersuchungen J. v. LIEBIG's und TH. L. W. v. BISCHOFF's hervor und sind die directe Fortsetzung der von TH. L. W. v. BISCHOFF gemeinsam mit C. VOIR angestellten oben mehrfach erwähnten Untersuchungen am Fleischfresser. Es sollte der Nerve, der dort einstweilen hypothetisch als ein vierter Factor des Stoffumsatzes neben Organ, Plasma und Sauerstoff aufgestellt worden war, in seinen Einwirkungen auf den Stoffwechsel experimentell geprüft werden, mit noch einigen anderen Einwirkungen auf den Stoffumsatz, über deren Einfluss bisher ebenso wenig Zweifel bestanden hatte wie über die Wirkung der Nerven. Die überraschende Thatsache, die VOIR's Untersuchungen ergaben, dass der Stoffwechsel im Grossen und Ganzen von diesen als wirksam angesehenen Agentien nicht beeinflusst werde, hat anregend für die weitere Forschung gewirkt, und hat nun seit mehr als einem Jahrzehnt das erneute wissenschaftliche Interesse in Deutschland und England diesen Fragen zugelenkt. Auch die hierhergehörigen Untersuchungen des Verfassers wurden dadurch zunächst veranlasst.

Der Grund, warum das von C. VOIR beobachtete Verhalten des Gesamtstoffumsatzes bei der Muskelarbeit bei seiner Bekanntmachung so sehr überraschte, ist offenbar der, dass man sich bis dahin den animalen Organismus zu einfach gleichartig mit einer der Arbeitsmaschinen unserer Technik, z. B. mit einer Dampfmaschine, glaubte vorstellen zu dürfen.

Auf den ersten Blick scheint wirklich die Analogie eine vollkommene.

Einmal sehen wir den animalen Körper ruhend, ein andermal sehen wir ihn mehr weniger intensive Leistungen nach aussen verrichten. Die Wissenschaft lehrt, dass dem Organismus seine mechanischen Leistungen durch Spannkkräfte ganz in derselben Weise ermöglicht werden wie jeder anderen Arbeitsmaschine.

Die ruhende Maschine verbraucht aber keine, die arbeitende dagegen eine je nach dem Grade ihrer Thätigkeit grössere oder geringere Menge von Spannkkräften, die ihr z. B. als Heizmaterial zugeführt werden. Danach scheint es zunächst als ein Postulat der Vernunft, dass die thierische Kraftmaschine, wenn sie äussere Arbeit leistet, ebenfalls mehr Spannkkräfte verbrauchen muss als in der Ruhe, und da hier wie dort die Kräfte durch Stoffumsatz entstehen, auch mehr Stoffe dafür zersetzen muss. Ein arbeitender animaler Organismus müsste sonach, sollte man meinen — und es war diese Schlussfolgerung bis zu den Resultaten C. VOIR's die allgemeine — der Arbeit entsprechend mehr verbrauchte Stoffe ausscheiden. Es müsste möglich sein, das mechanische Aequivalent der organischen Stoffdissociation aus der postulirten Mehrausscheidung des arbeitenden Organismus zu bestimmen.

Diese Anschauung, von der auch die Untersuchungen C. VOIR's zunächst ausgingen, war es, die durch seine Resultate widerlegt wurde. Der Gesamtstoffverbrauch wird nicht proportional der Arbeit gesteigert.



Man hatte scheinbar logisch auf dem von J. v. LIEBIG gelegten Grunde fortbauend ein Lehrsystem über die Erzeugung der Muskelkraft und über den Einfluss, den dieselbe auf den Gesamtstoffwechsel ausüben sollte, aufgeführt.

Die Beobachtung C. Vorr's schien das ganze Gebäude mit seinem Fundamente umzustossen. Zum Zweck der Erzeugung der äusseren Arbeit wird von dem Gesamtorganismus nicht mehr Stoff (Albuminate) zersetzt als in der Ruhe. Man hielt sich für berechtigt, zu schliessen: Der Muskelstoffwechsel bleibt bei Ruhe und Arbeit des Organes gleich.

Man schloss also wirklich von den Resultaten des Gesamtstoffverbrauchs auf den Stoffwechsel in einem einzelnen Organe, was wir oben als vollkommen unzulässig erwiesen haben.

Man kam dadurch zu einem, wie es schien, unlösbaren Widerspruch mit den Resultaten der directen Untersuchung des Muskelstoffwechsels, welche bekanntlich eine Steigerung des Muskelumsatzes entsprechend seiner gesteigerten Thätigkeit nachweisen.

Wie einfach gestaltet sich die Lösung dieser Aufgabe, wenn die Intensität des Stoffwechsels in den arbeitenden Organen gesteigert in den ruhenden gleichzeitig um etwa dieselbe Grösse vermindert ist. Im Grossen und Ganzen werden die Bedingungen des Stoffumsatzes, wenigstens der Zersetzung der Eiweisskörper, nicht wesentlich verändert bei Ruhe der Muskulatur und ihrer angestrengtesten Arbeit. Bei der Thätigkeit werden aber den Muskeln zunächst durch die Steigerung der Blut-, d. h. Plasma- und Sauerstoffzufuhr in höherem Masse die Bedingungen zur Stoffzersetzung und Kräfteproduction zugeleitet, in ihnen findet im Vergleich zu ihrem Ruhezustand eine Steigerung des Stoffwechsels, aller kraftproducirenden Momente statt, entsprechend ihrer vermehrten Kraftentwicklung. Gleichzeitig ist der Stoffwechsel in den übrigen Organen, herabgesetzt annähernd um die gleiche Grösse, um welche derselbe in der Muskulatur gesteigert ist. Das Resultat ist ein ziemliches, oder, wie es wenigstens theoretisch möglich erscheint, ein vollkommenes Gleichbleiben des Gesamtstoffumsatzes. Im Ganzen kann der Stoffwechsel ungeändert bleiben durch die wechselnde Thätigkeit der Organe, aber der Vorgang der kraftproducirenden Stoffzersetzung **wechselt** entsprechend der Blutzufuhr **den Ort** innerhalb des Organismus, indem beide in den arbeitenden Organen zu-, in den ruhenden dagegen in derselben Zeit etwa um ebensoviel abnehmen.

Mit dieser allgemeinen Compensation zwischen der Thätigkeit der verschiedenen Organe sind die möglichen Ausgleichungsvorgänge bei der Arbeitsleistung noch nicht erschöpft, wie aus den früheren Untersuchungen über »Tetanus« sich ergibt, und wie in dem folgenden Schlusscapitel noch einmal näher dargelegt werden soll.

Die Mehrzahl der Erklärungsversuche für das C. Vorr'sche Resultat sieht nun aber von der Möglichkeit derartiger Compensationen mehr weniger vollkommen ab.

Die Versuche zur Erklärung der überraschenden Thatsachen schlossen sich, noch unter dem Einfluss des durch das Experiment nun widerlegten Ge-



dankenganges, der so lange als logisch Geltung gehabt hatte, ganz nahe an diesen an, sie gingen zunächst von ihm aus.

Man hielt es fortgesetzt für ausgemacht, dass ein gesteigerter Muskelstoffwechsel sich durch eine Mehrausscheidung im Harn oder durch die Lungen- und Hautrespiration hätte zu erkennen geben müssen. Während es doch scheinbar müsste am nächsten gelegen sein, zuerst gerade diese Meinung zu bestreiten.

So schliesst denn C. Vorr von dieser Grundlage aus, die sein eigenes, ein neues Fundament legendes Experiment für immer als unhaltbar bezeichnet hatte, bekanntlich weiter, es wäre aus seinen Beobachtungen abzuleiten, dass **im Muskel** während der Ruhe und Thätigkeit gleich viel Stoff zersetzt, also eine gleiche Kraftsumme producirt werde. Der Widerspruch, der sich dadurch mit dem Gesetze der Erhaltung der Kraft ergibt, wird durch eine zweite Hypothese beseitigt. Während der Ruhe entstünden aus der Eiweisszersetzung electricische Kräfte, die bei der Contraction des Muskels in äussere Arbeit übergehen. Die Hypothese statuirt also einen Kräfteausgleich im ruhenden und arbeitenden Organ insofern, als durch Eiweisszersetzung zunächst Electricität gebildet wird, die nur bei der Thätigkeit des Muskels in äussere Arbeit ihrem mechanischen Aequivalente entsprechend umgesetzt werden soll.

E. DU BOIS-REYMOND'S »negative Schwankung des electricischen Muskelstroms« bei der Contraction wird dabei in dem Sinne eines Verbrauchs von Electricität zum Zwecke der Arbeitsleistung, im Widerspruch zur Theorie ihres Entdeckers, gedeutet.

Die erste Hypothese müssen wir, da bei ihr von dem allgemeinen Stoffwechsel auf den Umsatz in eine Organgruppe geschlossen werden will, mit Rücksicht auf die bestehenden Compensationen als unzulässig betrachten.

Damit wird der zweite Theil von C. Vorr's Theorie über den möglichen Kräfteausgleich zwischen Electricität und Muskelkraft noch nicht geleugnet. Wir werden sogleich auf die Beurtheilung derselben zurückkommen.

Auf den gleichen Abweg, dass man von den Resultaten des allgemeinen Stoffwechsels auf Stoffvorgänge in einem einzelnen Organe schliessen wollte, kam man ebenso von oppositioneller Seite.

Da man hier wie dort annahm, dass ein gesteigerter Umsatz der Eiweissstoffe des Muskels sich hätte zeigen müssen in einer im Allgemeinen gesteigerten Abfuhr stickstoffhaltiger Zersetzungsproducte, zunächst Harnstoff, so kam man auf den Gedanken, dass die von den Muskeln bei ihrer Thätigkeit entfalteten Kräfte eben nicht aus der Zersetzung eiweissartiger Stoffe herkommen könnten.

Die betreffenden Versuche lassen dann vielmehr mit demselben Rechte, mit der die angeführte Theorie C. Vorr's auf sie begründet war, die andere Hypothese zu, dass die Muskelkraft nicht durch Eiweisszersetzung, sondern durch den Umsatz stickstofffreier Körperbestandtheile geliefert werde.

Gewichtige Thatfachen schienen für diese Anschauung zu sprechen. Längst war experimentell festgestellt, dass bei der Muskelarbeit die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureabgabe bedeutend gesteigert sei. Wenn der Umsatz der stickstoffhaltigen Körperstoffe nicht oder kaum, dagegen der Umsatz der stick-



stofffreien Bestandtheile, als dessen Hauptproduct die Kohlensäureabgabe erscheint, bedeutend gesteigert ist, so lag die genannte Ansicht gewiss nicht fern.

M. TRAUBE trat mit der Hypothese, dass die stickstofffreien Körperstoffe die kraftproducirenden seien, gegen die C. VOIT'sche Theorie hervor.

Die Untersuchungen von M. v. PETTENKOFER mit C. VOIT, die sich nun mit der Bestimmung der Gesamtausscheidungen des arbeitenden Organismus beschäftigen, haben dagegen neuerdings erwiesen, dass nicht nur die unter Umständen sogar ganz mangelnde Steigerung des Eiweissumsatzes, sondern auch die Steigerung des Gesamtstoffverbrauches, wie er sich mit Berücksichtigung der Veränderung der Respiration bei der Muskelarbeit zu erkennen gibt, offenbar keine einfache Beziehung zu der von den Muskeln bei ihrer Arbeit nach aussen abgegebenen Kraft erkennen lasse. Die Steigerung reiche gerade hin, um die bei der Arbeit stattfindende Mehrverdunstung von Wasser, die je nach dem Körperzustand eine verschiedene ist, zu ermöglichen.

Bei dem Bestehen von Compensationen in unserem Sinne war dieses Resultat vorauszusehen. Nach unserer Meinung fällt die scheinbare Beweisführung M. TRAUBE's wegen der Unrichtigkeit ihrer ersten Grund-Voraussetzung von selbst zusammen.

In der Mitte zwischen den beiden Extremen steht die Annahme, dass die C. VOIT'schen Versuche ergeben, dass die Muskelkraft sowohl aus der Zersetzung von Eiweissstoffen als von stickstofffreien Substanzen entstehe<sup>1)</sup>. Nach dem Vorstehenden sind die Grundlagen des dafür beigebrachten scheinbaren Beweises, dass nämlich die beobachtete Gesamtsteigerung des Stoffumsatzes ausreiche zur Erklärung der geleisteten Muskelarbeit, als im Principe fehlerhaft und mit ihnen der versuchte Beweis selbst zu verwerfen, der übrigens auch auf die oben erwähnte Steigerung der Wasserverdunstung bei Muskelarbeit keine Rücksicht nimmt.

A. FICK, der mit J. WISLICENUS<sup>2)</sup> in M. TRAUBE's Richtung über die vorliegende Frage seine oft citirten Versuche angestellt hat, spricht die Meinung aus, dass der geringfügige Eiweissmehrverbrauch bei der Muskelaction, nur aus der Abnutzung des eiweissreichen Bewegungsapparates entspringe<sup>3)</sup>. Der Eiweissverbrauch wirke also ebenso wenig zur Erzeugung der Bewegungskraft in den Muskeln mit, als wir das für die abgeriebenen und ausgebrochenen Metalltheile annehmen dürfen, welche an einer arbeitenden Maschine gleichzeitig mit dem Brennmaterial, das sie in Bewegung setzt, zu Verlust geht.

Diese Ansicht würde nach ihren bisherigen Grundlagen ohne die Annahme von Compensationen zunächst dadurch unhaltbar, dass sich der so erklärte Eiweissverlust durch Abnutzung, die selbstverständlich dann bei jeder Bewegung eintreten müsste, in den schon citirten neueren Untersuchungen von M. v. PETTENKOFER mit C. VOIT am arbeitenden Menschen gar nicht zeigte, dass der betreffende Arbeiter sogar etwas weniger stickstoffhaltige Zersetzungsproducte während der Arbeitszeit ausschied als während der Muskelruhe.

1) Des Verfassers: Grundzüge der Physiologie, S. 552.

2) Ueber die Entstehung der Muskelkraft. Vierteljahrsschrift der Züricher naturf. Ges. X. 347—348. 1866.

3) Vergleiche auch Medicinische Physik. II. Aufl. S. 497 ff.



L. HERMANN<sup>1)</sup> sucht auf die Beobachtungen C. Vorr's seine Meinung mit zu begründen, dass der Muskelstoffwechsel in einem Spaltungsvorgange beruhe, bei welchem sich die Spaltungsproducte ganz oder theilweise durch Synthese wieder vereinigen.

Es ist klar, allen diesen bisher genannten Erklärungsversuchen liegt der **gemeinsame Irrthum** zu Grunde, dass von den Beobachtungen am Gesamtstoffwechsel ein Rückschluss erlaubt sei auf den Stoffwechsel einer einzelnen Organgruppe, speciell der Muskeln.

Auch ohne weitere Beweise für das Vorhandensein von Compensationen bei der Thätigkeit der Organe, als sie bis dahin vorlagen, hätte eine derartige Annahme nicht stattfinden dürfen. Man musste das Vorhandensein und Wirksamwerden solcher Ausgleichungsvorgänge wenigstens vermuthen und wäre dadurch vor ungerechtfertigten Schlüssen gewarnt worden.

Es geben uns Untersuchungen über den Gesamtstoffwechsel keinen Aufschluss und können ihn für's Erste auch nicht geben z. B. darüber, welche Stoffe zur Leistung der äusseren Arbeit eine Zersetzung erfahren, natürlich noch weniger welcher Art dieser kraftproducirende chemisch-physiologische Vorgang sei. Sie können uns ebensowenig lehren, ob im Muskel zum Zweck seiner gesteigerten Arbeitsleistung oder aus Abnutzung eine Mehrzersetzung stattfindet oder nicht, ob die bei dem Stoffumsatz frei werdenden Kräfte im Muskel direct in äussere Arbeit übergeführt werden, oder ob sie zuerst als Electricität oder als Wärme erscheinen, um sich dann in äussere Arbeit umzusetzen.

Alle derartigen Theorien über den näheren Vorgang bei der Erzeugung der Muskelarbeit sind von den Untersuchungen über den Gesamtstoffwechsel der animalen Organismen vollkommen unabhängig.

Da kein nothwendiger Zusammenhang existirt, so werden derartige Hypothesen über die Krafterzeugung durch den Nachweis der Compensationen, wodurch die Resultate der allgemeinen Stoffwechselversuche nach dieser Richtung entwerthet werden, selbstverständlich zunächst nicht berührt.

Von J. v. LIEBIG stammt der Grundsatz, dass die Muskelkraft dem Muskelstoffumsatz entspringe. J. R. MAYER wendete das von ihm formulirte Gesetz der Erhaltung der Kraft auch auf physiologische Vorgänge an und präcisirte den LIEBIG'schen Grundsatz näher<sup>2)</sup>. Er sieht, der damals eingebürgerten Lehre der Chemiker entsprechend in dem Stoffumsatz im Organismus eine mehr oder weniger einfache Oxydation. Die Kräfteform, welche aus den Oxydationen der Hauptsache nach entspringt, ist Wärme. Bei der Oxydation einer bestimmten Masse von Körperstoffen wird eine bestimmte Summe von Kräften frei, die im ruhenden Muskel nach MAYER's Annahme als Wärme, im arbeitenden als Wärme und Bewegung auftreten. Je mehr äussere Arbeit durch die Oxydation einer bestimmten Stoffquantität hervorgebracht wird, desto weniger Wärme kann derselbe Vorgang gleichzeitig liefern. Wärmeproduction und äussere Arbeit stehen, mit Berücksichtigung des mechanischen Aequivalents der Wärme in

1) z. B. Physiologie III. Auflage. S. 236.

2) J. R. MAYER. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel. 1845. LIEBIG's Thierchemie erschien 1843.



einem umgekehrten Verhältniss: »der Muskel verwendet Wärme im Status nascens zu seiner Leistung«<sup>1)</sup>. Man hat diese Darstellung oft so aufgefasst, als hielte MAYER den Muskel für eine kalorische Maschine, die Wärme in Arbeit umsetzt. Die citirten Worte zeigen wohl das Irrige dieser Interpretation. Im »status nascens« werden nach ihm die frei werdenden Molekularkräfte zur Muskelarbeit verwendet, also noch ehe sie wirklich in »Wärme« übergeführt würden.

Die Kräfte, welche bei dem Muskelstoffumsatz frei werden, sind aber nicht nur Wärme und äussere Arbeit, sondern auch noch Electricität, wie uns die Entdeckungen E. DU BOIS-REYMOND's gelehrt haben.

Für alle drei Kräfteformen muss das von MAYER aufgestellte Wechselverhältniss ihrer Intensität gelten. Wenn wir für »Wärme« einfach setzen »Wärme und Electricität«, so bleibt der MAYER'sche Satz in Gültigkeit: »je grösser der Antheil der Zersetzungsproducte für die Wärme (= Wärme und Electricität) ist, desto kleiner ist der Rest für mechanische Zwecke«<sup>2)</sup>.

Die Gründe für die Annahme, dass die frei werdenden Spannkkräfte direct oder erst nach ihrer Umwandlung in Electricität oder Wärme zur Erzeugung der Muskelkraft verwendet werden, müssen wir uns nach dem Obengesagten von anderer Seite holen, als von den allgemeinen Stoffwechselversuchen.

Wir haben in der Mechanik Instrumente, welche durch Wärme, andere welche durch Electricitätsverwendung äussere Arbeit liefern. Man bedarf zur Verwendung einer dieser Kräfteformen zur äusseren Arbeitsleistung gewisser Kraftübertragungsvorrichtungen. Es steht a priori Nichts im Wege anzunehmen, dass der Muskel ein Mechanismus sei, eingerichtet für die Arbeitserzeugung mit Verwendung der Electricität. Wir kennen nur eben die Art und Weise, wie er dafür eingerichtet ist, nicht.

Gewiss mit dem gleichen oder wohl mit grösserem Rechte könnten wir aber auch die andere Annahme machen, dass der Muskel eine zweckmässige kalorische Maschine sei, dass in dem Muskel mechanische Uebertragungsmechanismen für die Umwandlung der Wärme in äussere Arbeit enthalten seien.

Während wir bei der Hypothese über die Verwendung electricischer Kräfte zur Muskelarbeit keine wissenschaftliche Vorstellung besitzen, wie die Uebertragung stattfinden solle, während wir dabei allein auf ziemlich wenig zutreffende Analogien in unserer Vorstellung angewiesen sind, besitzen wir für die Lehre von der Uebertragung der Wärme in Muskelkraft einen Anhaltspunkt, der einem Beweise sehr ähnlich sieht.

SCHMULEWITSCH hat uns gezeigt<sup>3)</sup>, dass sich die Muskelsubstanz<sup>4)</sup> unter der Einwirkung der Wärme (zwischen 2—28° beim Froschmuskel) physikalisch verkürzt, dass sonach die von aussen auf den Muskel einwirkende Wärme eine Veränderung in ihm hervorruft im Sinne seiner speciellen Art der Arbeitsleistung. Wenn die Wärme nicht nur von aussen einwirkt, sondern im Muskel selbst, also an dem für ihre Verwendung geeignetsten Orte entsteht, so könnten wir uns die durch

1) a. a. O. S. 87.

2) a. a. O. S. 50.

3) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1867. S. 84.

4) Wie nach den Experimenten JOULE's der Kautschuk und feuchtes Holz. Phil. Mag. 1857, vol. XIV, S. 227.



sie hervorgerufene Veränderung (Verkürzung) noch von lebhafterer Wirkung denken <sup>1)</sup>.

Wir müssen nach diesen bisherigen experimentellen Erfahrungen der Meinung beipflichten, dass aller Wahrscheinlichkeit nach im Muskel Wärme zur äusseren Arbeit mit verwendet wird. Da vorläufig nur für diese Meinung eine genügende Begründung zu finden ist, so könnte man versucht sein, den Muskel nur für einen calorischen Apparat gelten zu lassen.

Man muss jedoch für die Erklärung so lange alle Möglichkeiten offen lassen, bis bestimmte Beweise für den absoluten Ausschluss der einen oder anderen beigebracht sind.

Im Muskel gehen Zustandsänderungen vor sich, die im Sinne einer Kraftproduction theils positiv, theils negativ wirksam werden. Die algebraische Summe aller dieser theils Kraft verbrauchender, theils Kraft liefernder Vorgänge ist das im Muskel vorhandene Kraftquantum. Es würde eine vorerst noch willkürliche Beschränkung der organischen Natur sein, wenn wir einer Kräfteform einen Vorzug für die Erzeugung der äusseren Muskelarbeit zusprechen wollten. Wir dürfen bis jetzt theoretisch nur annehmen, dass diese ganze Kraftsumme dem Muskel zur Verfügung steht, es ist möglich, und diese Möglichkeit ist noch nicht irgendwie beschränkt, dass dem Muskel die Verwendung der Wärme, Electricität und der Spannkraften »im status nascens«, um mit MAYER zu reden, durch seine mechanischen Einrichtungen ermöglicht ist.

Das aber steht fest, dass uns die allgemeinen Stoffwechselversuche, ohne Rücksichtnahme auf bestehende Compensationen, der Lösung dieser Frage um keinen Schritt näher bringen können.

Ganz dasselbe gilt selbstverständlich, wenn wir nicht auf die Kräfte selbst, sondern auf die Stoffumsatzvorgänge unser Augenmerk richten, denen diese entstammen.

So erklärt es sich, dass man in dieser Hinsicht das unserer Betrachtung zum Ausgangspunkt dienende Factum des annähernden Gleichbleibens des Gesamtstickstoffumsatzes bei Ruhe und Muskelarbeit mit ziemlich gleichem Recht durch sehr verschiedene Annahmen erklären zu können meinte.

Man glaubte daraus, wie zum Theil schon oben angeführt, von verschiedenen Seiten schliessen zu dürfen, dass die Muskelkraft geliefert werde:

- a) von einer Zersetzung der Eiweissstoffe, von welcher:
  - α) Harnstoff,
  - β) kein Harnstoff, sondern andere stickstoffhaltige sog. Extractivstoffe,
  - γ) gasförmiger Stickstoff geliefert wird,
- b) von einer Zersetzung der stickstofffreien Stoffe,
- c) von einer Zersetzung der beiden Stoffgruppen,
- d) von einem complicirten Vorgang von Dissociation und Synthese der Muskelbestandtheile.

Die Anzahl dieser erklärenden Möglichkeiten spricht für sich selbst.

Aber die angeführten ganz verschiedenartigen Hypothesen und wohl noch eine Anzahl weitere lassen sich aus dem Resultate der allgemeinen Stoffwechsel-

1) SCHMULEWITSCH, Centralblatt f. d. med. W. 1870, S. 609.

Ranke, Functionswechsel d. Organe.



untersuchung folgern und zwar mit ziemlich gleichem Rechte, da die Resultate des Gesamtstoffwechsels der bestehenden Compensationen wegen weder die eine noch die andere dieser Annahmen bestätigen oder verlangen.

Alle Stoffe, in welchen für den Organismus verwendbare Spannkkräfte sich vorfinden, betheiligen sich, wenn diese freigemacht werden, an der Gesamtkraftproduction des Organismus und speciell des Muskels.

Es ist auch hier für's Erste rein willkürlich, einer Stoffgruppe vor der andern die Fähigkeit zuschreiben zu wollen, durch ihren Umsatz eine bestimmte Kräfteform dem Organismus zu liefern. Die organische Natur zeigt sich nirgends ärmlich in ihren Mitteln beschränkt. Die Vorgänge im Organismus sind so complexer Natur, dass eine einzige Ursache zur Erklärung derselben niemals ausreicht. Wahrscheinlicher als dass nur eine, ist die Annahme, dass alle im Muskel liegenden Kraftquellen zur Erzeugung der äusseren Muskelarbeit herangezogen werden können.

Wir wiederholen aber noch einmal, alle diese Fragen werden von den Untersuchungen über den allgemeinen Stoffwechsel, wegen der bestehenden Compensationen, nicht berührt, diese lehren uns Nichts über die Vorgänge in den einzelnen Organen.

Es sind zur Beleuchtung der hier vorliegenden Verhältnisse von anderen Autoren schon mehrmals Bilder und Gleichnisse verwendet worden.

Vor Allem ist das Bild einer calorischen Maschine beliebt. Wir wollen auch bei diesem stehen bleiben, wenn das Folgende zunächst auch ebenso auf eine durch Wasserkraft getriebene Maschine, ein Wasserrad, oder eine Turbine oder auf jeden anderen beliebigen Motor passen würde.

Denken wir uns eine Dampfmaschine von bestimmter Arbeitsleistung, welche vermittelt einer Transmission verschiedenen Arbeitsmaschinen Arbeitskraft zuführt. Jede Vermehrung der Arbeit einer der Arbeitsapparate, durch rascheren Gang oder durch Vermehrung der Widerstände, wird eine Reduction entweder der Gesamtarbeit aller andern Arbeitsmaschinen oder einzelner derselben herbeiführen.

Wer kann aber auf den Gedanken kommen, aus der Menge des dem Motor zugeführten Kraftquantums, in unserem speciellen Falle der Dampfmaschine, aus der Menge des Heizmaterials, oder aus der Menge des zu seiner Verbrennung verwendeten Sauerstoffs, oder aus der Menge der entstandenen Stoffumwandlungsproducte: der Kohlensäure und dem Wasser, oder aus der Asche einen Schluss zu wagen, ob der oder jener Arbeitsapparat heute gerade stärker als sonst in Anspruch genommen war, was und wie er gearbeitet habe.

Und doch ist der Schluss nur aus den allgemeinen Stoffwechselversuchen auf den Muskelstoff- und Kraftwechsel oder auf den Stoffwechsel irgend eines anderen Organes nicht weniger ungerechtfertigt.

Wir erfahren durch die Vergleichung der allgemeinen Zufuhr von kraftproducirendem Material mit der Abfuhr der Umsatzproducte aus dem Organismus nur Etwas über die Gesamtkraftsumme, die in einer bestimmten Zeit zur Verwendung kam, wie und wo aber diese Verwendung geschah, darüber lehren sie uns Nichts.



Wie sich in unserem obigen Gleichniss die Kraftzufuhr aus dem Kraftreservoir, der Dampfmaschine, zu dem stärker arbeitenden Apparate steigerte, so strömt aus einem Kraftreservoir des animalen Körpers, aus der Säftemasse, zunächst dem Blute, ein stärkerer Strom von Spannkraften zu dem arbeitenden Organe. Und wie dort, während der eine Apparat in gesteigerter Thätigkeit ist, die anderen in ihrer Kraftleistung entsprechend vermindert sind, so findet auch hier ein gleiches Wechselverhältniss zwischen der Thätigkeit der einzelnen Organe statt. Während der erhöhten Thätigkeit des einen ist die Thätigkeit der anderen entsprechend herabgesetzt.

Die Kraftsumme, die zur Verwendung kommt, kann gleich bleiben, obwohl ein Wechsel in der Intensität der Thätigkeit einzelner Organe oder Organgruppen eingetreten ist. —

### §. 3.

#### Untersuchungsplan.

Die folgenden Untersuchungen sollen sich mit den Abwechselungen in der Thätigkeit und dem Stoffwechsel der einzelnen Körpertheile mit dem: Functionswechsel der Organe beschäftigen, eine Frage, deren vollkommene experimentelle Lösung die Kräfte eines Einzelnen freilich weit übersteigt.

Der Gang der Untersuchungen ist folgender:

Da wir in dem Blute ein Mass des dem Organ zur Verfügung stehenden Blastems und Sauerstoffs haben, zweier Grundbedingungen des Stoffwechsels, so war es zunächst geboten, die absolute Gesamtblutmenge der Thiere, die Veränderungen derselben unter physiologischen Einflüssen, vor Allem unter der Einwirkung der Muskelarbeit zu beobachten.

Die Vertheilung des Blutes in den Organen der Thiere bei Muskelruhe wird uns eine Reihe von Aufschlüssen über die Frage verschaffen, wie weit jedes einzelne Organ sich an dem Gesamtstoffwechsel mit betheiligt. Wir können auch in dieser Beziehung die im Organe gleichzeitig enthaltene Blutmenge als ein annäherndes Mass für die in ihm vor sich gehende Stoffzersetzung betrachten. Hier ist die Frage zu lösen, wie weit sich im ruhenden Zustande die die Hauptmasse des Körpers ausmachenden Bewegungsorgane: Muskeln, Nerven, Knochen an dem Stoffwechsel betheiligen, ein wie grosser Antheil dem Drüsenapparate daran zufällt.

Nachdem auf diese Weise ein Einblick in die quantitative Betheiligung der einzelnen Organe am Gesamtstoffwechsel bei verhältnissmässiger Ruhe der Muskeln gewonnen sein wird, muss der Blick gerichtet werden auf die Veränderung der Blutvertheilung durch eine angestrengte Thätigkeit womöglich der gesamten Stammuskulatur. Hier werden wir die ersten Aufschlüsse über den gesuchten Functionswechsel der Organe erwarten dürfen.

Die Untersuchung wird jedoch bei dieser Weise der Beobachtung nicht stehen bleiben dürfen. Zu einer directen Inangriffnahme derselben bieten sich die grossen Drüsen mit beständiger Ausscheidungsthätigkeit zunächst dem beobachtenden Experimente dar. Die Galleabsonderung, die Nierenabsonderung sind uns direct ein Mass der in diesen Organen stattfindenden Stoff-



vorgänge. Diese Ausscheidungen müssen gemessen werden bei Ruhe der Muskeln und bei Arbeit derselben, um die Wechselwirkung der Thätigkeit der Organe auf einander direct nachzuweisen.

Ueber die Grösse des Muskelstoffwechsels in der Muskelruhe im Verhältniss zu dem der übrigen Körperorgane geben uns vielleicht Versuche Aufschluss an Thieren, die man zuerst im Vollbesitz ihrer Muskulatur, dann zum Vergleich nach Ausschneidung einer bestimmten Muskelmenge auf ihren Stoffwechsel untersucht hat. Offenbar werden sich hierzu vor allem kaltblütige Thiere eignen, welche operative Eingriffe besser ertragen als Warmblüter.

Eine Reihe anderer Fragen werden uns dabei noch gelegentlich aufstossen und, soweit sie dem Plane der Untersuchung nicht zu weit entfernt liegen, ihre Erledigung finden.

So werden hier, so viel mir bekannt, zum ersten Mal directe Bestimmungen der in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedenen Gallenmengen veröffentlicht werden.

Wir gehen zu den Versuchen selbst über; zunächst wenden wir uns zur Bestimmung der Gesamtblutmengen in geruhten Thieren.



## Abschnitt I.

# Betheiligung des Bluts

am

## Gesammtstoffwechsel

während der Ruhe und Thätigkeit der Muskeln.

---



# Abschnitt I

## Beitrag zur Kenntnis des Blutes

von Dr. med. J. J. Müller

Leipzig, Verlag von J. C. Neumann, Neudamm, 1874.



## Capitel I.

### Die Blutmengen geruhter Thiere mit Rücksicht auf den Stoffwechsel.

#### §. 1.

##### Zur Methode der Blutmengenbestimmung.

Unter den verschiedenen Bestimmungsmethoden der Blutmenge von Thieren<sup>1)</sup> hat sich bis jetzt nur eine eines vollkommen wissenschaftlichen Zutrauens zu den mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultaten zu erfreuen gehabt.

Die WELCKER'sche Blutprobe<sup>2)</sup>, welche auf der Voraussetzung der gleichen Hämoglobinmengen aus dem Blute des gleichen Individuums beruht, zeigt bekanntlich nach der gewöhnlich verwendeten volumetrischen Methode ausgeführt eine vollkommen genügende Genauigkeit zur exacten Entscheidung wissenschaftlicher Fragen, wenn es sich um die Blutmengenbestimmung in einer gegebenen wässerigen Blutlösung aus reinem Blute handelt. Es ist bei genügender Uebung nicht schwer, bei derartigen Bestimmungen, für welche WELCKER seine Probe zunächst ersann und verwendete, dieselbe Genauigkeit in den Resultaten zu erlangen, die der Erfinder der Methode selbst an derselben rühmt. Und auch darin müssen wir ihm aus vielfältiger Erfahrung beistimmen, dass schon die ersten Versuche für Jemanden, der an physikalische Untersuchungen gewöhnt ist und eine normale Farbenempfindung besitzt, mit überraschender Schärfe ausfallen.

Verwendet man diese an sich so exacte volumetrische Methode der vergleichenden Hämoglobinbestimmung nun aber zur quantitativen Messung der Blutmengen eines thierischen Organismus, so kommen die vielfältig erwähnten Schwierigkeiten derselben zu Tage.

HEIDENHAIN hat die Genauigkeit der Methode nach dieser Richtung geprüft<sup>3)</sup>. Er fand die verschiedene Färbekraft des arteriellen und venösen Blutes bei dem

1) VALENTIN, Repertorium für Anatomie und Physiologie, III. Bd. 1838. pg. 281. Canstatt. Jahresbericht 1844. pg. 169. LEHMANN, physiologische Chemie, II. Bd. 1853. pg. 234. VIERORDT, Archiv für physiolog. Heilkunde. Bd. 10. pg. 450.

2) H. WELCKER, Blutkörperchenzählungen und farbenprüfende Methode. Prager Vierteljahrsschr. IV. Bd. 1854. pg. 11. — Derselbe: der Gehalt des Bluts an gefärbten Körperchen. Archiv des Vereins für gemeinsch. Arbeiten, I. Bd. 1854. pg. 195. — Derselbe: Zeitschrift für rationelle Medicin III. Reihe. IV. Bd. 1858. pg. 145.

3) R. HEIDENHAIN, Disquisitiones crit. et experiment. de sang. quant. in mammal. corp. extant. Halis 1857.



gleichen Individuum. Es ist nach seinen Bestimmungen die Färbekraft des arteriellen Blutes höher als die des venösen bei demselben Thiere, ein Resultat, welches mit dem meinigen im Principe übereinstimmt, doch fand ich den Unterschied meist gering, öfters fast in den Fehlergrenzen liegend.

Es entspringt aus der verschiedenen Färbekraft ein Fehler in der Angabe der Blutmenge für das Thier, die entsprechend etwas zu gross ausfällt, wenn man arterielles, zu klein, wenn man venöses Blut allein als Hämoglobinprobe verwendet hat.

Das verschiedene Färbevermögen des Blutes aus den verschiedenen Bezirken der Blutbahn hängt, worauf schon von anderer Seite aufmerksam gemacht wurde, wenn wir den Versuch unter den Bedingungen der volumetrischen WELCKER'schen Blutprobe machen, wo stets die Blutlösung mit dem Sauerstoff des Wassers und der Luft in Berührung kommt, wie es scheint, zunächst nicht sowohl davon ab, dass das reducirte Hämoglobin stärker färbt als das sauerstoffhaltige, als davon, dass bekanntlich die Concentration des Blutes die Menge der farbigen Körperchen und damit der Gesammthämoglobingehalt in den verschiedenen Gefässprovinzen verschieden ist.

A. v. BEZOLD hat vorgeschlagen<sup>1)</sup>, den Antheil, welchen die beiden Modificationen des Hämoglobins an der Ungenauigkeit haben könnten, dadurch auszuschliessen, dass man vor dem Versuch alles Hämoglobin in Kohlenoxydhämoglobin umwandelte. Der Nutzen dieser Umwandlung liegt auf der Hand: die Farbe des arteriellen und venösen Blutes ist dann gleich.

Bei der practischen Ausführung, die zunächst noch unter A. v. BEZOLD's Leitung Dr. GSCHIEDLEN<sup>2)</sup> versuchte, stellen sich Schwierigkeiten in den Weg. Dr. GSCHIEDLEN suchte das Blut durch Einleiten von kohlenoxydhaltigem Leuchtgas mit Kohlenoxyd zu sättigen, nachdem die Thiere durch dasselbe Gas getödtet waren.

Eine Anzahl von Versuchen ergab mir, dass auch nach längerem Einleiten von reinem Kohlenoxydgas in Blut und Blutlösungen die Ueberführung des Hämoglobins in Kohlenoxydhämoglobin noch nicht vollkommen gelungen war, sodass eine Blutprobe nach dem Einleiten unter Umständen also noch als eine uncontrolirbare Mischung aus gelöstem Kohlenoxydhämoglobin, Oxyhämoglobin und reducirtem Hämoglobin erscheinen kann, dass somit zu den zwei zuerst vorhandenen uncontrolirbaren Factoren nun noch ein dritter ebensowenig bestimmbarer hinzukommt. Die Verschiedenheiten der Concentration der Hämoglobininlösung, d. h. des Blutes in den verschiedenen Bezirken des Organismus, wird selbstverständlich dadurch nicht beseitigt. Es würde sich also doch immer noch, auch wenn alles Hämoglobin in Kohlenoxydhämoglobin im lebenden Organismus umgewandelt wäre, eine Berücksichtigung des venösen und arteriellen Blutes im HEIDENHAIN'schen Sinne empfehlen.

Jedermann weiss, dass die Sättigung des Hämoglobins mit Kohlenoxyd in dem Augenblick des Todes von Säugethieren durch dieses Gas fast immer erst theilweise eingetreten ist<sup>3)</sup>, so dass die gewünschte Ausgleichung des Blutes,

1) Würzburger physiol. Untersuchungen Bd. III. pg. 448.

2) a. a. O. S. 443 ff.

3) Man vergl. dagegen J. MASIA, Zur qualitativen Blutanalyse, VIRCHOW's Archiv XXXIV.



die eine Vernachlässigung des von HEIDENHAIN entdeckten Versuchsfehlers vielleicht rechtfertigen würde, bei durch Kohlenoxyd vergifteten Säugethieren so ohne Weiteres wohl nicht angenommen werden darf.

Nur bei kaltblütigen Thieren, z. B. Fröschen, die bekanntlich viele Stunden lang in reinem Kohlenoxydgas leben, ist beim Tode die Sättigung des Hämoglobins mit Kohlenoxydgas wohl immer eine vollkommene.

Der Vorschlag BEZOLD's lässt sich nach dem Gesagten dahin präcisiren, dass es für die volumetrische WELCKER'sche Blutprobe wünschenswerth ist, den Unterschied zwischen Oxyhämoglobin und reducirtem Hämoglobin zu verwischen und alles Hämoglobin in eine einzige Modification überzuführen. Da es sich aber eben nachweisen liess, dass die Ueberführung eines Theiles des Hämoglobins in Kohlenoxydhämoglobin durch Vergiften eines Säugethiers mit Kohlenoxyd bei der quantitativen Blutmengenbestimmung die Berücksichtigung des arteriellen und venösen Blutes nicht unnöthig macht, so können wir von dem primären Gedanken BEZOLD's an Kohlenoxyd absehen und die Gleichheit des Hämoglobins in den verschiedenen Proben dadurch zu erreichen suchen, dass wir seine Gesamtmenge in Oxyhämoglobin überführen. Es gelingt das in der leichtesten und einfachsten Weise bekanntlich durch Schütteln der geeignet verdünnten Blutlösung mit Luft, wodurch alles etwa vorhandene reducirte Hämoglobin im Sauerstoff gebunden wird. Das Schütteln wird mit beiden Proben vor der Farbenvergleichung ausgeführt, wozu sie in Glaskolben von entsprechender Grösse gebracht werden, aus denen sie vorsichtig in die Hämoglobinoscope zurückgegossen werden. Als solche verwende ich gerne neben den Gefässen HOPPE's mit planparallelen Glasplatten auch noch zur definitiven Entscheidung über die Farbengleichheit die alten WELCKER'schen Glasröhren. Glasröhren von der gleichen Weite wie die HOPPE'schen Gefässe aus dem gleichen Glase, von genau gleicher Glasdicke und Weite im Lichten, haben vor den parallelwandigen Gefässen voraus, dass wir bei ihnen bei der Untersuchung im durchfallenden Lichte nicht nur die eine Farbenstärke vor dem Auge haben, die dem grössten Durchmesser des Gefässes entspricht, sondern dass wir die Farbe in den zartesten Unterschieden von den Rändern der Röhrchen bis zur Mitte zunehmen sehen. Das Auge hat daher, wenn es zwei solche mit den zu vergleichenden Blutlösungen gefüllte Röhren betrachtet, eine grössere Summe von Eindrücken gleichzeitig zu vergleichen, die alle identisch sein müssen, wenn die Blutproben gleich concentrirt sind.

Die HEIDENHAIN'sche Berücksichtigung der verschiedenen Färbekraft des arteriellen und venösen Blutes macht die Voraussetzung, dass im Organismus die Menge der beiden Blutarten gleich gross sei, und dass in den verschiedenen Gefässprovinzen die Färbekraft des venösen Blutes keinen wesentlicheren Schwankungen unterliege. Es genügt darum, aus einer beliebigen Vene und Arterie Blut zu entnehmen und mit diesen Proben die Bestimmungen auszuführen, das Mittel aus beiden Resultaten ergiebt dann den wahren Blutgehalt des Thieres. Obwohl die beiden Voraussetzungen nicht stricte richtig sind, so müssen wir doch in Ermangelung einer vollkommeneren Methode bei der auf ihnen basirenden festhalten. Käme es dagegen darauf an, nicht die Menge des flüssigen Blutes, sondern die Gesamtquantität des Hämoglobins zu bestim-



men, was unter Umständen noch von grösserer wissenschaftlicher Bedeutung sein kann, so würde eine directe Hämoglobinbestimmung etwa auf optischem Wege nach PREYER <sup>1)</sup> in einer irgendwie gewonnenen Blutprobe genügen, mit welcher man dann volumetrisch nach der WELCKER'schen Weise die Gesamtwaschflüssigkeit vergleichen kann. Hier fällt also der Unterschied zwischen venösem und arteriellem Blute weg, wenn wir nicht vergessen, zuerst alles Hämoglobin in Oxyhämoglobin überzuführen. Bei den folgenden Versuchen kam es aber auf die Menge des Gesamtblutes, vorerst abgesehen von seinem Hämoglobingehalte und seiner übrigen Zusammensetzung an und der genannte Unterschied war sonach zu berücksichtigen.

Zur Vereinfachung der Bestimmung wurde bei Säugethieren venöses und arterielles Blut zur Hauptblutprobelösung in gleichem Volumen gemischt. Dadurch war eine doppelte Bestimmung unnöthig gemacht, die gewonnenen Zahlen geben direct im HEIDENHAIN'schen Sinne die Blutmengen der Thiere an.

Noch wichtiger als die eben genannten Factoren, welche bei einer exacten Blutmengebestimmung nach WELCKER's Methode Berücksichtigung erheischen, sind andere, die sich 1) auf die erforderliche Reinheit der Blutlösungen, 2) auf die Gewinnung alles Haemoglobins in wässrige Lösung, 3) auf das Verhältniss des Organfarbstoffs zu dem Blutfarbstoff, 4) auf die exacte Gewichtsbestimmung des zu untersuchenden Thieres beziehen.

Wie schon gesagt, bezieht sich die oben gerühmte Genauigkeit der volumetrischen Methode nur auf reine Blutlösungen. Sie müssen vor allem vollkommen klar sein, um bei durchfallendem Lichte untersucht werden zu können. Auffallendes Licht lässt die Farbendifferenzen viel weniger scharf erkennen.

Die zuerst gewonnene gemischte Blutprobe entspricht vollkommen diesem Bedürfnisse, ebenso das weiter ausgeflossene Blut. Die durch Ausspritzen des Körpers und noch mehr durch Auslaugen und Auspressen der feingehackten Organe mit Wasser gewonnenen Waschflüssigkeiten zeigen sich dagegen primär stets mehr weniger trüb und undurchsichtig. Hierin liegt eine der Hauptschwierigkeiten der Bestimmung. Nach längerem Stehen klären sich die Flüssigkeiten von selbst, aber erst durch öfteres Filtriren durch mehrfache Filter von dichtem Papier gewinnen sie die nöthige Reinheit, die eine exacte Vergleichung ermöglicht. Hier hat nun die grösste Treue in der Versuchsausführung Aussicht auf Erfolg. Die gefärbten Waschwasser werden daher nicht gemischt, gemeinsam untersucht werden dürfen. Die verschiedenen Portionen der Blutflüssigkeiten: ausgeflossenes, ausgespritztes und abgewaschenes Blut, die mehrfachen Extracte der gehackten Organe erfordern eine gesonderte Prüfung. Die gehackten Eingeweide mit Gehirn und Rückenmark sind von den Bewegungsorganen und Haut getrennt auszuziehen, da alle diese genannten Blutlösungen verschieden leicht und vollständig auf den erforderlichen Grad der Reinheit gebracht werden können. Wenigstens Leber, Gedärme und Nervencentren müssen unter allen Umständen von den übrigen leichter vollkommen klare Lösungen gebenden Theilen des Körpers bei dem Auslaugen getrennt

<sup>1)</sup> Annalen der Chemie und Pharm. CXL, S. 187—200.



bleiben. Die Mühe des Versuchs wird dadurch freilich vervielfacht. Doch schärfen die mehrfachen Vergleichen für jeden Einzelversuch die Fähigkeit der Farbenunterscheidung, was der Genauigkeit des Gesamtversuchsergebnisses zu Gute kommt.

Der zweite Punkt, auf den wir noch die besondere Aufmerksamkeit lenken müssen, ist die Nothwendigkeit der Gewinnung alles Haemoglobins in wässrige Lösung. Man kann das nur durch mehrmaliges Auslaugen der zerhackten, durch Verbluten und Ausspritzen mit Brunnenwasser schon möglichst von Blut befreiten Organe erreichen, nicht mit Kochsalzlösung von  $\frac{1}{2}$ —1 $\frac{0}{0}$ , welche die Diffusion des Haemoglobins in die Waschflüssigkeit mehr weniger hindert, noch mit destillirtem Wasser, das die Blutkörperchen zwar rasch zerstört, die Gewebe aber auch zu stark imbibirt, so dass es nicht möglich ist, die Flüssigkeit genügend aus ihnen wieder auszupressen. Der Versuch die Gesammthämoglobinmenge zu erhalten durch Ausspritzen der Gefässe des sonst unverletzten Thieres mit Kochsalzlösung von  $\frac{1}{2}$ —1 $\frac{0}{0}$  oder Brunnenwasser oder gar mit destillirtem Wasser gibt unter allen Umständen ein unvollkommenes Resultat. Die Gewebe zeigen unter dem Mikroskope stets noch einen Gehalt an Blutkörperchen respective Blut, über dessen Menge man ein wissenschaftliches Urtheil vollkommen entbehrt, so dass der Fehler nicht einmal annähernd geschätzt werden kann. Jeder, der Ausspritzungsversuche in grosser Anzahl gemacht hat, kann diese Angabe bestätigen. Es können sonach Versuche, welche die Gesamtblutmenge durch Ausspritzen der Gefässe zu sammeln unternehmen, niemals auf volle Genauigkeit Anspruch machen.

Es führt uns diese Bemerkung sogleich auf einen weiteren, dritten Punkt, der unsere Berücksichtigung in Anspruch nimmt: auf das Verhältniss des Organfarbstoffs zum Blutfarbstoff bei diesen Versuchen. Man hat versucht<sup>1)</sup> die Menge des Organfarbstoffes resp. des Muskelfarbstoffes, der mit dem Blutfarbstoff identische Eigenschaften zu besitzen scheint<sup>2)</sup>, dadurch einer gesonderten quantitativen Bestimmung zu unterwerfen, dass man zuerst die Gesamtblutmenge bestimmte durch Ausspritzen der Gefässe mit Kochsalzlösung von  $\frac{1}{2}$   $\frac{0}{0}$ , welche in die Gewebe der Säugethiere gar nicht oder doch nur langsam imbibirt, und die, wie schon gesagt, auch die Diffusion des Hämoglobins aus den Blutkörperchen und von da in die Gewebe hindert. Die aus den zerhackten Muskeln nachher noch mit Wasser ausgelaugte mehr weniger, oft freilich nur noch schwach gefärbte Flüssigkeit sollte dann nur den Muskelfarbstoff enthalten. Es steht dieser Methode kein anderes Bedenken entgegen als das, dass eben auch aus den Muskeln durch Ausspritzen nicht alles Blut vollkommen entfernt werden kann, so dass sich also der Farbstoff des restirenden Blutes dem Muskelfarbstoff zumischt und als solcher in den Resultaten erscheint. Dass, wie zu erwarten, diese Zumischung von Blut eine schwankende Grösse sei, scheinen auch die Zahlen zu ergeben, die Dr. GSCHIEDLEN für den Muskelfarbstoff anführt<sup>3)</sup>, welche grosse Differenzen zeigen. Ein grösseres

1) GSCHIEDLEN a. a. O.

2) KÜHNE, Ueber den Farbstoff der Muskeln. VIRCHOW, Archiv. Bd. 33, pg. 79. Derselbe, Lehrbuch der physiolog. Chemie 1868. S. 288.

3) a. a. O. pg. 153.



wissenschaftliches Vertrauen dürften nur seine Minimalzahlen beanspruchen können. Da diese Schwierigkeiten sich für jetzt nicht exact überwinden lassen, so musste hier von einer gesonderten Bestimmung des Muskelfarbstoffes und des Hämoglobins des Blutes abgesehen werden. Der Gallenfarbstoff, soweit er in der Gallenblase enthalten ist, lässt sich ohne Schwierigkeit aus den Versuchsergebnissen ausschliessen, unmöglich ist das dagegen bei dem in dem Parenchym der Leber selbst enthaltenen, der also stets einen uncontrolirbaren Versuchsfehler bedingt. Von den Farbstoffen der übrigen Organe gilt m. m. das von dem Muskelfarbstoff Gesagte.

Der vierte und letzte Punkt unserer Betrachtung bezieht sich auf die Gewinnung des wahren Gewichtes der auf ihre Blutmengen zu untersuchenden Thiere.

Bei Fleischfressern bietet diese Aufgabe nur sehr geringe Schwierigkeiten, anders bei den Nagethieren, von denen besonders das im Stall gefütterte Kaninchen stets eine so enorme Menge von Nahrungsresten in Magen und Darmcanal besitzt, dass dadurch das Gesamtgewicht auf das Wesentlichste beeinträchtigt wird. Ich kann nicht damit übereinstimmen, wenn man es für möglich hält, das wahre Körpergewicht (Reingewicht) von Kaninchen dadurch zu finden, dass man von dem direct bestimmten Rohgewicht des Thieres eine aus mehrfältigen Bestimmungen an anderen Individuen gefundene Mittelzahl für die s. v. v. Kothmenge in Magen, Darm und Harnblase desselben abzieht. Es kann vorkommen, dass bei Thieren von gleichem Alter, gleicher körperlicher Ausbildung und fortgesetzt gleicher Fütterung in demselben Locale die Kothmengen eine ziemliche Uebereinstimmung zeigen, aber es muss trotzdem nach den im Folgenden mitzutheilenden Bestimmungen und Resultaten verlangt werden, dass für die Erlangung des Reingewichtes bei jedem Kaninchen eine directe Bestimmung der Quantität seines Magen- und Darminhalts gemacht werde <sup>1)</sup>.

Diese letzte Betrachtung leitet uns zu den Versuchen selbst über.

## §. 2.

### Vorversuche über freiwillige Nahrungsaufnahme von Kaninchen.

In Folgendem wird eine Anzahl von Blutbestimmungen an Kaninchen mitgetheilt werden, bei denen ohne Ausnahme das Reingewicht direct bestimmt worden ist, durch Wägung des Kothes. Es wurde dadurch der Versuch selbst wesentlich erschwert. Doch hat die auf die hier gegebenen Verhältnisse gelenkte Betrachtung einige nicht unwichtige Resultate ergeben, die sogleich einleitend angeführt werden sollen. Wir werden aus ihnen vorläufige Gesichtspunkte für die Deutung später mitzutheilender Resultate erhalten. In der folgenden Tabelle sind die directen Wägungsergebnisse das Darm- und Mageninhaltes und des Rohgewichtes und die daraus berechneten Verhältnisszahlen zusammengestellt. Die Wägung des Kothes ist mit der grössten Genauigkeit ausgeführt, Gewichts differenzen unter einem Gramm wurden der Rechnung wegen ausgeglichen. Der Inhalt des Magens, und Darms wird in den folgenden

<sup>1)</sup> Der Blaseninhalt kann durch Druck gegen die Blase vor der Bestimmung des Rohgewichtes entfernt werden.



Tabellen als Darminhalt oder Koth bezeichnet, derselbe Sinn ist den letzteren Worten auch in den folgenden Auseinandersetzungen beizulegen. Im Uebrigen erscheint die Tabelle an sich verständlich.

Tabelle I.  
Ueber den Darminhalt der Kaninchen.

Versuchs- Nummer.	Rohgewicht in Grammen.	Reingewicht in Grammen.	Grammen.	Kothgewicht in	Verhältniss zum Rohgewicht.
				Procenten des Rohgewichts.	
1.	307,5	221,5 (ganz fettlos)	86	27,90/0	1 : 3,6
2.	399	288	111	27,90/0	1 : 3,6
3.	569	418	151	26,50/0	1 : 3,7
4.	608	468	140	23,00/0	1 : 4,3
5.	631	520	111	17,60/0	1 : 5,6
6.	743	626	117	15,70/0	1 : 6,3
7.	773	685	88	17,80/0	1 : 5,5
8.	799	629	170	22,50/0	1 : 4,4
9.	851	655	196	23,00/0	1 : 4,3
10.	1498	1023 (fett)	175	14,60/0	1 : 6,8
11.	1385	1093	292	21,10/0	1 : 4,6
12.	1596	1244	353	22,00/0	1 : 4,6
13.	1672	1234 (mager)	438	25,60/0	1 : 3,9
14.	1664	1304	360	21,60/0	1 : 4,5
15.	1682	1422 (Männchen)	260	15,60/0	1 : 6,4
16.	1719	1460 (Weibchen)	259	15,00/0	1 : 6,6
17.	1743	1463 (Weibchen)	280	16,00/0	1 : 6,2
Im Mittel abgerundet:				20,00/0	1 : 5

Die Thiere waren längere Zeit in dem Versuchsstalle des Laboratoriums reichlich genährt worden; es mag damit zusammenhängen, dass wir hier im Allgemeinen höhere Zahlen für den Darminhalt antreffen als in den Angaben anderer Autoren. HEIDENHAIN macht a. a. O. direct darauf aufmerksam, dass bei seinen Versuchen keine controlirte Fütterungsperiode vorherging.

Der Darminhalt <sup>1)</sup> beträgt im Mittel (abgerundet):

$$20\% = \frac{1}{5} \text{ des Körpergewichts,}$$

<sup>1)</sup> WELCKER fand den Darminhalt der Kaninchen zu  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{5}$  des Körpergewichts = 14 und 20%. GSCHIEDLEN fand ihn im Mittel nur zu 14%.



es ist sonach das Rohgewicht des Kaninchens nur das 5-fache von dem Gewichte des Darminhalts, sie verhalten sich zu einander wie

4 : 5.

Aus den angeführten Zahlen der Tabelle geht jedoch weiter hervor, dass es unter den hier bestehenden Versuchsbedingungen vollkommen unstatthaft gewesen wäre, diese Mittelzahl = 20 % den Berechnungen des Reingewichts zu Grunde zu legen. Die direct beobachteten Werthe weichen von dem berechneten Mittelwerthe so weit ab, dass wir durch die Berechnung des Reingewichts Fehler in die Versuche eingeführt hätten, die weit grösser sein würden als alle die aus den in §. 1 dieses Capitels zusammengestellten anderen Fehlerquellen zusammengenommen hervorgehenden.

Es wurde gefunden als:

Minimum . . . . . **14,6% = 1 : 6,8**

Maximum . . . . .	27,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> = 1 : 3,6
-------------------	--

es verhält sich also das Minimum zum Maximum fast wie

$4 : 2$  (genau 4,9).

das Maximum ist um 92% grösser als das Minimum, d. h. beinahe um das Doppelte. Das Resultat genügt, um von nun an eine Berechnung des Reingewichts aus einer Mittelzahl für den Darminhalt bei Kaninchen als unzulässig erscheinen zu lassen. Versuche, bei denen eine derartige Berechnung mitunterläuft, machen nicht Anspruch auf volle Genauigkeit der Resultate.

Ausser diesem negativen Resultate liefern jedoch die eben mitgetheilten Resultate einige positive Ergebnisse.

Die Versuche sind in der Tabelle so geordnet, dass von den kleinsten und jüngsten Thieren bis zu den fettesten und schwersten fortgeschritten wird.

Es fällt sogleich bei dem ersten Blick auf, dass die höchsten Werthe für den Darminhalt bei den ersten, den jüngsten Thieren gefunden worden sind. Bei den beiden in der Tabelle zuerst stehenden Thieren beträgt der Darminhalt übereinstimmend fast  $28\% = 1 : 3,6$ .

Auf der andern Seite finden wir am Ende der Tabelle, wo die Versuche an den schwersten und fettesten Tieren verzeichnet sind, auffallend geringe, aber ebenfalls übereinstimmende Werthe verzeichnet  $4 : 6,6 = 15,5\%$ .

Bei den mittleren Thieren finden sich vorwiegend zwischen den beiden Extremen liegende Zahlenwerthe. Bei ihnen schwankt der Gehalt an Nahrungsstoffen im Darm am bedeutendsten.

Es ist kaum zu verkennen, dass sich in diesen Ergebnissen ein Naturgesetz auszusprechen scheint, das für die Ernährungslehre nicht ohne Bedeutung ist. Es ergibt sich hier, dass die gleichzeitig in den Eingeweiden sich vorfindende Nahrungsstoffmenge, oder was dasselbe zu bedeuten scheint, die in der Zeiteinheit aufgenommene, allein durch das normale Nahrungsbedürfniss geregelte Nahrungsstoffmenge bei jüngeren, kleineren und magereren Thieren (Kaninchen) eine relativ viel grössere ist als bei älteren, grösseren, fetteren.

Dieses Resultat erscheint klarer, wenn wir die Versuchsthiere nach ihrem Körpergewicht in natürliche Gruppen trennen und uns zunächst an die Mittelzahlen aus den Beobachtungen halten, wir bekommen dann folgende kleine



## Hülftabelle:

Kaninchen	Darminhalt	
	in Procenten:	im Verhältniss zum Rohgewicht:
1. ganz kleine Thiere, Nr. 1 und 2, Reingewicht unter 300 Gramm . . . . .	27,9%	1 : 3,6
2. grössere Thiere, Nr. 3 — 9 incl., Reingewicht unter 700 Gramm . . . . .	22,3%	1 : 4,4
3. grosse, meist magere Thiere, Nr. 10—14 incl., Reingewicht bis 1300 Gramm . . . . .	20,9%	1 : 4,8
4. grosse, sehr fette Thiere, Nr. 15 — 16 incl., Reingewicht über 1400 Gramm . . . . .	15,5%	1 : 6,4

Die Mittelzahlen zeigen sonach eine fortschreitende relative Abnahme des Darminhaltes mit dem zunehmenden Körpergewicht. Vereinigen wir die Rubriken 2 und 3 in der vorstehenden Tabelle, so erscheint die Abnahme als eine stetige.

Die gleichzeitig im Darm enthaltene Stoffmenge erscheint wie gesagt direct als ein Mass für die in der Zeiteinheit aufgenommene Nahrungsmenge. Die Thiere wurden alle gleich gefüttert und nach der gleichen Fütterungszeit Morgens 10 Uhr getödtet; die Geschwindigkeit der Verdauung ist bei jüngeren Individuen nachweislich eher grösser als bei älteren, so dass nicht angenommen werden kann, dass bei den ersteren sich mehr Nahrungsstoffe in den Eingeweiden gleichzeitig anhäufen können bei relativ gleicher Nahrungsaufnahme.

Die Nahrungsaufnahme ist bei gesunden Thieren dem Nahrungsbedürfniss und dem Gesamtstoffwechsel entsprechend.

Danach können wir vorläufig die hier zu Grunde liegende Gesetzmässigkeit etwa so formuliren:

1. Im Allgemeinen ergibt sich, dass die kleinsten, jüngsten (fettlosen) Thiere am meisten Nahrungsstoffe gleichzeitig in den Eingeweiden enthalten, sie nehmen sonach mehr Nahrungsstoffe auf als grössere, ihr Nahrungsbedürfniss und damit ihr Gesamtstoffwechsel im LIEBIG'schen Sinne ist bedeutender als bei grösseren und älteren (fettten) Thieren.

2. Die Thiere von von einem mittleren Gewichte schwanken am stärksten in dem Gehalte an Nahrungsstoffen in den Därmen. Hier sind Nahrungsbedürfniss und Stoffwechsel in ihrer Grösse nach anderweitigen Bedingungen schwankend, im Mittel nehmen aber beide mit dem höheren Körpergewichte ab.

3. Die grössten und fetttesten (gemästeten) Thiere haben relativ und absolut weit weniger Nahrungsstoffe im Darm, sie haben also relativ und absolut ein kleineres Nahrungsbedürfniss, einen geringeren Gesamtstoffwechsel.

Wir können hier sogleich die Frage nach den Gründen dieser Verschiedenheiten in dem Stoffwechsel von Thieren von verschiedenem Alter und verschie-



denem Körperzustande anregen, wenn auch an späteren Stellen erst weitere Beweismittel für die hier aufgestellten Sätze folgen sollen.

Aus den von BISCHOFF, HENNEBERG, PETTENKÖFER, VOIT, J. RANKE u. A. angestellten Ernährungsversuchen ergibt sich, dass die Grösse des Gesamtstoffwechsels von zwei Factoren in entgegengesetztem Sinne beeinflusst wird. Der Stoffwechsel wird vermehrt mit der gleichzeitig im Körper vorhandenen, circulirenden Menge des eiweisshaltigen Plasmas. Dieser Plasmastrom wird zum Theil und zuerst von dem Blute repräsentirt, mit der Blutmenge müssen wir sonach den Stoffumsatz im Organismus zunehmen sehen. Der andere im entgegengesetzten Sinne wirkende Factor ist der gesteigerte Fettgehalt des Organismus (in Nahrung und Organen), wir sehen dadurch den Stoffumsatz herabsinken.

Wie die gesteigerte Blutmenge einen gesteigerten Umsatz hervorzurufen vermag, ist sogleich klar, da das Blut die Hauptstoffwechselbedingungen in sich enthält. Wir werden da, wo wir einen gesteigerten Stoffwechsel antreffen, auch eine grössere Blutmenge erwarten dürfen.

Wenn der gesteigerte Fettgehalt eines Thieres einen Einfluss auf die Blutmenge in dem Sinne einer Verminderung derselben nachweisen lassen würde, so würden wir die aus der geringeren Nahrungsaufnahme fatter Thiere sich ergebende Herabsetzung ihres Stoffwechsels direct verstehen können. Wir werden also darauf unsere Aufmerksamkeit zu richten haben.

Die folgenden Versuche an Kaninchen werden über diese primär angeregten Fragen Entscheidung bringen. Es wird sich jedoch noch weiter zeigen lassen, dass die Organe nicht alle gleichwerthig für den Stoffumsatz sind, und dass mit einer Veränderung in den relativen Gewichtsverhältnissen der Verdauungsorgane (Eingeweide) zu den Bewegungsorganen auch eine Veränderung des Gesamtstoffwechsels eintreten müsse.

In Beziehung auf die Blutmenge werden wir zunächst vermuthen müssen, dass den wesentlichen Differenzen in der Nahrungsaufnahme entsprechend bei Thieren, die scheinbar denselben Lebensbedingungen längere Zeit hindurch unterworfen waren, auch wesentliche Differenzen in dem Blutgehalte sich finden werden. Die letzten Auseinandersetzungen erregen sogar direct die Erwartung, dass die Blutmenge wenigstens im Allgemeinen eine regelmässige, gesetzmässige Zunahme mit dem steigenden Nahrungsbedürfniss e. v. v. erkennen lassen werde.

### §. 3.

#### **Gesamtblutmengen geruhter Kaninchen.**

Vom **Verfasser** und Dr. **E. Daxenberger**.

Die Blutmengen wurden bestimmt an geruhten:

- 14 Kaninchen,
- 1 Meerschweinchen,
- 2 Hunden,
- 2 Katzen,
- 14 Fröschen.



In folgender Tabelle sind zuerst die für Kaninchen gewonnenen Hauptresultate zusammengestellt, die Tabelle erklärt sich selbst.

Tabelle II.  
Gesamtblutmenge von Kaninchen.

Versuchs- Nummer.	Rohgewicht in Grammen.	Reingewicht in Grammen.	Blutgewicht in		Verhält- nisszahl zwischen Blut und Körper- gewicht.
			Grammen.	Procenten.	
1.	307,5	224,5 (fettlos)	18,07	8,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 12,3
2.	399	288	19,73	6,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 14,6
3.	569	418	25,46	6,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 16,4
4.	631	520	30,07	5,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 17,2
5.	743	626	33,02	5,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 18,0
6.	799	629	42,82	6,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 15,0
7.	851	655	40,89	6,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 16,0
8.	773	685	45,42	6,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 15,2
9.	1198	1023 (fett)	39,39	3,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 29,0!
10.	1672	1234 (mager)	81,40	6,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 15,4!
11.	1596	1244	55,03	4,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 22,0
12.	1664	1422 (Männchen)	48,81	3,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 29,0
13.	1719	1460 (Weibchen)	53,24	3,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 27,0
14.	1743	1463 (Weibchen)	42,49	3,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 33,0!
<b>Im Mittel:</b>				<b>5,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>	<b>1 : 18</b>
Meer- schweinchen	243,5	190,5	11,113	5,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 16

Durch die älteren Versuche einer Blutbestimmung an Thieren wurden zunächst Mittelzahlen für die Blutmengen derselben gewonnen, die dem ersten Bedürfnisse, diese Frage im Allgemeinen zu erledigen, entsprachen. Mit Ausnahme WELCKER's und HEIDENHAIN's, die auch für die im Folgenden zu besprechenden Verhältnisse die ersten Andeutungen geben, hat man sich, oft wohl unabsichtlich, bei den Blutbestimmungen meist an ausgewachsene Thiere von möglichst gleichmässigem Körperzustande gehalten.

An diesem Orte kommt es nicht darauf an, eine gewisse Gleichmässigkeit in den Angaben über den Blutgehalt ein und derselben Thierart zu erhalten, im Gegentheil musste gerade auf die Grenzen der physiologischen Schwankungen in dieser Beziehung alle Aufmerksamkeit gelenkt werden, da es ja beabsichtigt ist, die Gesamtblutmenge und die Blutvertheilung unter dem Einfluss wechselnder physiologischer Bedingungen zu untersuchen. Es mussten also Thiere von möglichst verschiedenem Körperzustande untersucht werden.



Es fällt sogleich auf, dass die in Tabelle II zusammengestellten relativen Blutmengen sehr bedeutende Schwankungen erkennen lassen, die wohl grösser sind, als man sie bisher vermuthete.

Es fanden sich als Grenzwerte des relativen Blutgehalts:

Maximum 8,2% oder 1 : 12,3

Minimum 3,0% oder 1 : 33,0.

Das procentische Minimum verhält sich zum Maximum wie

1 : 2,73;

letzteres ist nahe um das Dreifache grösser als ersteres.

Es ergibt sich also sogleich daraus, dass es unter keinen Umständen gestattet sein kann, für eine genauere Blutbestimmung, z. B. in irgend einem Organe, die Gesamtblutmenge einfach zu rechnen nach einer aus anderen Versuchen gefundenen Mittelzahl. Dazu weichen die Einzelresultate von dem Mittelwerthe viel zu sehr ab.

Im Allgemeinen ist der aus diesen Versuchen für die Blutmengen der Kaninchen gerechnete Mittelwerth derselbe wie der von HEIDENHAIN und WELCKER gefundene. Mein Werth beträgt im Verhältniss zum Reingewichte der Kaninchen

1 : 18,

das gleiche Verhältniss, das HEIDENHAIN und WELCKER

1 : 18<sup>1)</sup>

fanden. Die geringen Endwerthe unserer Tabelle werden durch die hohen Werthe der ersten Versuche ausgeglichen.

Die gefundenen grossen Unterschiede im Blutgehalte von Thieren derselben Species von verschiedenem Körperzustande liessen sich nach den oben §. 2 erwähnten (besonders von C. VOIR) aus den Ernährungsversuchen gezogenen Schlüssen vollkommen erwarten und bestätigen in schöner Weise die auf ganz anderem Wege gefundenen Resultate.

In dem Blute haben wir vor Allem die Bedingungen des Stoffwechsels, des physiologischen Stoffzerfalles, oder wie wir uns vor den neuen LIEBIG'schen Arbeiten auszudrücken pflegten, der physiologischen Oxydation. Die enormen Schwankungen in der Grösse des Stoffumsatzes bei verschiedenen Körperzuständen und Nahrungsbedingungen, die durch die Ernährungsuntersuchungen erkannt worden sind, liessen C. VOIR u. A. schon vor Jahren auf die Vermuthung kommen, dass diesen Schwankungen des Stoffumsatzes entsprechend auch ebenso bedeutende Aenderungen in der Grundbedingung der physiologischen Zersetzung, im Blutgehalte des Organismus sich finden müssen. Wenn der Stoffwechsel um das Mehrfache auf- und abwärts schwanken kann, so konnte man auch ähnliche Differenzen in dem Blutgehalte erwarten. Die Grösse des Stoffwechsels und der Blutgehalt sind sich wechselseitig bedingende Momente.

Aus der verschieden grossen freiwilligen Nahrungsaufnahme verschiedener Individuen haben wir in dem angedeuteten Sinne schon im vorhergehenden Paragraphen nach Tabelle I Rückschlüsse auf die Grösse des den verschiedenen Körperzuständen entsprechenden Stoffwechsels zu machen versucht. Wir müs-

1) GSCHIEDLEN fand etwas niedrigere Werthe, im Mittel 1 : 19.



sen nun untersuchen, ob diese quantitative Bestimmung der Stoffwechselgrundbedingung, der Blutmenge uns die gleichen Resultate liefert.

Eine Uebereinstimmung beider Tabellen im Grossen ist sogleich auch ohne weitere Umrechnung ersichtlich.

Wie wir dort im Allgemeinen das normale Nahrungsbedürfniss, die freiwillige Nahrungsaufnahme abnehmen sehen mit dem zunehmenden Körpergewicht, woraus wir auf eine gleiche Abnahme des Stoffwechsels schliessen müssen, so sehen wir auch hier die relative Blutmenge, also die Stoffwechselgrundbedingung, ganz in demselben Sinne abnehmen.

Wie dort sehen wir an der Spitze der Tabelle, wo die Versuche an denselben jüngsten und kleinsten Thieren verzeichnet stehen, die uns die ersten Resultate geliefert haben, auch die relativ grössten Blutmengen verzeichnet. Die grösste relative Blutmenge entspricht dem grössten Stoffwechsel, der grössten freiwilligen Nahrungsaufnahme, beide finden sich bei den jüngsten und kleinsten untersuchten Thieren.

Dieselben Thiere, welche in der ersten Tabelle den relativ geringsten Stoffwechsel, die geringste freiwillige Nahrungsaufnahme zeigten, stehen hier wie dort am Ende der Tabelle, es sind die fettesten und schwersten, ältesten: Dem Minimum des Stoffwechsels, der geringsten freiwilligen Nahrungsaufnahme entspricht das Minimum des Blutgehaltes.

Die in der Mitte stehenden Versuche zeigen hier wie da schwankende, aber im Mittel mit dem Körpergewicht abnehmende Werthe.

Letztere Verhältnisse lassen sich noch genauer überschauen, wenn wir sie in eine Hülftabelle zusammenfassen, in welche nur die Mittelzahlen eingestellt sind, nach denselben natürlichen Gruppen getrennt, wie sie oben zur Anwendung kamen.

#### Hülftabelle.

Kaninchen	Blutmenge		
	in		
	Grammen:	Procenten:	Verhältniss:
1. Ganz kleine Thiere, Nr. 1 u. 2, Reingewinn unter 300 Gramm . . . .	48,9	7,40%	4 : 13,5
2. Grössere Thiere, Nr. 3—9, Reingewicht unter 700 Gramm . . . .	34,3	6,00%	4 : 16,6
3. Grosse, meist magere Thiere, Nr. 10—11, Reingewicht bis 1300 Gramm <sup>1)</sup> . . . .	69,72	5,50%	4 : 18,0
4. Grosse, sehr fette Thiere, Nr. 12—14, Reingewicht über 1400 Gramm . . . .	48,18	3,30%	4 : 30,0

Man erkennt hier deutlich, dass mit dem steigenden Körpergewicht die Blutmenge anfangs zwar absolut zunimmt, aber nicht in gleichmässiger Weise,

<sup>1)</sup> Hier schliessen sich die VIII Beobachtungen GSCHIEDLEN's an Kaninchen an, die freilich nicht absolut vergleichbar sind mit unseren Beobachtungen, da ihnen die directe Bestimmung des Reingewichtes mangelt. Ihre Mittelzahl ist für den Blutgehalt 4 : 19, das Reingewicht schwankt von 300—1319 Gramm.



sodass mit dem zunehmenden Körpergewicht eine Abnahme des relativen Blutgewichtes eintritt. Die jüngsten, fettarmen, leichtesten Thiere haben relativ mehr Blut als die mittelstarken, diese wieder mehr als die noch schwereren, und endlich Thiere, welche sehr lange in Gefangenschaft gehalten und sehr fett waren, haben eine ganz auffallend geringe Blutmenge, die sich hier auch absolut wieder gesunken zeigte <sup>1)</sup>.

Diese Sätze decken sich vollkommen mit den im letztvorstehenden Paragraphen aufgestellten. Wir haben z. B. dieselbe relative und absolute Abnahme des Blutes bei den übermässig fetten Thieren, wie die relative und absolute Verminderung der freiwilligen Nahrungsaufnahme, des Stoffwechsels.

So hat sich also unsere oben ausgesprochene Vermuthung vollkommen bestätigt.

Wir sehen hier die Körperzustände, bei denen ein gesteigerter Stoffwechsel anderweitig nachgewiesen ist: Jugend, Kleinheit, Fettarmuth auch mit einem grösseren Blutreichthume verbunden. Die Körperzustände bei denen wir den Stoffwechsel geringer sehen: gesteigerte Körpergrösse, und Gewicht (= Abnahme der Körperoberfläche) und Fettreichthum zeigen auch einen geringeren Blutgehalt. Die Menge der in der Zeiteinheit sich physiologisch bildenden Zersetzungen, die Grösse des Stoffwechsels, steht sonach in directem Verhältnisse zur Menge der als Grundursache der Zersetzungen anzusehenden Flüssigkeit, des Blutes.

In der geringeren oder grösseren Blutmenge haben wir hiermit eine der Hauptursachen eines geringeren oder grösseren Stoffumsatzes aufgefunden. In der Folge werden wir noch einen Zusatz zu dieser Beobachtung machen müssen, wir werden erfahren, dass es für den Stoffwechsel nicht gleichwerthig ist, in welchen Procentverhältnissen die Gesamtblutmenge in den Organen vertheilt ist.

Von practischer Bedeutung für Medicin und Landwirthschaft-Thierproduction ist die hier erkannte enorme relative, ja absolute Abnahme der Gesamtblutmenge bei gesteigerter Fettbildung.

Wie uns aber Ernährungsversuche lehren, setzt ein durch die Nahrung gesteigerter Fettgehalt des Organismus die Stoffzersetzung herab. Wir sehen, — wenn der fettreichen Nahrung <sup>2)</sup> eine genügende Eiweissmenge beigegeben wird — endlich eine Mästung eintreten, ein Missverhältniss zwischen Nahrungsaufnahme und Verbrauch. Es wird mehr aufgenommen als verbraucht, es findet ein Ansatz von Stoffen, vor Allem von Fett statt.

Ganz in demselben Sinne wie ein gesteigerter Fettgehalt der Nahrung muss selbstverständlich auch ein gesteigerter Fettgehalt der Organe wirken. In den Organen hat der Körper sein Hauptstoffreservoir, aus dem er stets Stoffe in die circulirende Säftemasse — Plasma — herübernimmt zum directen Verbrauch. Je nach der Zusammensetzung der Organe ist das von ihnen gelieferte Plasma

<sup>1)</sup> Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass wir es bei den jüngsten Thieren der Tabelle nicht mit neugeborenen zu thun hatten, die, wenn wir WELCKER's Beobachtungen am neugeborenen Menschen generalisiren dürfen, relativ weniger Blut haben als Erwachsene.

<sup>2)</sup> oder amyllum-etc. reichen Nahrung.



natürlich verschieden, es ist fett- und eiweisshaltig in dem Verhältniss, als die Organe einen Fett- und Eiweissgehalt aufweisen. Die äussere Ernährung liefert zu dieser Nahrungsstoffmenge, die aus den Organen stammt, noch aus einer andern Quelle, aber ganz in demselben Sinne, Stoffe hinzu. Im Hungerzustande verhält sich ein fettarmer zu einem fettreichen Organismus in Rücksicht auf den Stoffwechsel nicht wesentlich anders wie zwei primär gleiche Organismen, von denen dem einen eine fettreiche, dem anderen eine fettarme (und kohlenhydratarme) Nahrung gereicht wird.

Es liegt nahe, zu glauben, dass, da das Verhalten in beiden Fällen so analog ist, auch die Gründe, die es hervorrufen, dieselben seien.

Die obigen Versuche haben ergeben, dass eine gesteigerte Fettanhäufung im Körper mit einer sehr bedeutenden Abnahme der Blutmenge, d. h. der oxydirenden Substanzen Hand in Hand gehe.

Darin haben wir freilich zunächst nur den Grund aufgefunden, warum in gemästeten, fettreichen Organismen der Stoffwechsel herabgesetzt ist, aber es steht, wie es scheint, Nichts im Wege, den Satz dahin zu erweitern, dass der Grund der Herabsetzung des Stoffwechsels durch jede Steigerung des Fettgehaltes des Organismus (auch durch Fettnahrung) in einer dadurch veranlasseten Herabsetzung der Blutmenge beruhe.

Mit der Herabsetzung der Menge der zersetzungsvermittelnden Substanzen — des Blutes und des circulirenden Plasmas, dessen Menge nothwendig mit der Menge des Blutes ab- und zunehmen muss — wird naturgemäss die Grösse der Zersetzung auch herabgesetzt werden.

Es scheint uns sonach in der Kette der Schlussfolgerungen zur Erklärung der Herabsetzung des Stoffwechsels durch Fettnahrung und bei fettreichen Individuen nur noch ein Glied zu fehlen, das uns Auskunft darüber geben sollte, wie das Fett diese Verminderung in der Blutmenge hervorruft; dass es eine solche hervorbringt, scheint nach dem Vorstehenden festzustehen.

Für den Arzt bringt die Erkenntniss des geringen Blutgehaltes fatter Organismen, wenn wir die an einer Thierart gewonnenen Resultate direct auf den Menschen übertragen dürfen, eine wissenschaftliche Erklärung für die mannigfachen Erfahrungen, dass fettreiche Körper eine geringere Energie ihrer Organthätigkeiten und Widerstandskraft gegen äussere störende Ursachen entwickeln. Er wird mit dem Blute solcher Patienten, wie es ihm die practische Beobachtung schon bisher vorschrieb, möglichst sparsam verfahren, er wird daran denken, auch in Krankheiten durch Eiweisskost ihre Blutmenge und damit die Energie ihrer Körperfunktionen zu steigern.

Für den practischen Landwirth und Thierzüchter, für den die Stoffanbildung, die Mästung Hauptaufgabe wird, lässt sich letztere nun so präcisiren: Da die Möglichkeit der Mästung, der Stoffanbildung auf einer Herabsetzung der Blutmenge des zu mästenden Thieres beruht, so ist diese Verminderung der Blutmenge erste Aufgabe. Erst nachdem die Blutmenge vermindert ist und mit ihr die Zersetzungsmöglichkeit, ist Aussicht vorhanden, jenes Missverhältniss zwischen freiwilliger Nahrungsaufnahme und Stoffwechsel leicht zu erreichen, auf welchem eine Stoffanbildung beruht.

Diese Blutmengeverminderung wird primär durch eine Steigerung des



Fettgehaltes im Organismus — am einfachsten durch die Nahrung mit Fett <sup>1)</sup> — erreicht.

Auch Muskelruhe wirkt ganz nach derselben Richtung, da sie den Fettverbrauch herabsetzt, der in der Muskelthätigkeit hauptsächlich steigt <sup>2)</sup>.

Durch diese Beobachtungen stellt sich der alte, in manchen Gegenden noch heute getübte Gebrauch der Landwirthe in ein neues Licht, nach welchem den zu mästenden Thieren zuerst eine Blutentziehung gemacht wird.

Schliesslich soll nun noch darauf hingewiesen werden, dass die Uebereinstimmung der beiden Tabellen Nr. I und Nr. II nicht nur im Grossen und Ganzen, sondern auch im Einzelnen eine vollständige ist.

Nr. 40 und 43 der Tabelle I entsprechen den Versuchen Nr. 9 und 40 in Tabelle II. Das erstere Thier war für seine Körpergrösse auffallend fett, es zeigte nach seinem geringen Darminhalt Nahrungsbedürfniss und Stoffwechsel ausnahmsweise gering. Die Tabelle II zeigt, dass dasselbe Individuum in Beziehung auf seinen Blutgehalt ebenso eine Sonderstellung beansprucht, wie in Rücksicht auf sein Nahrungsbedürfniss, nach beiden Verhältnissen findet es seine normale Stellung unter den letzten Versuchen an gemästeten Thieren. Umgekehrt ist es bei dem zweitangeführten mageren Thiere, das seinem grossen Nahrungsbedürfniss und seinem entsprechend grossen Blutgehalte nach sich an die weniger schweren Individuen anschliesst. Analog sind die Ergebnisse aller übrigen vergleichbaren Versuche.

#### §. 4.

#### Gesamtblutmengen von Fleischfressern.

##### 1. Hunde.

An Hunden wurden zwei Versuche angestellt, deren Hauptresultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

Tabelle III.

#### Gesamtblutmenge von Hunden.

Versuchs- Nummer.	Rohgewicht in Grammen.	Reingewicht in Grammen.	Grammen.	Blutgewicht in Procenten des Reingewichts.	Verhältniss zum Reingewicht.
1.	4778 Rattenfänger, Männchen, jung.	4711	326,6	7,0%	1 : 14,0
2.	10570 Rattenfänger, Männchen, sehr fett.	10370	665,3	6,4%	1 : 15,5
<b>Im Mittel:</b>				<b>6,7%</b>	<b>1 : 14,7</b>

1) und den Fettansatz begünstigende Substanzen.

2) VOIT u. PETTENKOFER.



Vorerst zeigen die Werthe für Roh- und Reingewicht bei Hunden nicht im Entferntesten die Unterschiede, die wir bei den Nagethieren gefunden haben; eine bekannte Erfahrung.

Bei Versuch 1 beträgt der Darminhalt, der von dem Rohgewichte zur Gewinnung des Reingewichtes abgezogen wurde,

$$1,4\frac{0}{0},$$

er verhält sich zum Rohgewicht wie

$$1 : 71,3.$$

Bei Versuch Nr. 2 sind die entsprechenden Werthe

$$1,9\frac{0}{0} \text{ und}$$

$$1 : 52,8.$$

Die Versuche an Hunden (Fleischfressern überhaupt) werden sonach von dem Darminhalt viel weniger in ihrer Genauigkeit beeinträchtigt als die an Kaninchen, es würde erlaubt sein, hier eine Durchschnittsgrösse dafür in Rechnung zu ziehen.

Die Werthe für die Blutmengen halten sich über dem Mittelwerth, der für Kaninchen gefunden wurde. Mit Rücksicht auf das weit grössere Körpervolumen der Hunde im Vergleich mit den Kaninchen ergibt sich daraus also ein nicht unbeträchtlich höherer Blutgehalt der Hunde als der Kaninchen, was mit der Art ihrer Ernährung, der vorwiegenden Fleischkost, gut zusammen stimmen würde.

Dasselbe Resultat ergab sich auch früheren Forschern.

Dass die Blutmenge mit der steigenden Fettanhäufung im Organismus abnehme, zeigen im Zusammenhalt mit den Versuchen der Tabelle II auch diese beiden Beobachtungen.

## 2. Katzen.

Ganz analoge Verhältnisse zeigen die an Katzen angestellten beiden Blutmengenbestimmungen. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Hauskatzen meist einen sehr fettreichen Körperzustand besitzen und dem entsprechend eine geringere Blutmenge.

In folgender Tabelle sind die directen Beobachtungen niedergelegt.

Tabelle IV.

### Gesamtblutmenge von Katzen.

Versuchs- Nummer.	Rohgewicht.	Reingewicht.	Grammen.	Blutgewicht	
				in Procenten des Reingewichts.	im Verhältniss zum Reingewicht.
1.	2410	2366	107,57	4,55 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 21,8
2.	2340	2330	110,77	4,75 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 21
	beides sehr kräftige fette Thiere.				
Im Mittel:				4,65 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 21.4



Was von dem Einfluss des Darminhalts auf die Bestimmung der Gesamtblutmenge bei Hunden gesagt wurde, gilt ebenso auch für die Katzen.

Auch bei ihnen ist der Darminhalt so gering, dass er die Resultate wenig zu alteriren vermag. Er beträgt bei Versuch 1 vorstehender Tabelle

$$4,80\%$$

bei Versuch 2 nur:

$$0,46\%$$

des Rohgewichtes. Setzen wir wie bisher das Gewicht des Darminhalts = 1, so bekommen wir zum Rohgewicht folgende Verhältnisse:

$$\text{in Versuch Nr. I. } 1 : 55$$

$$\text{in Versuch Nr. II } 1 : 233$$

Die relativen Werthe für den Blutgehalt fallen unter den Mittelwerth bei Kaninchen.

Wenn wir aber nur erwachsene, fette Thiere der beiden Species vergleichen, so ist doch ein höherer Blutgehalt bei Katzen ersichtlich.

Der Blutgehalt der sich wenig bewegenden, darum immer gemästeten Hauskatze ist geringer als der der Hunde, die eine weit grössere Arbeitsleistung von ihren Muskeln verlangen.

Da die Katzen viel geringeres Körpergewicht besitzen als die untersuchten Hunde und ihr Blutgehalt dem entsprechend höher sein sollte, so wird obiger Satz a fortiori bewiesen.

## §. 5.

### Gesamtblutmengen von Fröschen.

Zu den folgenden Versuchen wurden nur Froschmännchen verwendet. Die mit einem Sternchen in der Tabelle bezeichneten Beobachtungen 6 — incl. 44 wurden an möglichst gleichartigen Thieren vom gleichen Fange, gleichlang unter denselben Bedingungen aufbewahrt, zum Vergleiche mit tetanisirten Thieren (cf. Capitel III) angestellt.

Die Zahlen lassen, analog den Versuchen an mittelstarken Kaninchen, direct keine Gesetzmässigkeit, z. B. nach dem steigenden Körpergewichte, erkennen. Sie folgen also in der zufälligen Reihe, in welcher sie angestellt wurden.

Alle Versuche der folgenden Tabelle sind im Monat Januar angestellt, sodass sie sich also auch nicht nach verschiedenen Jahreszeiten ordnen lassen.



Tabelle V.  
Gesamtblutmenge von Fröschen.

Versuchs- Nummer.	Körpergewicht in Grammen.	Blutgewicht in		Verhältniss zum Körpergewicht.
		Grammen.	Procenten.	
1.	49,5	2,4332	4,91 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 20
2.	33,7	1,6786	4,92 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 20
3.	42,3	2,0000	<b>4,72<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>	<b>1 : 21</b>
4.	41,0	2,8713	7,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 14
5.	36,8	2,1677	5,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 18
6.	38,0	2,8997	7,70 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 13
7.	33,0	2,0428	6,20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 15
8.	39,2	3,2500	8,33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 12
9.*	52,5	3,3984	6,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 15
10.*	31,0	1,7855	5,90 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 18
11.*	34,7	1,6488	4,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 21
12.*	31,0	2,4296	7,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 13
13.*	42,0	3,9491	<b>9,00<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>	<b>1 : 11</b>
14.*	32,0	2,3924	7,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 13
<b>Im Mittel:</b>			<b>6,52<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>	<b>1 : 15,3</b>

Die physiologischen Verhältnisse der Winterfrösche sind bekanntlich stets so beträchtlich verschieden, auch bei Individuen, welche unter scheinbar ganz gleichen äusseren Bedingungen gelebt haben, dass wir uns über die Schwankungen im Blutgehalte, die wir hier antreffen, in keiner Weise verwundern können. Gewiss hängt die schwankende physiologische Widerstandskraft gegen äussere Eingriffe, die verschiedene Lebensenergie derselben zum Theile mit diesen hier sich ergebenden bedeutenden Differenzen in dem Blutgehalte zusammen. Es muss hier, wie sich in der Folge ergeben wird, vor Allem an den freiwilligen Tetanus der Winterfrösche erinnert werden, der uns schon früher Aufschlüsse über manche sonst unverständliche Schwankungen im physiologischen Verhalten der Frösche lieferte <sup>1)</sup>.

Die Resultate schwanken zwischen folgenden Werthen:

Maximum 9,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub> = 1 : 11

Minimum 4,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> = 1 : 21

Es verhält sich sonach das Minimum zum Maximum wie

1 : 4,9,

letzteres ist um 91<sup>0</sup>/<sub>0</sub> grösser als ersteres, d. h. beinahe um das Doppelte.

Die Schwankungen entsprechen ziemlich genau denen, die wir bei mittelstarken Kaninchen in Tabelle II angetroffen haben, mit denen wir diese Versuche allein vergleichen dürfen, da weder gemästete noch ganz junge Frösche zur Beobachtung kamen.

<sup>1)</sup> Cfr. Tetanus: Leitungswiderstand, Säurebildung etc.



Der relative Blutgehalt stimmt etwa mit dem der Fleischfresser überein. Nehmen wir Rücksicht auf das geringe Körpervolum der Frösche, so erscheint der Blutgehalt als ein geringer. In folgender Weise lassen sich die Hauptergebnisse dieses Capitels zusammenfassen.

### Resultate:

1. Das Nahrungsbedürfniss der thierischen Organismen (zunächst der Kaninchen) und dem entsprechend ihr Stoffwechsel im LIEBIG'schen Sinne nimmt, wie sich aus der freiwilligen Nahrungsaufnahme ergibt, mit dem steigenden Körpergewicht relativ ab.

Die kleinen jüngeren Individuen einer Thierart haben ein zwar absolut geringeres, aber relativ grösseres Nahrungsbedürfniss und Stoffwechsel als grössere und ausgewachsene.

2. Bei sehr fetten, gemästeten Thieren ist das Nahrungsbedürfniss und der Stoffwechsel relativ am kleinsten. Es sinkt die freiwillige Nahrungsaufnahme bei diesen Thieren sogar absolut unter die für nichtgemästete Thiere ähnlicher Körperconstitution gefundenen Werthe.

3. Die vorstehenden Angaben decken sich genau mit dem für den Blutgehalt der Thiere gefundenen Resultate:

**Die Grösse des Blutgehaltes steht in directem Verhältniss zur Grösse des Stoffwechsels.**

Jüngere, kleinere Thiere derselben Thierspecies haben wie einen relativ grösseren Stoffwechsel so auch eine relativ grössere Blutmenge als ausgewachsene. Es nimmt sonach die Blutmenge und der Stoffwechsel von dem Jugendzustande an, d. h. mit dem steigenden Körpergewichte ab.

4. Sehr fette, gemästete Thiere haben wie den relativ geringeren Stoffwechsel so auch die relativ geringste Blutmenge. Ihre Blutmenge zeigt sich ebenfalls wie ihr Nahrungsbedürfniss absolut vermindert gegenüber nicht gemästeten Thieren ähnlicher Körperconstitution.

5. Die bekannte Wirkung der Fettnahrung und des gesteigerten Fettgehaltes des Gesamtorganismus, den Stoffwechsel zu vermindern, beruht sonach auf einer dadurch veranlassten Herabsetzung der Gesamtblutmenge.

6. Die hier gefundenen Mittelwerthe für den Blutgehalt verschiedener ruhender Thiere sind folgende:

für Hunde . . . . .	6,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	d. h. 1 : 14,7
» Frösche . . . . .	6,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	» » 1 : 15,6
» Meerschweinchen . . . . .	5,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	» » 1 : 17,1
» Kaninchen . . . . .	5,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	» » 1 : 18,0
» Katzen . . . . .	4,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	» » 1 : 21,4



## Capitel II.

### Einfluss des Tetanus auf die Gesamtblutmenge.

#### §. 1.

#### Zur Orientirung.

In dem vorgehenden Capitel haben wir die Blutmenge von ruhenden Thieren unter den wechselnden Ernährungs- und Altersbedingungen betrachtet.

Die Einflüsse, welche wir diesen Bedingungen zuschreiben mussten, waren in ihrer Wirkung sehr in die Augen springend. Wenn wir nach den Ernährungsverhältnissen des Individuums seine Blutmenge so bedeutend auf- und abwärtsschwanken sehen, so werden wir uns der Vermuthung hingeben dürfen, dass eine physiologische Bedingung, deren Einfluss hinter dem der Ernährung in anderer Beziehung, wie wir schon vielfältig nachgewiesen haben, nicht zurücksteht, dass der Tetanus, die fortgesetzte starke Muskelleistung ebenfalls eine verändernde Einwirkung auf die Blutmenge werde ausüben müssen.

Nach welcher Richtung diese Einwirkung statthaben werde, ist primär noch nicht ersichtlich.

Wir sehen auch nach den neuesten Versuchen von v. PETTENKOFER und C. VOIT in Folge des Tetanus den Stoffwechsel des Gesamtorganismus doch nicht unbedeutend gesteigert, wenn diese Steigerung auch zurückbleibt hinter den früher gehegten Erwartungen. Die Steigerung des Stoffwechsels, den erhöhten Nahrungsverbrauch haben wir, nach dem vorstehenden Capitel, während der Muskelruhe direct auf eine Vermehrung der Blutmenge beziehen lernen. Wir müssen fragen, ob nicht auch die bei dem Tetanus beobachtete Mehrzersetzung von Körperstoffen auf einer Zunahme des Blutgehaltes beruht?

Die Wahrscheinlichkeit dieser Voraussetzung gewinnt jedoch nicht bei Berücksichtigung der bei anderer Gelegenheit schon gewonnenen Resultate über die Betheiligung des Blutes bei dem Tetanus.

In Tetanus Band I, pg. 87, im dritten Capitel, §. 3 finden sich die Resultate einer grossen Anzahl von vergleichenden Wasserbestimmungen im Blute ruhender und tetanisirter Thiere (Frösche). In den diesem angezogenen Paragraphen vorausgehenden Untersuchungen hatte sich nachweisen lassen, dass durch den Tetanus eine Veränderung in dem Wassergehalte des Muskels, der im lebenden Thiere tetanisirt wurde, eintrete. Der tetanisirte Muskel zeigte sich um etwa 2% im Mittel wasserreicher als der geruhte. Der Grund dieser Ver-



änderung in dem chemischen Verhalten des Muskels wurde vollkommen erkannt. Es liess sich zeigen, dass durch den Tetanus aus weniger leicht oder gar nicht diffundirenden Substanzen leicht diffundirende Stoffe gebildet werden, welche zwischen Blut und Lymphe einerseits und dem Muskel andererseits einen bedeutenderen Stoffverkehr durch Diffusion anregen, als er während der Ruhe stattfand. In Folge dessen sehen wir Wasser in den Muskel aus den ihn umspülenden Flüssigkeiten (Blut und Lymphe) eintreten, er wird dadurch wasserreicher, während er die in ihm bei der Arbeitsleistung neuentstandenen leichter diffundirbaren Stoffe an jene Flüssigkeiten abgibt. Schritt für Schritt wurde an dem angegebenen Orte der Beweis für diesen Vorgang geführt; es liessen sich die aus dem Muskel ausgetretenen festen Stoffe in dem Blute wieder auffinden. In Tetanus Band II — Lebensbedingungen der Nerven — pg. 8 finden sich Versuche verzeichnet, welche den qualitativen Nachweis dieser in das Blut ausgetretenen Muskelstoffe, in specie der Fleischmilchsäure liefern. Wir finden dort das Blut tetanisirter Frösche nach dem Dialysiren schwach sauer reagiren. ZUNTZ hat dieselbe Abnahme der alkalischen Reaction des Blutes in Folge des Tetanus bei Versuchen an Hunden höchst wahrscheinlich gemacht<sup>1)</sup>. Aber auch quantitativ konnte die Zunahme der festen Substanzen im Blute entsprechend seiner Wasserabgabe im Tetanus nachgewiesen werden. Der Wassergehalt des Blutes tetanisirter Frösche ist im Mittel um 4,30% geringer als der geruhter Thiere. Das Blut liefert danach zwar nicht alles, aber doch den grössten Theil des Wassers, den wir nach dem Tetanus im Muskel mehr antreffen, der Rest des gelieferten Wassers trifft auf die Lymphe. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese oben erwähnte Wasserabnahme des Blutes nur mit einer Verminderung seiner Gesamtmenge Hand in Hand gehen könne, wenn nicht, was kaum zu vermuthen, von anderer Seite — etwa von der Lymphe oder den Drüsengeweben — der Verlust wieder ausgeglichen oder gar übercompensirt wird.

Spricht schon die eben angezogene Beobachtung für die Wahrscheinlichkeit einer Blutmengenverminderung im Tetanus, so machen uns einer solchen gewiss die in Tetanus Band I, Abschnitt II, Capitel X, pg. 221 ff. niedergelegten Resultate. Es wird dort nachgewiesen, dass der Muskel Stoffe aus dem Blut zum Zwecke der Arbeitsleistung zu verwenden vermag, indem der bluthaltige Muskel im Stande ist, eine grössere Gesamtarbeit zu leisten als der blutleere.

Wenn wir also schon erwiesen haben, dass der arbeitende Muskel den Wassergehalt des Blutes vermindert, und wenn wir weiter wissen, dass auch Stoffe aus dem Blute direct zur Muskelarbeitsleistung verwendet werden, wird uns die Vermuthung, trotz des oben angeführten gegentheiligen Anscheines, sehr nahe gelegt, dass die Gesamtmenge des Blutes durch den Tetanus eine Verminderung erfahren werde.

1) Centralblatt f. d. med. Wissenschaften 1867. S. 804 ff.



## §. 2.

**Nachweis einer primären Verminderung und secundären Vermehrung der Gesamtblutmenge durch die Muskelthätigkeit.**

Die Versuche zur Entscheidung dieser Frage wurden wie die älteren im vorstehenden Paragraphen angeführten, fast ausschliesslich an Fröschen angestellt, die einen fortgesetzten Tetanus viel länger ertragen als Säugethiere, vor Allem als Kaninchen, die allein zu einer grösseren Zahl von Versuchen zur Verfügung stehen. Während Strychnintetanus die Kaninchen nach wenigen Anfällen tödtet, ebenso ein starker, wenn auch unterbrochener electrischer Tetanus der Gesamtmuskulatur schon nach auffallend kurzer Zeit, so leben Frösche bei beiden Krampfarten Stunden lang, die dadurch gesetzten Veränderungen im Stoffwechsel des Blutes und der Muskeln bilden sich daher bei ihnen viel deutlicher aus als bei Säugethiern, bei denen auch ästhetische Gründe die Anstellung derartiger Versuche in Masse nicht wünschenswerth erscheinen lassen.

In Capitel II, §. 4 sind Versuche über die Gesamtblutmenge geruhter Frösche zusammengestellt. Obwohl die Thiere alle unter sehr annähernd gleichen Verhältnissen in derselben Jahreszeit (Januar) gelebt hatten, so schien es doch wünschenswerth eine Anzahl von Versuchen an geruhten Individuen anzustellen zur Vergleichung mit tetanisirten, welche genau unter den gleichen Lebensbedingungen die Wintermonate bisher zugebracht hatten.

In Tabelle V sind diese zuletzt erwähnten Thiere mit einem Sternchen bezeichnet Versuchs-Nummer 9—14 incl. Diese Versuche zeigen ziemlich dieselben normalen Schwankungen der Gesamtblutmenge, die sich auch an den vorausgehenden erkennen lassen.

Das procentische Gesamtmittel aus allen 14 angestellten Versuchen beträgt dort für die procentische Gesamtblutmenge:

$$6,52\%.$$

Berücksichtigen wir nur die letzten 6 Versuche, so stellt sich die Gesamtblutmenge im Mittel um etwas höher auf:

$$6,98\% (= 7,0\%)$$

$$\text{das Minimum beträgt} \quad . \quad . \quad 4,8\%$$

$$\text{das Maximum} \quad . \quad . \quad . \quad 9,0\%.$$

Mit diesen letzteren Werthen müssen zunächst die in folgender Tabelle zusammenzustellenden Versuchsergebnisse an tetanisirten Thieren verglichen werden.

Die Versuchsthiere waren wie in Tabelle V nur männliche, möglichst kräftige Exemplare. Sie wurden mit Strychnin tetanisirt, was ihnen in gebräuchlicher Weise in Lösung in eine Rückenhautwunde eingepinselt wurde.

Es wurde Rücksicht genommen auf die Stärke der Krämpfe, wie sie sich noch bei der Tödtung der Thiere zeigten.

Die Versuche Nr. 7 und Nr. 8 sind auch an Winterfröschen im Januar angestellt, die aber nicht unter den genau gleichen Bedingungen wie Nr. 1—6 incl. dieser Tabelle und Nr. 9—14 incl. der Tabelle V gelebt hatten.



Tabelle VI.

## Die Gesamtblutmengen tetanisirter Frösche.

Versuchs- Nummer.	Körper- gewicht in Gram- men.	Blutgewicht in			Bemerkungen.
		Gram- men.	Procen- ten.	Verhält- niss.	
1.*	33,5	1,3010	5, 7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 27	Nr. 1 wurde nach einstündigem starkem Krampfe fast reactionslos getödtet.
2.*	32,0	1,6581	5, 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 19,4	Nr. 2, 6 Stunden nach der Vergiftung nach weniger starken Krämpfen getödtet, hat noch Krämpfe.
3.*	42,1	1,3551	3,45 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 29	Nr. 3, nach 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Stunden stärkstem Tetanus getödtet, fast reactionslos.
4.*	37,5	2,3746	6, 3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 16	Nr. 4, nach 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Stunden getödtet, hat noch Krämpfe, schlechter Tetanus.
5.*	36,0	2,0421	5, 6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 18	Nr. 5, nach 2 Stunden getödtet, hat noch Krämpfe, schlechter Tetanus.
6.*	32,2	2,2751	7, 1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 14	Nr. 6, nach 2 Stunden getödtet, hat noch Krämpfe, ganz schlechter Tetanus.
7.	78,0	3,2780	4, 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 24	Nr. 7 u. 8. Die Stärke der Krämpfe bei der Tödtung nicht notirt, Tetanus energisch.
8.			4, 2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 24	
Im Mittel (ohne Nr. 7 u. 8)			5,16 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 19,4	

Im Mittel beträgt danach der Blutgehalt **tetanisirter Frösche:**

5,16<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,

die Blutmenge verhält sich zum Körpergewicht wie:

1 : 19,

das Mittel aus allen 8 Versuchen ist noch etwas niedriger:

4,81<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Die Vergleichung dieser Versuche mit den an geruhten Fröschen gibt folgendes Resultat:

die sechs \* geruhten Frösche enthalten im Mittel Blut . 6,98<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

die sechs \* tetanisirten Frösche enthalten im Mittel Blut 5,16<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

die \* tetanisirten Frösche enthalten weniger Blut . 1,82<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Mit anderen Worten, die Gesamtblutmenge der Frösche wird durch den Tetanus um

26,07<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

gegen die Gesamtblutmenge geruhter Thiere vermindert.

Dieses Resultat erfährt keine wesentliche Aenderung, wenn wir, an Stelle der 12 direct zu dem Versuche ausgewählten, alle Frösche, an denen die Blutmengen vorstehend bestimmt wurden, mit berücksichtigen:



Alle geruhten Frösche enthalten Blut im Mittel . . .	6,52 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Alle tetanisirten Frösche enthalten Blut im Mittel . . .	4,81 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Die tetanisirten Frösche enthalten weniger Blut	1,71 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .

Das Resultat erscheint sonach als gesichert:

Der Tetanus ist von Einfluss auf die Gesamtblutmenge. **Durch die Arbeitsleistung der Muskeln wird die Gesamtblutmenge des Organismus primär vermindert. Diese Verminderung ist um so bedeutender, je stärker die Muskelleistung war, cfr. in der Tabelle VI die Bemerkungen.**

Es bestätigt dieses Ergebniss vollkommen unsere früheren Beobachtungen über die directe Betheiligung des Blutes an der Muskelarbeit, wie wir sie in §. 1 dieses Capitels zusammengefasst haben.

Die Beweisfähigkeit der in Tabelle VI zusammengestellten Resultate wird abgesehen von dem Durchschnittsresultate noch dadurch weiter sicher gestellt, dass sich alle kleinsten Werthe der Blutmenge auf Seite der tetanisirten, alle grössten Werthe auf Seite der geruhten Thiere fanden:

Das Minimum der Blutmenge tetanisirter Frösche beträgt . . .	3,45 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Das Minimum der Blutmenge geruhter Frösche beträgt . . .	4,72 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Die <b>tetanisirten</b> Frösche enthalten bei Berücksichtigung der <b>Minima</b> weniger Blut . . . . .	1,27 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .
Das Maximum der Blutmenge tetanisirter Frösche beträgt . . .	7,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Das Maximum der Blutmenge geruhter Frösche beträgt . . .	9,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Die <b>tetanisirten</b> Frösche enthalten bei Berücksichtigung der <b>Maxima</b> weniger Blut . . . . .	1,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> .

Die Unterschiede bei alleiniger Berücksichtigung der Minima und Maxima sind nicht weniger deutlich, als sie sich nach den Mittelwerthen stellen.

Es muss noch ein Wort gesagt werden über die beobachteten nicht unbedeutlichen Schwankungen der Blutmengen bei den Winterfröschen, bei denen zunächst von keiner Verschiedenheit in der Ernährungsweise die Rede sein kann, auf die wir die Unterschiede im Blutgehalte bei den Kaninchen vor Allem beziehen konnten. Die Frösche hatten seit Monaten überhaupt keine Nahrung mehr erhalten.

Hier bietet sich uns zur Erklärung dasselbe Moment dar, auf das schon in den Untersuchungen in Tetanus Band I vielfach Rücksicht genommen werden musste: a. a. O. pg. 219 werden die freiwilligen Allgemeinkrämpfe besprochen, die so oft die aufbewahrten Winterfrösche befallen, eine Krankheit, die vor Allem E. DU BOIS-REYMOND beschrieben hat. An diese krankhaften Veränderungen des Froschorganismus durch die Ueberwinterung müssen wir auch hier denken zur Erklärung der Schwankungen in der Gesamtblutmenge. Die betreffende Krankheit verändert den Froschorganismus in der Richtung des experimentell angeregten Tetanus, sie macht, schon ehe man den Ausbruch der Krämpfe beobachten konnte, die Muskeln sauer reagiren, sie setzt den Leitungswiderstand herab, ebenso das Maximum der Milchsäure- und wohl auch der Kohlensäurebildung etc., sie wird also auch hier die Ursache der Abnahme der Blutmenge sein, die sich in den physiologischen Schwankungen



dieser Grösse an scheinbar gleichartigen Thieren zeigen. Wir haben hier sonach ein Phänomen vor uns, das in seinen anderen Beziehungen jedem Experimentalphysiologen schon bekannt, auf das er Rücksicht zu nehmen gewohnt ist. —

Es schliessen sich an diese Betrachtungen noch eine Reihe von Fragen an, die eine Lösung fordern, für's Erste aber nicht weiter berücksichtigt werden können.

Nur folgende Fragen wollen wir noch aufwerfen:

Wird durch eine fortgesetzte, regelmässige Arbeitsleistung, mit der sich der Organismus in's Gleichgewicht gesetzt, die Gesamtblutmenge vermindert oder vermehrt?

Wir können zur Lösung dieser Frage den gleichen Weg einschlagen, der uns bei anderen Aufgaben schon zum Ziele geführt hat, indem wir diese Frage so wenden: enthalten thierische Organismen, die gewöhnt sind mehr Arbeit zu leisten als andere, im Durchschnitt mehr oder weniger Blut?

Wir können hierbei, wie früher, Thierarten, die sich wesentlich in der Activität ihrer Muskeln von einander unterscheiden, vergleichend auf ihren Blutgehalt untersuchen. Wir können weiter Thiere derselben Species einmal nach langer Muskelruhe, ein andermal nach freierer Bewegung in Untersuchung ziehen.

Beide Wege haben ihre nicht zu verkennenden Schwierigkeiten. Vergleichen wir Thiere derselben Species, so wissen wir schon, dass die Blutmengen nach der Ernährungsweise, Alter etc. so stark schwanken, dass dadurch die Betheiligung eines weiteren Momentes in derselben Richtung verdeckt werden könnte.

WELCKER's Versuche haben, wie es scheint, ergeben, dass die Blutmenge noch überdiess nach der Körpergrösse schwankt, sodass kleinere Thiere eine relativ grössere Blutmenge haben als grössere. Also auch dieser Gesichtspunkt macht eine Entscheidung schwierig, da es sich kaum treffen wird, dass Thiere von ganz gleichem Körpergewichte, gleichem Alter und sonstigen Lebensbedingungen der vergleichenden Untersuchung unterworfen werden können.

Trotz dieser möglichen Einwände ist nicht zu verkennen, dass unsere schon mitgetheilten Versuche Anhaltspunkte zur Lösung der gestellten Frage geben.

Wir haben oben gefunden, dass sehr fettreiche Thiere weniger Blut haben als fettärmere.

Diese Thiere waren sehr lange Zeit, 2½ Jahre, in einem Versuchsstall (Zimmer) eingesperrt, sodass ihre Bewegungsmöglichkeit während dieser Zeit eine nur geringe war. Wir wissen, dass die Muskelruhe ein Hauptmoment für den Fettansatz abgibt, wir hätten sonach in der langen Muskelruhe den Grund der Fettanhäufung und gleichzeitig den Grund für die beobachtete Verminderung der Blutmenge.

Es sprechen sonach diese Versuche dafür, dass fortgesetzte Muskelruhe, die einen Fettansatz begünstigt, die Blutmenge herabsetzt.

Durch Muskelleistung wird die Fettmenge im Organismus verringert. Die Beobachtungen von PETTENKOFER und VOIT haben für einen an Arbeit gewöhnten



menschlichen Organismus nachgewiesen, dass bei einem solchen durch gesteigerte Arbeitsleistung der Muskeln ein Mehrverbrauch von stickstofffreien Körperstoffen, von Fett eintritt. Wir dürfen danach den oben formulirten Satz wohl auch so fassen:

wie durch gesteigerte Arbeitsleistung die Fettmenge im Organismus vermindert wird, wodurch, zunächst relativ, die Eiweissmenge des Körpers zunimmt, da diese einem Mehrverbrauch durch Arbeitsleistung gar nicht oder in einem geringeren Grade unterliegt, so wird durch dieselbe Ursache auch die relative Gesamtblutmenge erhöht.

Da wir oben erwiesen haben, dass das Blut zur Muskelarbeit direct zugezogen wird, seine Menge die Arbeitsfähigkeit mit bedingt, so würde der Satz der allbekannten täglichen Erfahrung auch so gefasst werden können:

Durch regelmässige Arbeitsleistung wird bei genügender Ernährung die Arbeitsfähigkeit des Körpers gesteigert, ein Grund dafür liegt in der hier statuirten Vermehrung des Blutes, andere Gründe, die sich auf Muskeln und Nerven beziehen, wurden in den weiter vorstehenden Untersuchungen (Tetanus, Lebensbedingungen der Nerven) schon mehrfach nachgewiesen.

Wir haben noch weitere Versuche zum Beweis dieses Satzes.

Die Arbeitsleistung, die ein Hund von seinen Muskeln fordert, ist eine sehr viel bedeutendere als die, welche ein Kaninchen in derselben Zeit vollbringt. Der Hund muss sonach in Beziehung auf seinen Blutgehalt einem an regelmässige Arbeit gewöhnten, das Kaninchen mehr einem ruhenden Organismus entsprechen.

Nach diesem Gesichtspunkte gewinnen die Mittelzahlen für die Blutmengen der Hunde und Kaninchen eine neue Bedeutung.

Die Kaninchen haben im Mittel:

5,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Blut,

die Hunde dagegen nach unseren vorstehenden Bestimmungen:

6,4<sup>0</sup>/<sub>0</sub>—7,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,

nach denen von WELCKER sogar

7,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Der Unterschied der Körpergrösse zwischen Hunden und Kaninchen fällt zu Gunsten der letzteren aus, in so ferne sie als kleinere Thiere mehr Blut enthalten sollten. So ergeben denn diese Beobachtungen a fortiori, dass der in der Zeiteinheit mehr Muskelarbeit leistende Organismus des Hundes mehr Blut enthält als der mehr ruhende des Kaninchens.

Man könnte hier die Meinung aussprechen, dass vielleicht der Unterschied der Blutmenge in verschiedenen Ordnungen der Säugethiere zu gross sein könnte, als dass sich derartige Einflüsse, wie der in Frage stehende noch entscheidend geltend machen könnten.

Diese Vermuthung ist durch Nichts erwiesen. Unsere Versuche an Thieren, die beide derselben Ordnung angehören, bestätigen vielmehr den bei der Vergleichung mit Nagethieren mit Raubthieren gewonnenen Satz.

Wir können dasselbe, was wir vom Kaninchen im Verhältniss zum Hunde gesagt haben, auch von der Hauskatze im Vergleiche mit dem letzteren festhalten. Auch diese ist gewöhnlich sehr fett, ihrer geringfügigen und meist



langsamen Bewegung entsprechend. Die Blutmenge bei fetten Hauskatzen fanden wir im Mittel zu:

$$4,65\%$$

demnach noch niedriger als die Mittelzahl bei Kaninchen; die Differenz zwischen dieser procentischen Menge und der bei Hunden beobachteten ist sonach noch bedeutender als bei Kaninchen, obwohl auch hier das geringere Körpergewicht auf Seite der Katzen fällt, diese also als kleinere Thiere mehr Blut enthalten sollten als die mit ihnen verglichenen Hunde.

Uebrigens ist die Entwicklung der Muskulatur bei Katzen eine weit bedeutendere als bei Kaninchen, dem entspricht wohl auch im Allgemeinen die Möglichkeit einer stärkeren Muskelleistung auf Seite der Katzen.

Das Körpergewicht der Katzen ist von dem der schwersten Kaninchen wenig verschieden, etwas höher. Nach den Erfahrungen in Beziehung auf das Körpergewicht und seinen entscheidenden Einfluss auf die Gesamtblutmenge dürfen wir zunächst also die fetten Katzen nur mit den fetten, ziemlich gleichschweren Kaninchen vergleichen. Das mittlere Blutgewicht für diese Kaninchen ist:

$$3,3\%$$

das für die etwas schwereren Katzen dagegen wie schon angegeben:

$$4,65\%$$

so dass also auch hier eine höhere Blutmenge für Katzen sich ergibt als für die weniger stark und energisch sich bewegenden Kaninchen.

So erscheint denn danach, abgesehen von der oben bewiesenen primären Verminderung, der Satz als gesichert:

**Gewöhnung an gesteigerte Muskelarbeit**, mit der sich der Organismus in's Gleichgewicht der Ernährung zu setzen vermochte, steigert die Gesamtblutmenge, langandauernde Muskelruhe, setzt dagegen die Gesamtblutmenge herab.

Zwischen diesem Satze und dem erstgewonnenen, dass die Muskelarbeit die Blutmenge primär vermindere, besteht nur ein scheinbarer Widerspruch. Wir sehen hier dieselbe gesetzmässige Wechselwirkung der Arbeit, wie wir sie bei Muskeln und Nerven in unseren früheren Untersuchungen schon beobachtet haben. Die Organthätigkeit verbraucht zwar direct Organstoffe, aber nur das thätige Organ wird normal ernährt und nimmt in normaler Weise zu, während das unthätige Organ verkümmert. In der Thätigkeit der Organe, die einerseits von den Stoffen desselben verbraucht, liegen andererseits die Ursachen für Neuaufnahme von Nahrungsmaterial in dasselbe Organ, und damit die Ursachen seines Wachstums. Schon Band II pg. 82 ff. »Lebensbedingungen der Nerven«, hat dieses Gesetz zunächst für die Nerven- und Muskelernährung seine exacte Formulirung nach Experimenten gefunden. Das Blut unterliegt sonach demselben Naturgesetze der Ernährung wie jene Organe.



## §. 3.

**Ueber Schwankungen in den festen Bestandtheilen und dem Wassergehalt des Blutes.**

Es sollen hier zunächst noch Erwähnung finden Wasserbestimmungen im Blute zunächst von Hunden und Kaninchen. Sie wurden mit möglichster Sorgfalt ausgeführt, die Trocknung geschah bei einer constanten Temperatur von  $110^{\circ}$  C.

Eine der Blutwasserbestimmungen wurde bei dem Hunde Nr. 4 ausgeführt. Er enthielt  $7\%$  Gesamtblutmenge.

Das specifische Blutgewicht betrug . . .	1042
Das Blut hatte feste Stoffe . . . . .	45,00%
Das Blut hatte Wasser . . . . .	85,00%
	<hr/> 100,0

Bei Kaninchen Nr. 4, Reingewicht 520, Gesamtblutmenge =  $5,8\%$  hatte das Blut:

feste Stoffe . . . . .	47,03%
Wasser . . . . .	82,97%
	<hr/> 100,00

Der Unterschied in den festen Stoffen des Blutes beträgt hier sonach  $2\%$ , eine sehr bedeutende Schwankung, die für die Ernährungsfähigkeit des Blutes von grösster Bedeutung sein muss.

Es würde von Interesse sein, die Aufmerksamkeit von neuem diesen Gegenstände zuzuwenden und ihn im Zusammenhalte mit den neugewonnenen Gesichtspunkten der Ernährungslehre zu vergleichen. Die Schwankungen in dem Verhältniss der festen Stoffe zum Wasser im Blute nach den verschiedenen Körperzuständen, mögen sie nun durch Veränderung in der Ernährungsweise oder durch Veränderung des Körperstoffverbrauchs durch innere Ursachen: Tetanus, Fieber etc. hervorgerufen sein, sind sehr auffallend. Es wird dadurch eine Veränderung der Diffusionsvorgänge im Blute selbst und zwischen diesem und den Geweben mit Nothwendigkeit gesetzt werden, die von weittragendem Einfluss auf den Stoffaustausch sein muss. Wenn das Blut, das wir schon oben als einen Repräsentanten der circulirenden Ernährungsflüssigkeiten (= Blastem) angesprochen haben, mehr Wasser und weniger feste Stoffe in sich enthält, so können die Organe, denen damit in der Zeiteinheit auch weniger feste, d. h. zersetzbare Stoffe zugeführt werden, auch selbstverständlich weniger zersetzen. Daraus ist direct ersichtlich, dass, die sonstige Zusammensetzung des Blutes als gleich vorausgesetzt, bei einem wasserreicheren Blute der Stoffwechsel hinter dem bei einem wasserärmeren zurückbleiben müsse. Dasselbe wurde früher schon für die Wasserzunahme in den Organen behauptet <sup>1)</sup>.

In Bd. I (Tetanus), pg. 93 finden sich die oben schon erwähnten Versuche zusammengestellt, welche eine Wasserabnahme des Blutes mit dem

1) Tetanus Bd. I, S. 73.



Tetanus beweisen, woraus sich nach dem Gesagten die Nothwendigkeit eines bedeutenderen Stoffwechsels nach dem Tetanus als vor demselben und während seiner Dauer, in der sich diese Veränderung des Blutes erst nach und nach entwickelt, ergibt.

In der Abnahme der festen Stoffe im Blute haben wir eine zweite Art, wie physiologisch die Blutmenge vermindert wird, indem hier — ein Gleichbleiben der relativen Gesamtblutmenge vorausgesetzt — die wesentlichen Blutstoffe eine Verminderung erfahren. Alles, was über die Wirkung einer Verminderung der flüssigen Gesamtblutmenge erkannt wurde, muss sich mit geringen Ausnahmen auch ergeben, wenn nur eine Verminderung der festen Blutbestandtheile allein eingetreten ist. Umgekehrt erscheint eine Zunahme der festen Blutbestandtheile in ihren Wirkungen mit einer Vermehrung der flüssigen Gesamtblutmenge als fast vollkommen gleichbedeutend.

Hier mögen aus diesem Gesichtspunkte einige Blutwasserbestimmungen im Gesamtblute von Menschen in verschiedenen Körperzuständen ihren Platz finden. Das Blut war durch Schröpfen am Oberarm gewonnen.

Nach den Mittelzahlen von SCHERER und OTTO <sup>1)</sup> beträgt für das normale Menschenblut:

Wassergehalt . . .	79,06%	=	79
feste Stoffe . . .	20,94	=	21
	400,00		400

bei zwei fiebernden, jungen, männlichen Kranken fand ich das Blut zusammengesetzt:

I. Wasser . . .	78,99
feste Stoffe . . .	21,01
	400,00
II. Wasser . . .	77,77
feste Stoffe . . .	22,23
	400,00

Bei einem durch Typhus erschöpften Mann von 46 Jahren zeigte sich Blut bestehend aus:

III. Wasser . . .	88,93
feste Stoffe . . .	11,07
	400,00

Bei einem Weib mit Eiweiss im Harn und beginnendem Oedem an den Füßen enthielt das Blut:

IV. Wasser . . .	81,98
feste Stoffe . . .	18,02
	400,00

Besonders auffallend ist das Resultat von Versuch Nr. III. Es zeigt, wie durch gestörte Ernährung das Blut ganz in derselben Weise an festen Bestandtheilen abnimmt, wie wir das Band I, pg. 73 durch die Versuche über

1) C. LUDWIG, Physiologie II, pg. 25.



Wasserbestimmungen in den verschiedenen Geweben alter Individuen für die übrigen Hauptbestandtheile des Körpers nachgewiesen haben.

Es kann sonach durch gestörte Ernährung der relative Wassergehalt des Gesamtorganismus — seiner Organe mit dem Blute — im Verhältniss zu den festen Stoffen auf das Doppelte ansteigen, mit anderen Worten, die festen Bestandtheile aller Organe und des Blutes, von denen, wie wir sahen, die Grösse des Stoffwechsels als von einem Hauptfactor mit bedingt wird, können um die Hälfte vermindert werden. Für die Aufgabe der Ernährung in und nach erschöpfenden Krankheiten gibt diese Erfahrung dem Arzte erwünschte Gesichtspunkte.

Auch Fall Nr. IV zeigt eine Vermehrung des Blutwassergehaltes (Hydraemie) während Nr. I und Nr. II für eine primäre Zunahme der festen Blutstoffe im Fieber sprechen, was vielleicht mit der Steigerung des Stoffverbrauchs im Fieber Hand in Hand gehen könnte. Die Verminderung des Wassers im Blute fiebernder Kranken hängt zunächst wohl mit dem gesteigerten Gesamtwasserungsverlust derselben durch Perspiration zusammen.

Derartigen Schwankungen, wie wir sie hier in dem Gehalte des Blutes an festen Stoffen im Allgemeinen angetroffen haben, begegnen wir bekanntlich auch, wenn wir das

#### Hämoglobin

als einen der wesentlichsten festen Blutbestandtheile allein in's Auge fassen.

Schon oben wurde darauf hingewiesen, dass bei den Versuchen HEIDENHAIN'S über die verschiedene Färbekraft des venösen und arteriellen Blutes sich ein höherer Gehalt des venösen Blutes an Hämoglobin ergibt. Meine Versuche bestätigen diese Angabe, cfr. oben.

Ein analoger Unterschied in der Färbekraft des Blutes wurde durch die folgenden Versuche auch zwischen dem Blute geruhter und tetanisirter Thiere (Frösche) aufgefunden.

Sowohl im durchfallenden wie auffallenden Lichte erscheint das Blut tetanisirter Thiere meist etwas stärker tingirt, d. h. also reicher an Hämoglobin als das geruhter Exemplare. Zum Vergleiche wurden für die genaue Bestimmung von Farbdifferenzen geeignete gleich concentrirte Blutlösungen in Wasser hergestellt, sie zeigten die Differenz in dem angegebenen Sinne. Der Unterschied in der Färbekraft der beiden Blutarten erscheint jedoch im auffallenden Lichte viel bedeutender als im durchfallenden, in welchem die Bestimmung für quantitative Vergleichung angestellt werden. Der Grund für diese Erscheinung liegt darin, dass die Blutlösungen von Blut tetanisirter Frösche sich stets etwas getrübt zeigen, wie das Blut selbst, dadurch scheint fälschlich seine Färbekraft meist um vieles stärker als die des Blutes geruhter Thiere, dessen Lösungen diese Trübheit entweder gar nicht oder nur in geringem Grade zeigen. Versuche einer quantitativen Bestimmung dieses Farbenunterschiedes der beiden Blutarten im durchfallenden Lichte zeigten, dass die Differenzen noch nahezu in die gewöhnlichen Grenzen der Versuchsfehler bei den Farbenvergleichen fallen. Ein Zusatz von 1—2<sup>cc</sup> Wasser zu 10<sup>cc</sup> einer für die Farbenprüfung geeignet concentrirten Lösung tetanisirten Blutes machten im durchfallenden Lichte seine Farbe schon auffallend viel heller als die einer



von Anfang an gleichconcentrirten Lösung geruhten Blutes. Bei 2 unter 5 Versuchen war ein Unterschied zwischen den beiden Blutarten in Beziehung auf ihre Färbekraft nicht aufzufinden. Versuche, in denen das Blut tetanisirter Thiere weniger stark gefärbt hätte als das geruhter, kamen nicht vor.

Dadurch ist ein (geringes) Uebergewicht der Färbekraft des Blutes tetanisirter Frösche über das geruhter erwiesen. Der Unterschied ist übrigens so gering, dass er bei den Mengenbestimmungen des Blutes keine Berücksichtigung finden kann.

Ueber die Färbekraft des Blutes verschiedener Thierarten liegen mir vorerst nur 2 neue Versuche vor, eine Vergleichung zwischen Hunde- und Katzenblut.

Das Hundeblood zeigte sich darnach viel reicher an Hämoglobin als das Katzenblut.

0,4724 Gramm arterielles Katzenblut färben nach diesem Versuche gleich wie 0,3185 Gramm arterielles Hundeblood.

Setzen wir die in dem Hundeblood enthaltene Hämoglobinmenge = 100, so enthielt das zur Vergleichung benützte Katzenblut nur 67.

Eigens darauf gerichtete Versuche müssen ergeben, ob das Blut fettreicherer Thiere (Hauskatzen) stets weniger Hämoglobin enthält als das fettärmerer (Hunde), wie dieser Versuch anzudeuten scheint. A priori ist es nicht unwahrscheinlich, dass in manchen Stücken dieselben Gesetze für Hämoglobinvermehrung und Verminderung gelten werden, wie wir sie für die Vermehrung und Verminderung der Gesamtblutmenge aufstellen konnten. Durch Tetanus wird, wie wir sahen, die Blutmenge primär sehr bedeutend (um 26%) vermindert, die Hämoglobinmenge aber, wie wir sehen, nur spurweise vermehrt. Es spricht dieses Ergebniss für einen Verbrauch von Hämoglobin bei der Muskelleistung.

### Resultate.

1. **Durch die Arbeitsleistung der Muskeln wird die Gesamtblutmenge des Organismus primär vermindert. Diese Verminderung ist um so bedeutender, je stärker die Muskelleistung.**

2. **Gewöhnung an gesteigerte Muskelarbeit, mit der sich der Organismus in's Gleichgewicht der Ernährung zu setzen vermochte, steigert für die Folge (secundär) die Gesamtblutmenge. Lange andauernde Muskelruhe setzt dagegen die Gesamtblutmenge herab.**

3. Die Blutmenge kann auch physiologisch vermehrt und vermindert werden durch Vermehrung und Verminderung der eigentlich wirksamen Blutbestandtheile — der festen Blutstoffe, vor Allem des Hämoglobins.

Langandauernde Ernährungsstörungen vermindern die festen Blutstoffe um die Hälfte. Fieber scheint, wie es auch vom Tetanus bewiesen ist, die festen Stoffe des Blutes primär zu vermehren.

Der Tetanus vermehrt den relativen Hämoglobingehalt des Blutes in geringerem Masse als er die Blutmenge vermindert, er verbraucht also Hämoglobin.



## Capitel III.

### Vertheilung des Blutes in den Organen geruhter Thiere.

#### §. 1.

##### Methoden.

Die Bestimmung der Blutvertheilung in den einzelnen Organen lebender Thiere bleibt eines der hervorragenden Desiderien der Physiologie des Blutes, nachdem einmal die Gesammtblutmengenbestimmungen erledigt sind.

In dem Blute kennen wir den Hauptfactor aller Ernährung und Stoffumwandlung im thierischen Organismus. Die Untersuchungen der vorausgehenden Kapitel haben uns seine Wirksamkeit in einigen bisher noch nicht experimentell festgestellten Beziehungen erkennen lassen. Vor Allem sahen wir das Blut sich direct mit seiner Masse an der Thätigkeit der Organe, speciell der Muskeln, betheiligen. Schon aus der gesteigerten Fähigkeit der Arbeitsleistung der Muskeln durch eine Vermehrung ihres Blutgehaltes hatten wir diesen Schluss ziehen müssen, ebenso aus den bestimmten Veränderungen der Blutzusammensetzung durch eine anhaltende Muskelaction. Die Beobachtungen des vorstehenden Capitels zeigen uns nun aber direct, dass ein Theil der Gesammtblutmenge durch die Arbeit einzelner Organe des Körpers verbraucht wird.

Wir haben sonach in dem Sauerstoff-tragenden Hämoglobin die Ursache der Stoffzersetzung, in den festen Blutbestandtheilen überhaupt ein Ersatzmaterial, Reserve für den Verbrauch der Organe bei ihrer Thätigkeit, das überall, wo sein Zutritt nicht künstlich verhindert ist, direct mit an der Organaction durch Materiallieferung sich betheiligt. Das Experiment ergab, dass, je stärker die Organthätigkeit, desto stärker auch der Blutverbrauch sei, wie es nach den Ernährungsgesetzen von BISCHOFF und VOIR vorausszusehen war.

Wir sahen weiter, dass die Gesammtblutmenge mit dem Stoffverbrauch des thierischen Gesamtkörpers in directem Verhältnisse stehe. Je mehr Blut, desto bedeutender der Stoffverbrauch, der Stoffwechsel.

Was sich für die Gesamtheit aller Organe ergibt, dürfen wir schon vor der experimentellen Entscheidung auch als Gesetz für jedes einzelne Organ vermuthen. Wenn mit der im Allgemeinen gesteigerten Blutmenge sich der allgemeine Stoffverbrauch des Organismus steigert, was ist gerechtfertigter als anzunehmen, dass auch in jedem Einzelorgan durch vermehrte Blutmenge eine Steigerung seines Stoffwechsels eintrete? Schon von vornherein hat diese Annahme ein Recht auf fast absolute Glaubwürdigkeit. Es wird uns in der Folge



gelingen, noch weitere exacte Beweise dafür beizubringen, als sie schon in der Einleitung erwähnt wurden. Schon jetzt beweisen uns die mehrerwähnten Versuche am Muskel, dass mit der gesteigerten Blutmenge die Fähigkeit eintrete zu einem Stoffmehrverbrauch, auf dem die grössere Arbeitsleistung eines blutreichen Muskels beruht.

Die Blutvertheilung in den einzelnen Organen, die nicht nur Leitungsorgane des Blutes sind, gewinnt dadurch ihre eigentliche Bedeutung. Der Bluthothum eines Organs ist uns ein directes Maass für die Grösse des in ihm stattfindenden Stoffwechsels. Wir wollen uns bei den folgenden Betrachtungen dieses Maasses bedienen, ehe wir ein neues, aus der Thätigkeit der Organe selbst entlehnt, erhalten werden.

Der Gedanke, dass aus dem Reichthum der Blutgefässe, namentlich der capillaren auf die Energie der Stoffwechselvorgänge in denselben geschlossen werden dürfe, ist alteingebürgert. Stillschweigend oder ausdrücklich bezog man sich hierbei auf die oben formulirte Voraussetzung, dass die Blutmenge mit dem Stoffwechsel in einem directen Verhältnisse stehe, dass mit der ersteren eben auch der letztere gesteigert werde.

In dem Reichthum an Capillargefässen zeigen nun die thierischen Gewebe einen bedeutenden Unterschied.

Den grössten Reichthum zeigen die Drüsengewebe, vor Allem zeichnen sich das Lebergewebe und die Lungen dadurch aus. Weit ärmer erscheinen die Muskeln, Sehnen und Nervenstämme und weisse Nervensubstanz an Capillargefässen, während dagegen die graue Nervenmasse einen bedeutenden Reichthum an solchen erkennen lässt, woraus man sich gewöhnt hat, an eine grössere Stärke der Stoffwechselvorgänge in diesem Centralorgane der Nerveneinwirkung zu glauben. Das Zwischenbindegewebe tritt zwar als Träger der grösseren Blutgefässe auf, es besitzt aber selbst keinen dem des Drüsengewebes vergleichbaren Reichthum an Capillaren. Dasselbe ist mit der compacten Knochenmasse und mit der äusseren Körperhaut der Fall.

Die mikroskopische Beobachtung würde uns schon erlauben, eine Scala über den Bluthothum der Organe und damit über die vermuthliche Energie des in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsels aufzustellen. In dieser Scala würde wohl die Leber neben der Lunge die erste Stelle einnehmen, dann die übrigen Drüsen, graue Nervenmasse, Muskeln, weisse Nervensubstanz und Nervenstämme, Bindegewebe mit Sehnen, Häuten und Knochen und der äusseren Körperhaut, Hornhaut und Knorpel, dann Glaskörper und Linse machten den Schluss.

Wenn wir Knochen, Muskeln, Nervensubstanz und Haut unter der Bezeichnung: Bewegungsapparat zusammenfassen, so lassen vielleicht schon diese Ergebnisse der mikroskopischen Analyse vermuthen, dass sich in der noch restingen Organgruppe, die wir als Drüsenapparat und Blutleitungsapparat bezeichnen können, obwohl sie an absolutem Gewicht der ersteren nachsteht, ein bedeutender Theil der Gesamtblutmenge finden werde.

Da es darauf ankam, die Blutmengen selbst zu bestimmen, die in dem Organe in der Zeiteinheit vorhanden sind, so konnte vorerst nur die WELCKER'sche Blutbestimmungsmethode hier in Anwendung gezogen werden. Bei Fröschen



bietet die Blutbestimmung in dem Bewegungsapparate sehr geringe Schwierigkeiten dar. Mit einem feinen, aber genügend starken Faden wird der Oberschenkel umschlungen und, ohne dass dem Thiere sonst ein weiterer Zwang angethan würde, plötzlich zugezogen. Die Muskeln lassen sich bekanntlich leicht dadurch zertrennen, und es ist nicht ersichtlich, wie hierbei ein Verlust von Blut in dem abgebundenen Organe eintreten könnte. Nur insofern existirt eine Fehlerquelle, als man sich hüten muss, noch grössere Stücke der Extremität über dem Unterbindungsfaden mit zu den auf ihren Blutgehalt zu prüfenden Organen hinzuzubekommen. Durch die Unterbindung sind die oberhalb des Unterbindungsfadens liegenden Gewebspartien in ihrem normalen Blutgehalt bedeutend vermindert. Offenbar wird durch die angewendete Pressung das Blut der oberhalb liegenden Organe dem Stamme zu gedrückt, wie das unterhalb befindliche Blut nach abwärts gepresst wird. Vor der Unterbindung wurden stets noch einige leichte passive Bewegungen mit den Gliedern gemacht, auch wenn auf einen relativen Ruhezustand geprüft werden sollte.

Die Unterbindung der Lebergefässe und das Ausschneiden dieses Organes ohne Blutverlust gelingt nach einiger Uebung ebenfalls leicht. Das Thier muss natürlich bei dieser Operation ohne Druck auf seine Extremitäten befestigt sein, welches am besten durch einige in der Haut befestigte Stiften geschieht.

Schwieriger als an Fröschen sind die zu diesen Blutbestimmungen nöthigen Operationen an Säugethieren. Hier ist eine sehr sorgfältige und geschickte Assistenz unumgänglich nöthig. Ich benütze hier die Gelegenheit, das Verdienst des Herrn Dr. L. PUILLE anzuerkennen, dem ich das Gelingen der folgenden Versuche wesentlich mit zu danken habe. Bei der Bestimmung der Blutmengen in den hinteren Extremitäten von Kaninchen, Hunden und Katzen mussten, nachdem die Ligatur lose um die Gefässe gelegt war, die Hinterbeine losgebunden und bei möglichst geringem Druck mehrmals passiv bewegt werden, um die durch das Aufbinden gestörte Circulation wieder in Gang zu setzen. Nun wurde doppelt unterbunden und sofort mit einem Schlag des schweren Hammers auf das grosse Hackmesser die unteren Extremitäten abgetrennt. Der Assistent erhob in demselben Augenblicke diese letzteren mit der Wunde nach aufwärts und mit raschen Scheerenschnitten wurde die Eingeweide- und Hautverbindung noch durchtrennt. Um die stärkere Füllung der Eingeweide mit Blut zu verhüten, wurden sie nicht, resp. möglichst wenig entblösst. So gelingt es sicher, wenn nur die Unterbindungen gelungen sind, die gesammte in den unteren Extremitäten enthaltene Blutmenge zusammenzuhalten. Anfänglich liess ich die nach der Unterbindung getödteten Thiere gefrieren, stand aber nachher aus verschiedenen Gründen davon ab, besonders aber, weil ich einen grösseren Verlust an Blut aus den unteren Bewegungsorganen durch Anastomosen in dem Rückgratskanal zu beobachten glaubte. Dieser etwaigen Ausgleichung wegen wurde eben das Abtrennen momentan nach der Unterbindung in der oben geschilderten Weise vorgenommen und jene ersten Versuche cassirt.

Noch mehr Sorgfalt und geschickte Unterstützung erfordern die Abbindungen der Lebergefässe bei Kaninchen. Wir gewöhnten uns auf ein gegebenes



Commando gleichzeitig zuzuschnüren. Ueber die weiteren Organe ist Nichts zu sagen.

Selbstverständlich wurden die Thiere nicht anästhesirt oder narkotisirt, und von vornherein nur solche Versuche als brauchbar betrachtet, in denen die Operationen ohne allen Blutverlust gelungen waren. Bei der Untersuchung der Leber waren dazu noch einige Hilfsunterbindungen in der Muskulatur nöthig, die übrigens mit einiger Aufmerksamkeit auf das Sicherste gelingen.

Der Grund, warum diese selbstverständlichen Operationsmomente angegeben werden, ist einzig der, zu zeigen, dass kein möglicherweise zu berücksichtigender Versuchsfehler unbeachtet blieb. Die Versuche machen Anspruch auf die grösste Genauigkeit, mit der sie wohl überhaupt ausgeführt werden können <sup>1)</sup>.

Was über die Ausführung der WELCKER'schen Methode im Capitel II gesagt wurde, bedarf hier keiner Wiederholung.

Wir schreiten sogleich zur Darstellung der Versuche selbst.

## §. 2.

### Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungsapparate geruhter lebender Froschmännchen.

Um den Blutgehalt im gesammten Bewegungsapparate am lebenden Thiere zu bestimmen, wurde ein Theil desselben direct abgebunden und der Blutgehalt desselben gemessen.

Der übrige Bewegungsapparat wurde gewogen und nach dem Verhältniss des Blutgehaltes, der in dem abgebundenen Theile desselben direct bestimmt war, sein Blutgehalt gerechnet. Diese Blutmenge abgezogen von der Gesamtblutmenge ergab den Blutgehalt des Drüsenapparates mit dem des Blutleitungsapparates.

In folgender Tabelle VII sind einige Versuche an Fröschen zusammengestellt, welche die Blutmenge im Bewegungsapparat relativ geruhter Thiere zusammenfasst. Um dem Einzelversuch nicht zu viel Platz einräumen zu müssen, sind sowohl die absoluten als die relativen beobachteten Gewichtsverhältnisse eingetragen. Die Versuche dienen zugleich als Controlbestimmungen, indem sie die Differenzen zeigen, die zwischen dem Blutgehalte ruhender Extremitäten vorkommen können. Da der Blutgehalt unter dem Einfluss des Tetanus später bestimmt werden soll, ist diese experimentelle Betrachtung unerlässlich. Der erstabgeschnittene Schenkel wurde mit *a*, der zweite mit *b* bezeichnet.

1) Dr. GSCHIEDLEN's schon mehrfach erwähnte Versuche über denselben Gegenstand werden unten mit berücksichtigt werden.



Tabelle VII.

## Ueber den Blutgehalt des Bewegungsapparates geruhter Frösche (Männchen).

Versuchs- Nummer.	Körperge- wicht in Grammen.	Bewegungs- apparat in Grammen.	Blutgewicht in Grammen. Procenten des Körper- gewichts.	Inspektions- Ergebniss des Blutes.	Blutmenge des erstabge- schnittenen Schenkel- = a in Grammen, in Grammen.	zweitabge- schnittenen Schenkel- = b in Grammen, in Grammen.	b differirt von a um Grammen. Procente.	Der Bewegungsapparat enthält Blut in Grammen. Procenten d. Procenten Gesamt- blutmenge. des Organge- wichts.			
1.	—	—	—	Beide Blutlösungen = 50cc sind fast gleich colorirt, b etwas stärker. 40cc a = 46cc b <sup>1)</sup>	0,1338	0,1561	+ 0,0213	+ 160/0	—	1,820/0	
2.	—	—	—	40cc a = 43cc b	0,1048	0,1130	+ 0,0082	+ 70/0	—	1,630/0	
3.	—	—	—	40cc b = 48cc a	0,1513	0,1261	- 0,0252	- 200/0	—	1,730/0	
4.	49,5	44,2	2,4332	40cc b = 45cc a	0,1777	0,1565	- 0,0212	- 130/0	0,8224	33,30/0	
5.	33,7	30,2	4,6786	40cc a = 46,7cc b	0,1032	0,1205	+ 0,0173	+ 160/0	0,5617	33,40/0	
6.	42,3	37,8	2,0000	40cc b = 56cc a	0,1040	0,0984	- 0,0056	- 50/0	0,4990	25,00/0	
Im Mittel:	42,5	37,4	2,0373	Das Versuchser- gebniss zeigt kei- nerlei Constanz, einmal enthält a mehr Blut, ein andermal b.	0,1295	0,1284	a - b = 0,0011	a - b = - 10/0	0,6276	30,80/0	1,7090/0

1) Zu 40cc b müssen noch 6cc Wasser gesetzt werden, um es auf die Concentration von a zu bringen; in analoger Weise sind die folgenden Angaben zu verstehen. Die rechts stehende Blutlösung ist immer die concentrirtere.



Die fein zerhackten Schenkel wurden — die Haut ihrer stark sauern Reaction wegen stets gesondert — mit je 50<sup>cc</sup> Wasser angegossen, um die Concentration der Blutlösungen vergleichen zu können. Nachdem die Mischungen gleichlang gestanden, wurden sie auf ihre Differenzen in der Concentration geprüft. Die Rubrik: Inspections-Ergebniss des Blutes stellt die hierbei für die Verwerthung der Versuche als Controle für Versuche bei Tetanus wichtigen Ergebnisse zusammen. Die Concentrationen waren niemals absolut gleich, obwohl stets sehr ähnlich. Es müssen zur einen oder anderen der Blutmischungen noch einige Cubikcentimeter Wasser gegeben werden, um sie auf die Verdünnung der anderen zu bringen. Die physiologischen Schwankungen im Blutgehalte der Muskelsubstanz, auf die ja die Blutmenge des Bewegungsapparates sich vor Allem bezieht, ist, wie die quantitativen Vergleiche ergeben, auch während der relativen Muskelruhe nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen. Sie betragen im Maximo bis 20%, man vergleiche Nr. 3 und Nr. 5 der Tabelle. Aber gerade diese beiden Versuche zeigen auch, dass diese Differenzen wenigstens von der Zeit des Abschneidens des Schenkels unbeeinflusst sind. In den folgenden Versuchen mit Tetanus musste der Natur der Sache nach der zum Vergleich dienende, relativ geruhte Schenkel früher vom Gesamtkörper getrennt werden, als der tetanisirte. Es wäre a priori nicht als unmöglich zu bezeichnen gewesen, dass die Zeit des Abschneidens eine constante Differenz im Blutgehalte bedinge. Würde eine solche Differenz mit der, die der Tetanus setzt, in der Richtung und Grösse zusammenfallen, so wären dadurch wohl vergleichende Bestimmungen, wie wir sie beabsichtigen, unmöglich gemacht. Die Resultate zeigen nun, dass eine Constanz der Versuche in der Richtung der Zeit des Abschneidens nicht existirt. Die verschieden gerichteten Differenzen gleichen sich gegenseitig fast vollkommen aus, sodass zuletzt nur noch eine Differenz von 1% übrig bleibt, die auf Rechnung des erstabgeschnittenen Schenkels fällt. Da die bei Tetanus beobachteten Differenzen weit grössere sind, als die hier zur Geltung kommenden, da sie stets nach einer und derselben Seite eintreten, so dürfen wir ohne weiteres Bedenken annehmen, dass die hier mitgetheilten Controlversuche die Beweiskraft der folgenden vollkommen erhärten.

Ausser diesem die Sicherheit der angewendeten Methode ergebenden Versuchsergebnisse ertheilen uns die vorstehend mitgetheilten Beobachtungen auch noch eine Reihe von Aufschlüssen, die mit der Gesamtfrage in directer Beziehung stehen.

Die hier zunächst der Vergleichung zu Gebote stehenden Versuche ergeben als Durchschnittsresultat die Blutmenge der Gesamtfrosche zu:

$$4,85\%$$

aus den früher mitgetheilten Versuchen wissen wir, dass dieselben steigen können bis auf: 9,0% und dass unsere Gesamtmittelzahl aus allen an geruhten Fröschen angestellten Blutbestimmungen den Werth: 6,52% ergeben hat.

Aeusserst auffallend sind im Vergleiche damit die Werthe, welche wir hier für die Blutmengen im Bewegungsapparat der Frösche verzeichnet finden.

In der vorstehenden Tabelle schwankt der procentische Blutgehalt des Bewegungsapparates zwischen:



1,89<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und 1,32<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Im Mittel beträgt er

**1,709<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.**

Aus den obigen Zusammenstellungen ergibt sich weiter, dass der Bewegungsapparat: 89,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des Gesamtkörpergewichts für sich in Anspruch nimmt, sodaß für den Drüsenapparat nur 10,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> verbleiben.

Was für ungemein grosse Differenzen in dem relativen Blutgehalte der Organe lassen diese Beobachtungen erkennen!

Nach der angeführten Berechnungsweise finden wir, dass von dem Gesamtblutgehalte der Frösche nur: 30,8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> im Bewegungsapparat enthalten sind, für den Drüsen- und Blutleitungsapparat bleiben daher noch: **69,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>** der Blutmenge.

Diese Mittelzahlen behalten auch ihre Geltung bei Betrachtung einer noch weit grösseren Anzahl von Versuchen, die in der Folge noch weiter besprochen werden sollen. Aus denselben berechnet sich das Mittel des Blutgehaltes im Bewegungsapparate geruhter Thiere auf: 1,707<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, was von dem Mittelwerthe unserer Tabelle nur um 0,002<sup>0</sup>/<sub>0</sub> = 0 sich unterscheidet.

Vorläufig stehen diese weiteren Werthe in folgender kleinen Hülftabelle, welche nur den procentischen Blutgehalt des Bewegungsapparates geruhter Thiere enthält, der uns hier vor Allem interessirt.

#### Hülftabelle zu Tabelle VII.

#### 10 weitere Versuche über den Blutgehalt des Bewegungsapparates geruhter Froschmännchen.

Versuchs-Nummer.	Blutgehalt in Procenten des Gewichts des Bewegungsapparates.
1.	1,725 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
2.	2,043 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
3.	1,744 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
4.	1,743 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
5.	2,479 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
6.	1,726 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
7.	1,422 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
8.	1,709 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
9.	1,058 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
10.	1,667 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
<b>Im Mittel:</b>	<b>1,707<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>

Es ist einleuchtend, dass dieses Ergebniss des Versuchs uns einen Einblick in unerwartete Verhältnisse des Organstoffwechsels gewährt.

Man glaubte bisher meist annehmen zu dürfen, dass der Bewegungsapparat des thierischen Körpers, dessen Hauptmasse die Muskeln ausmachen <sup>1)</sup>, sich

1) Die näheren Verhältnisse siehe in den folgenden Capiteln.



dem Organgewichte entsprechend an dem Stoffwechsel betheilige. Wenn man auch nicht volle 89,3% des Stoffwechsels auf die Muskulatur (Bewegungsapparat) rechnen zu können meinte, so schien doch immerhin weitaus der grösste Theil des Stoffumsatzes in der den grössten Theil des Körpers ausmachenden Muskulatur stattzufinden<sup>1)</sup>. Das Ergebniss der Blutbestimmung lehrt uns, dass diese scheinbar so gerechtfertigte Vermuthung sich nicht bestätigen werde. Nehmen wir das Blut, welches in den Organen in der Zeiteinheit enthalten ist, als Maass des in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsels an, so können wir nach den hier mitgetheilten Zahlenwerthen für den Blutgehalt, dem Bewegungsapparat, vorläufig nur eine Betheiligung von

$$30,8\%$$

an dem Gesamtstoffwechsel zugestehen, da der Blutgehalt des Bewegungsapparates nur 30,8% der gesammten Blutmasse des Froschkörpers beträgt. Der Drüsenapparat würde danach mit einer Grösse von

$$69,2\%$$

an dem Gesamtstoffwechsel Antheil nehmen.

Dieses Verhältniss gestaltet sich für den Bewegungsapparat noch ungünstiger, wenn wir nicht die aus den drei in Tabelle VII direct zum Vergleiche angestellten Versuchen berechnete Mittelzahl für den Gesamtblutgehalt der Frösche in Rechnung ziehen, sondern, den weiteren Blutbestimmungen im geruhten Bewegungsapparat entsprechend, die oben angeführte höhere Gesamtmittelzahl aller Blutbestimmungen an geruhten Froschmännchen.

Doch leuchtet ein, dass wir bei einer derartigen Rechnung von dem Blutgehalte der Organe auf den Stoffwechsel noch eine, wie sich ergeben wird, sehr bedeutende Correctur anzubringen haben. Von den 69,2% Blut in den nicht zum Bewegungsapparat zu rechnenden Körperorganen befindet sich ein noch unbestimmter Antheil, nach unseren späteren Beobachtungen wohl mehr als die Hälfte, in den grossen, der Circulation dienenden Gefässen und im Herzen, in denen der Stoffwechsel doch offenbar nicht mit gleicher Stärke stattfindet wie bei dem Wechselverkehr des Blutes mit den Organen in dem Capillarkreislaufe. Diese nicht unbeträchtliche Blutmenge wird zum grössten Theil von der gesammten Körperblutmenge abgerechnet werden müssen, um eine Vergleichung der Organthätigkeiten je nach ihrem Blutgehalte zu ermöglichen in dem Sinne, den wir diesen Versuchen beilegen. In den folgenden Resultaten finden wir dazu das nöthige Versuchsmaterial.

Vorläufig weisen wir nochmals darauf hin, dass der Drüsen- und Blutleitungsapparat des Frosches 10,7% des Gesamtkörpergewichtes ausmacht. Da in ihm 69,2% der gesammten Blutmenge enthalten sind, so beträgt sein auf sein Organgewicht berechneter procentischer Blutgehalt

$$27,4\%$$

während, wie mehrmals erwähnt, der Bewegungsapparat nur 4,707%, resp. 4,709% im Mittel enthält. Sehen wir von der als nothwendig sich ergebenden Correction dieser Zahlenwerthe ab, so lässt sich aussprechen, dass sich die

<sup>1)</sup> z. B. A. Fick, med. Physik. S. 209. II. Auflage. 1866.



relative Stärke des Stoffwechsels in dem Bewegungsapparate zu dem in dem Drüsen- und Blutleitungsapparate verhalte wie 1,707 : 27,4, d. h. wie

1 : 16.

In einem bestimmten Gewichte Muskelsubstanz wäre danach der Stoffwechsel 16 Mal geringer als in dem gleichen Gewichte von Drüsen- und Blutleitungs-substanz.

Es wird sich ergeben, dass diese enorm scheinenden Unterschiede wirklich in kaum geringerer Höhe, als sie hier ohne Correctur sich stellen, zur Wirksamkeit kommen.

In dem folgenden Paragraphen werden die analogen Versuchsergebnisse für Warmblüter zusammengestellt.

### §. 3.

## Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungsapparate lebender geruhter Säugethiere.

### I.

#### Versuche an Kaninchen.

In dem vorstehenden Paragraphen wurden zuerst die Versuche an Fröschen beschrieben, da bei denselben gegen die Versuchsmethode keine begründeten Einwendungen gemacht werden können. Hier folgen die Versuche an Säugethieren, welche, in der oben angeführten Weise mit der grössten Sorgfalt ausgeführt, allen Anspruch auf grösstmögliche Genauigkeit ihrer Resultate machen. An lebenden Kaninchen wurden 6 derartige Beobachtungen gemacht (s. folg. Seite).

Die auffallenden Unterschiede zwischen dem procentischen Blutgehalte des Bewegungsapparates und des Drüsen- und Blutleitungsapparates, denen wir bei den Fröschen begegneten, finden wir in analoger Weise auch bei den Kaninchen wieder, bei den ersten Repräsentanten der Säugethiere, die wir betrachten.

Es berechnet sich aus den Versuchen ein mittlerer Blutgehalt für den

Bewegungsapparat der Frösche . . . 1,70/0,

» » Kaninchen . . . 2,70/0,

während der Drüsen- und Blutleitungsapparat dagegen an Blut enthält

bei Fröschen . . . 27,40/0,

» Kaninchen . . . 48,00/0.

Im Allgemeinen ist der Blutgehalt der Säugethierbewegungsapparate, also namentlich der Muskeln, ein höherer als bei Kaltblütern, der Stoffwechsel in ihnen also dem entsprechend ein stärkerer, was wir aus anderen, allgemeinen Beobachtungen längst haben schliessen dürfen. Den procentischen Blutgehalt der zweiten Organgruppe können wir vor der Anbringung der Correction für den Blutleitungsapparat keiner ausreichenden Analyse unterwerfen. Erst wenn der Blutgehalt der einzelnen Drüsen bekannt sein wird, können wir darüber Aufschluss erwarten, ob der Drüsenstoffwechsel bei Säugethieren sich dem höheren Muskelstoffwechsel analog auch höher zeigt als bei Fröschen.



Tabelle VIII.

## Ueber den Blutgehalt des Bewegungsapparates und der Eingeweide lebender geruhter Kaninchen.

Versuchs- Nummer.	Beobach- tungsthier.	Körper- reinge- wicht in Grammen.	Eingeweide in Gram- men.	Procenten des Körper- gewichts.	Bewegungs- apparat in Procenten des Körper- gewichts.	Gesamtblut- menge in Procenten des Körper- gewichts.	Blutmenge in den Ein- geweiden in Procenten d. Gesamt- blutmenge.	Procenten des Organ- gewichts.	Blutmenge im Bewe- gungsapparat in Procenten d. Gesamt- blutmenge.	Procenten des Organ- gewichts.				
1.	Kaninchen (geruht)	1244	479	44,40/0	1065	85,60/0	55,03	4,40/0	39,21	71,290/0	24,90/0	45,82	28,710/0	4,50/0
2.	"	1304	497	45,40/0	1170	84,90/0	72,72	5,60/0	44,09	60,630/0	22,90/0	28,63	39,370/0	2,20/0
3.	"	221	54,6	24,60/0	166,9	75,40/0	48,07	8,20/0	40,31	57,130/0	48,90/0	7,76	42,870/0	4,70/0
4.	"	1023	487	48,20/0	836	81,80/0	39,39	3,70/0	28,57	62,100/0	45,30/0	40,81	37,900/0	4,30/0
5.	"	418	415	27,50/0	303	72,50/0	25,46	6,40/0	47,24	67,800/0	45,00/0	8,22	32,200/0	2,70/0
6.	"	238	85	29,50/0	203	70,50/0	49,73	6,90/0	42,03	61,000/0	44,40/0	7,70	39,000/0	3,80/0
Im Mittel:		21,50/0		78,50/0		5,80/0		63,40/0		18,00/0		36,60/0		2,70/0
Grenzwerth I (Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate):		57,130/0		48,90/0		42,870/0		4,70/0		4,50/0				
Grenzwerth II (Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate):		71,290/0		24,90/0		28,710/0								



Die procentische Vertheilung des Gesamtblutes auf die einzelnen Organgruppen ist bei Fröschen und Kaninchen auffallend ähnlich. Es beträgt in Procenten der Gesamtblutmenge

die Blutmenge des Bewegungsapparates bei Fröschen . . . 30,60/0,

die Blutmenge des Drüsen- und Blutleitungsapparates bei  
Fröschen . . . . . 69,40/0,

dagegen finden wir hier

die Blutmenge des Bewegungsapparates bei Kaninchen . . . 36,60/0,

die Blutmenge des Drüsen- und Blutleitungsapparates bei  
Kaninchen . . . . . 63,40/0.

Die Uebereinstimmung der Resultate ist eine so auffallende, dass sie sich gegenseitig zur Controle dienen. Die beiden Versuchsmethoden verdienen sonach, wie es scheint, gleiches Vertrauen.

Nach Berücksichtigung des Gemeinsamen in den Resultaten müssen wir unsere Aufmerksamkeit noch den Differenzen derselben zuwenden im Zusammenhalt mit den bisherigen Versuchsergebnissen.

Aus Tabelle II und ihrer Hülftabelle ergibt sich, dass kleinere, jüngere Thiere derselben Thierspecies relativ mehr Blut enthalten als ältere, ausgewachsene, besonders als fette Exemplare. Wir bezogen diesen höheren Blutreichthum dort auf eine grössere Energie des Gesamtstoffwechsels bei diesen Thieren, welchen nach Tabelle I auch ein grosser Stoffverbrauch entspricht. Jetzt sehen wir ganz analoge Differenzen des Blutreichthums wie dort bei Betrachtung des Gesamtorganismus so auch hier bei Betrachtung einzelner Organgruppen auftreten.

Mit dem steigenden Körpergewicht sehen wir eine Abnahme der procentischen Blutmenge im Bewegungsapparat, auf das Gewicht des letzteren bezogen, eintreten.

Bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht über 1000 Gramm

enthält der Bewegungsapparat Blut (Nr. 1, 2, 4) . . . . . 4,670/0.

Bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht unter 500 Gramm

dagegen (Nr. 3, 5, 6) . . . . . 3,730/0.

Bei jüngeren, kleineren, mageren Thieren sehen wir danach im Mittel den Blutgehalt der Muskelsubstanz resp. des Bewegungsapparates um mehr als das Doppelte höher als bei älteren, grösseren, fetteren. Der Bewegungsapparat betheiligt sich sonach bei ersteren um mehr als die Hälfte intensiver an dem Gesamtstoffwechsel als bei den erwachsenen Thieren der zweiten Gruppe.

Aus den beobachteten Verhältnissen des Blutgehaltes des Drüsen- und Blutleitungsapparates scheint sich nach den vorstehend mitgetheilten Zahlen ziemlich das Gegentheil zu ergeben. Stellen wir die Mittelzahlen wie oben zusammen, so haben wir:

bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht über 1000 Gramm

enthält der Drüsen- und Blutleitungsapparat Blut (Nr. 1, 2, 4) 20,00/0,

bei Kaninchen mit einem Körperreingewicht unter 500 Gramm

dagegen (Nr. 3, 5, 6) . . . . . 16,40/0.



Lassen wir dieses letztere Ergebniss zuerst im Weiteren unerörtert, so ergibt sich jetzt doch mit aller Sicherheit schon aus ihm und den Beobachtungen am Bewegungsapparat:

Bei jüngeren, kleineren, fettärmeren Thieren ist der Stoffwechsel, wie oben erwiesen, Hand in Hand gehend mit der Gesamtblutmenge gesteigert. Diese Steigerung bezieht sich zum Theil auf die Organe des Bewegungsapparates, in denen die Blutmenge und damit der Stoffwechsel bei gleichem Gewicht sich mehr als doppelt so gross zeigen als bei Thieren mit der entgegengesetzten Körperconstitution.

Zum Theil mag dieses Verhältniss mit den Phänomenen des Wachstums des Bewegungsapparates zusammenhängen, zum anderen Theil begegnen wir vielleicht hier wie oben einer Einwirkung der Fettanhäufung im Bewegungsapparat, die die Blutmenge relativ wie absolut herabsetzt.

In Beziehung auf die Vertheilung der Gesamtblutmenge lassen sich keine den eben besprochenen Unterschieden ähnliche Differenzen erkennen. Alle Organe enthalten sonach absolut mehr Blut bei den kleineren Thieren.

Wir werden später sehen, dass andere Gründe dafür sprechen, dass auch der Drüsenstoffwechsel bei den jüngeren, kleineren und fettärmeren Individuen grösser ist.

Als allgemeines Resultat heben wir schliesslich noch einmal hervor, dass auch bei Kaninchen von der Gesamtblutmenge kaum mehr als  $\frac{1}{3}$  in dem Bewegungsapparate enthalten ist, während auch hier der Bewegungsapparat weitaus die Hauptmasse des Körpers ausmacht, im Mittel 78,50%. Der grösste Antheil des Stoffwechsels fällt sonach nicht auf den Bewegungsapparat, resp. nicht auf die Muskeln, die die Hauptmasse desselben ausmachen.

R. GSCHIEDLEN hat vor uns 5 Versuche über die Blutvertheilung in lebenden Kaninchen angestellt.

Er suchte den Blutgehalt sämtlicher Organe und Gefässe in der Brust und in der Bauchhöhle zusammen zu bestimmen. Er verfuhr dabei folgendermassen<sup>1)</sup>

»Ich öffnete einem Kaninchen, dessen Gewicht vorher bestimmt war, die Bauchdecke und unterband die arteriellen und venösen Gefässe dicht unter ihrem Austritt am Zwerchfell in Bausch und Bogen, dann unterband ich die untere Hohlvene und die absteigende Aorta an ihrer Verzweigung in die Art. und Venae iliacae. Hierauf tödtete ich das Thier durch einen kleinen Stich beiderseits in das Zwerchfell, breitete dessen Därme auf einer Glasplatte aus und brachte das Thier in einen wasserdicht schliessenden Zinkkessel, welcher in eine künstliche Kältemischung, aus Kochsalz und Eis erzeugt, gesetzt wurde. Nach einiger Zeit, 4—5 Stunden gewöhnlich, war das Thier in allen seinen Theilen gefroren etc. etc.«

Die Aufgabe, welche sich R. GSCHIEDLEN gestellt hatte, ist offenbar weit schwieriger zu lösen als unsere, in welcher nur eine einzige grössere Unter-

1) Würzburger physiologische Untersuchungen III. Heft. S. 455.



bindung nöthig war. Er sagt selbst über die Fehlerquellen seiner Beobachtungen:

»Es ist z. B. nicht gleichgültig, ob die Arterien und Venen zuerst unterhalb des Foramen quadrilaterum unterbunden werden oder dieselben vor ihrer Verzweigung in die Beckengefäße. Die Werthe, die man bekommt, sind auch wesentlich abhängig von dem Erregungszustande, in dem sich das Thier befindet. Ein wesentlicher Factor ist ferner die Schnelligkeit, mit der operirt wird. Es können daher obige Resultate keinen Anspruch machen auf Anschaulichkeit der Blutvertheilung im normalen Zustande, sondern sie sind nur als Vorstudien zu betrachten zu einer exacten Bestimmung der Blutvertheilung im Thierkörper. Jedenfalls aber geht dies aus den Versuchen hervor, dass die Mengenverhältnisse des Bluts in der Brust und Bauchhöhle sehr variirend sein können. Dieser Satz, schon längst bekannt, wird hier durch Zahlen bewiesen.«

Auf den Zustand der Muskelruhe und Muskelthätigkeit und die dadurch für den Blutgehalt der Organe sich ergebenden Unterschiede wurde dabei nicht geachtet.

Trotz all dieser von GSCHIEDLEN theilweise selbst aufgeworfenen Bedenken stimmen seine Resultate, obwohl in ihnen das Reingewicht und die Gesamtblutmenge nicht direct bestimmt, sondern nur nach Mittelwerthen berechnet wurden, doch ziemlich gut mit den vorstehend mitgetheilten und den im Capitel IV folgenden überein. Wir müssen aus der oben angeführten Bemerkung GSCHIEDLEN's über den Erregungszustand annehmen, dass seine Thiere zum Theil stärkere Muskelbewegungen während der ziemlich langdauernden Operation gemacht haben.

In seiner Tabelle III stimmen die Versuche Nr. 1 (resp. XIV) und 4 und 5 (resp. XVII und XVIII) gut mit unseren Beobachtungen an ruhenden Kaninchen, die Versuche 2 und 3 (resp. XV und XVI) stimmen ebenso genau mit unseren Ergebnissen bei Muskelaction der Kaninchen überein. Die von GSCHIEDLEN beobachteten Schwankungen im Blutgehalt der Bauch- und Brusthöhle gehen aus unseren vorstehenden Untersuchungen mit denen des Capitel IV ebenso wie aus seinen hervor. Ueber die Bestimmungen des Organblutgehaltes bei GSCHIEDLEN cfr. §. 5 und 6.

## II.

### Versuche an Fleischfressern.

Es wurden die Blutmengen im Bewegungsapparate noch weiter an zwei Hunden und einer Katze bestimmt.

Die Resultate sind in folgende Tabelle zusammengefasst, welche vollkommen der Tabelle VIII entspricht.

Die Methoden sind im Allgemeinen die bei Kaninchen verwendeten; die mitgetheilten Versuche gelangen vollkommen.



Tabelle IX.

## Ueber den Blutgehalt des Bewegungsapparates und der Eingeweide lebender geruhter Fleischfresser.

Versuchs- Nummer.	Beobach- tungsthier.	Körper- gewicht in Grammen.	Eingeweide in Grammen.	Procenten des Körper- gewichts.	Bewegungs- apparat in Grammen.	Procenten des Körper- gewichts.	Gesamtblut- menge in Grammen.	Procenten des Körper- gewichts.	Blutmenge in den Ein- geweiden in Grammen.	Procenten d. Gesamt- blutmenge.	Procenten des Organ- gewichts.	Blutmenge im Bewe- gungsapparat in Grammen.	Procenten d. Gesamt- blutmenge.	Procenten des Organ- gewichts.
1.	Hund	4744	857	48,20/0	3653	81,80/0	326,6	7,00/0	248,83	67,000/0	25,50/0	407,74	33,000/0	3,00/0
2.	Hund sehr fett	40370	4504	44,40/0	8443	85,60/0	664,38	6,40/0	338,00	50,880/0	22,50/0	326,38	49,120/0	3,80/0
Im Mittel für Hunde: . .				16,30/0	83,70/0		6,70/0		590/0	24,00/0		410/0	3,40/0	
3.	Katze sehr fett	2366	248	42,80/0	4934	87,20/0	407,57	4,550/0	176,84	74,40/0	47,80/0	30,76	28,60/0	4,60/0
Gesamtmittel für Fleisch- fresser . . . . .				14,60/0	85,40/0		5,60/0		60,20/0	20,90/0		34,80/0	2,50/0	



Im Allgemeinen zeigen diese Versuche an Fleischfressern ähnliche Resultate, wie wir sie bisher angetroffen. Der Bewegungsapparat der Hunde, der gegen 84% des Gesamthieres ausmacht, enthält im Mittel nur 41% der Gesamtblutmenge.

Der Versuch an der Katze stimmt fast vollkommen mit den Versuchen an fetten Kaninchen überein.

Um die jeder Thierart eigenthümlichen Momente in der Blutvertheilung leichter überblicken zu können, folgen die gewonnenen Mittelzahlen in folgender Hülftabelle neben einander gestellt. Die Tabelle erklärt sich selbst.

#### Hülftabelle.

##### Mittelzahlen der Blutvertheilung bei verschiedenen Thierarten während des Lebens.

	Hund.	Katze.	Kanin- chen.	Frosch.
Gesamtblutmenge in Procenten des Körpergewichts . . . . .	6,70%	4,60%	5,40%	6,50%
Blutmenge in dem Bewegungsapparat				
a) in Procenten der Gesamtblutmenge .	41,00%	28,60%	36,60%	30,60%
b) in Procenten des Organgewichts . .	3,40%	4,60%	2,70%	4,70%
Blutmenge in den Drüsen und Blut- leitungssysteme				
a) in Procenten der Gesamtblutmenge .	59,00%	71,40%	63,40%	69,40%
b) in Procenten des Organgewichts . .	24,00%	17,80%	18,00%	27,40%

Bei den Hunden ist die grosse Blutmenge im Bewegungsapparat auffallend im Vergleiche mit den übrigen Thierarten. Bei diesen Thieren, bei denen wir schon oben aus der grösseren Activität ihrer Bewegungsorgane, aus den grösseren Leistungen, welche sie von ihren Muskeln verlangen, im Vergleiche mit Kaninchen und Katzen einen grösseren Muskelstoffwechsel wahrscheinlich fanden, finden wir dieser Anschauung entsprechend auch einen procentisch sehr hohen Blutgehalt des Bewegungsapparates. Die Mittelzahl 3,40% übersteigt alle anderen Mittelzahlen für dasselbe Verhältniss bei den anderen Thierarten sehr bedeutend und wird nur erreicht und übertroffen von den Einzelbeobachtungen an kleinen, mageren Kaninchen, bei denen ebenfalls der Muskelstoffwechsel relativ hoch ist.

Dieselbe Ursache scheint sich geltend zu machen bei Betrachtung der Vertheilung der Gesamtblutmenge auf die bisher betrachteten Organgruppen.

Bei den Hunden treffen im Mittel 41% der Blutmenge auf den Bewegungsapparat, ein Verhältniss, das sich auch an das bei den kleineren Kaninchen beobachtete anschliesst, sodass nach diesen beiden Gesichtspunkten der Jugendzustand der Kaninchen sich vergleichen lässt mit den Körperverhältnissen der sich stark bewegenden Fleischfresser. Der Blutgehalt der Bewegungsorgane steigt in dem einen am Hunde gemachten Versuche sogar bis auf nahezu die Hälfte der Gesamtblutmenge. Hier sehen wir sonach die Intensität des Muskelstoffwechsels relativ und absolut gesteigert, sodass ein viel beträchtlicherer Antheil des Gesamtstoffwechsels bei Hunden auf Rechnung des Muskelstoff-



wechsels gesetzt werden kann, als bei den anderen bisher betrachteten Thierarten.

Auch der Drüsen- und Blutleitungsapparat enthält bei den Hunden einen grösseren relativen Blutgehalt als bei Katzen und Kaninchen, ein Verhältniss, auf das wir erst in der weiteren Folge unserer Versuche eingehen können.

#### §. 4.

#### Vergleichende Bestimmungen über den Blutgehalt in dem Bewegungs- und Drüsenapparate lebender und tochter geruhter Kaninchen.

Alle die Schwierigkeiten der Operation am lebenden Thiere mit den unvermeidlichen Fehlerquellen derselben würden unnöthig sein, wenn die Blutvertheilung im Thierkörper sich nach dem Tode nicht wesentlich ändern würde.

Aber eine Reihe von Thatsachen, die Jedermann bekannt sind, sprechen, wie es scheint, sehr entschieden für Veränderungen der Blutvertheilung in grossem Styl durch die letzten Vorgänge des Lebens.

Die Arterien sind nach dem Tode leer, sie ergiessen ihren Inhalt in die Venen; der Augenhintergrund erblasst im Tode, zum Beweis, dass die Blutmenge in den Augenhäuten, welche ihre Färbung bedingt, wesentlich verändert wird; bald bilden sich Senkungserscheinungen des Blutes aus in der Leiche, wie sie schon bei geschwächter Lebensenergie in Krankheiten nach längerem Liegen auftreten.

So lange die Frage nach der Blutvertheilung im lebenden Organismus noch nicht gelöst war, konnte selbstverständlich auch auf die weitere Frage nach der Grösse der Veränderungen der Blutvertheilung durch den Tod keine Antwort ertheilt werden.

Im Vorstehenden sind einige Anhaltspunkte für eine Lösung der ersten Aufgabe zusammengestellt. Im Grossen und Ganzen kennen wir nun die Blutvertheilung zwischen dem Bewegungsapparat und den anderen Organen des Thierkörpers. Wir können wenigstens für die bisher gewonnenen Resultate die Frage stellen, wie dieselben im Tode verändert werden.

Da an Kaninchen die Mehrzahl der Versuche über Blutvertheilung im lebenden Thiere angestellt wurden, so bot sich diese Thierspecies auch zur Lösung dieser neuen Aufgabe dar.

Die Thiere wurden durch Verschluss der freigelegten Trachea getödtet, dann todtstarr werden lassen und so in eine Kältemischung eingebracht, aus der sie bei Wintertemperatur nach 16 Stunden vollkommen gefroren genommen wurden. In der Kälte, mit erkalteten Instrumenten wurden die Organe präparirt. Die Gesamtblutmenge wurde aus dem festen Rückstand einer möglichst reinen Blutlösung aus dem Herzen verglichen mit dem festen Rückstand bei 110 Grad getrockneten Kaninchenblutes berechnet. Sonst wurde in der gewohnten Weise nach WELCKER'S Methode titirt.

Die Todenstarre sollte sich darum zuerst vollkommen ausbilden, da der gegründete Verdacht bestand, dass durch die Einwirkung der Kälte auf die noch mehr oder weniger reactionsfähige Muskulatur der Blutgefässe das Blut von den äusseren Organen nach den inneren gedrängt werden könnte. Dieser Verdacht



wurde durch das Stadium der Unerregbarkeit in der Todtenstarre, die bei Zimmertemperatur eintrat, ausgeschlossen.

Gegen die Genauigkeit der Versuche könnte nur von Seite der Gewinnung des Werthes für die Gesammtmenge des Blutes eine Einwendung gemacht werden. Die relativen Werthe der Blutvertheilung, nach dem auch sonst verwendeten Verfahren gefunden, sind mit den bisher mitgetheilten vollkommen vergleichbar. Es wird zugegeben werden müssen, dass wir, da die Bluttrockenbestimmungen Blut von zwei Individuen mit einander vergleichen und wir schon wissen, dass im Wassergehalte des Blutes derselben Thierart Schwankungen sich finden, das Gewicht des Gesamtblutes nicht absolut genau werden angeben können. Doch berechnet sich die Blutmenge, wie eine einfache Ueberlegung zeigt, aus den möglichen Differenzen im Blutwassergehalt zweier gleichernährter, gesunder Thiere nur um einige Gramme verschieden. Da unsere Aufgabe ist, die Blutvertheilung, also nur relative Werthe zu bestimmen, so wird die Genauigkeit des Versuchesresultates dadurch nicht beeinträchtigt. Nur die Werthe des Blutgehaltes der Organe, auf ihr eigenes Gewicht gerechnet, leiden an derselben beschränkten Fehlerquelle wie die Gesamtblutbestimmung, die aber auch dieses Resultat nur sehr unwesentlich beeinflussen kann.

In folgender Tabelle X sind die Resultate zweier mit ganz besonderer Sorgfalt ausgeführter Versuche zusammengestellt. Die Tabelle enthält dieselben Rubriken, die in den Tabellen des vorliegenden Capitels ausgefüllt wurden, sodass eine directe Vergleichung möglich ist. Um diese zu erleichtern, stehen die Mittelzahlen für die Blutvertheilung in lebenden Kaninchen neben den aus diesen neuen Versuchen sich ergebenden Mittelzahlen. Die beiden Versuche beziehen sich absichtlich auf Individuen von stark differirendem Gewicht.

Tabelle X.

**Vergleichung des Blutgehaltes im Bewegungs- und Drüsenapparate todter, todtenstarrer geruhter Kaninchen und lebender geruhter Kaninchen.**

	todte Kaninchen.		Mittel- werthe aus beiden Ver- suchen.	lebende Kaninchen Mittel- werthe.
	Nr. 1.	Nr. 2.		
Körpergewicht in Grammen . . . . .	629	1742		
Eingeweide,				
a) in Grammen . . . . .	143	199		
b) in Procenten des Körpergewichts . . . .	22,20%	12,00%		
Bewegungsapparat,				
a) in Grammen . . . . .	486	1543		
b) in Procenten des Körpergewichts . . . .	77,80%	88,00%		
Gesamtblutmenge				
a) in Grammen . . . . .	42,82	75,04		
b) in Procenten des Körpergewichts . . . .	6,82%	4,40%	5, 60%	5,80%
Blutmenge in den Eingeweiden,				
a) in Grammen . . . . .	25,36	46,72		
b) in Procenten der Gesamtblutmenge . . .	60,22%	62,23%	61,23%	63,40%
c) in Procenten des Organgewichts . . . .	17,70%	23,50%	20,60%	18,00%
Blutmenge im Bewegungsapparat,				
a) in Grammen . . . . .	17,47	29,32		
b) in Procenten der Gesamtblutmenge . . .	39,78%	37,77%	38,77%	36,60%
c) in Procenten des Organgewichts . . . .	3,60%	4, 90%	2, 70%	2,70%



Das Resultat kommt uns vollkommen unerwartet:

**Die Blutvertheilung** zwischen dem Bewegungs-, Drüsen- und Blutleitungsapparate **wird durch die gewählte Todesart nicht merklich geändert.**

Die aus der Tabelle ersichtlichen Differenzen zwischen der Blutvertheilung im Leben und Tod fallen weit innerhalb der für dieses Verhältniss schon bisher erkannten physiologischen Schwankungen.

Dieses Ergebniss, das von der pathologischen Anatomie längst postulirt war, indem man nur in diesem Falle vom Blutgehalt der Organe in der Leiche auf die Blutvertheilung im lebenden Organismus schliessen konnte, ist von grosser Bedeutung.

Fürs Erste lehrt es uns für die Organe des Bewegungsapparates, dass wir aus den am todtten Thiere vor Eintritt der Blutsenkung gemachten Blutbestimmungen unter den von uns gesetzten Bedingungen eine Anschauung über die Blutvertheilung in diesen Organen während des Lebens erhalten.

Bei dem im Tode stattfindenden Uebergang des Blutes aus dem arteriellen in das venöse System wurde sonach, wie das Experiment zunächst für die Bewegungsorgane direct lehrt, die Blutmenge der Organe nicht merklich verändert, für eine schematische Anschauung können wir direct annehmen, dass bei der gewählten Todesart der Blutgehalt dieser Organe gleich bleibt. Gewisse, in den Grenzen der physiologischen Schwankung des Blutgehaltes eintretende Veränderungen in dem Blutgehalte nach dem Tode sind selbstverständlich durch dieses Versuchsergebniss nicht ausgeschlossen, aber durch Nichts vorläufig in den Organen erwiesen.

Die Verminderung des Blutes im Auge nach dem Tode hängt vielleicht von ganz einzelnen Bedingungen ab. Die Kraft der Circulation presst gegen den im Auge herrschenden Druck Blut während des Lebens in das Auge ein. Die Kraft der arteriellen Blutbewegung muss zunächst den intraoculären Druck überwinden. Sowie die Circulation in den Arterien aufhört, wird durch den intraoculären Druck auch ein Theil des venösen Blutes aus dem Auge ausgepresst werden müssen. Wir können also die am Auge zu beobachtende Entleerung der Venen im Tode nicht mehr als ein allgemeines Phänomen betrachten. Dass die oben erwähnten Senkungen des Blutes nach dem Gesetz der Schwere erst nach und nach sich ausbilden, ist allbekannt.

Sonach scheinen die Beobachtungen, welche im Tode eine allgemeine, principielle Veränderung der Blutvertheilung wahrscheinlich zu machen schienen, im Lichte der neuen Erfahrungen ihre Beweiskraft zu verlieren.

So viel steht wenigstens neben den oben für den Bewegungsapparat gezogenen Schlüssen schon fest, dass die Summe des Blutes in den Drüsen und im Blutleitungsapparate durch den Tod ebensowenig verändert wurde, wie der Blutgehalt im Bewegungsapparate. Direct darauf gerichtete Versuche müssen lehren, ob sich der Satz auch für die einzelnen Drüsen bewahrheitet. Wir werden in der Folge stets die am lebenden Organismus gewonnenen Resultate über den Blutgehalt zusammenstellen müssen mit den correspondirenden, am todttenstarren, gefrorenen Thiere erlangten.

Es wurden auch zwei Versuche angestellt an Thieren, die nach dem Tode,



aber vor Eintritt der Starre, gefroren waren. Wir müssen bei ihnen einen Einfluss der Kälte auf die Blutvertheilung beim Gefrieren erwarten. Im Folgenden werden diese Versuche mitgetheilt, um eine Anschauung von der Grösse der möglichen Veränderung der Blutvertheilung durch derartige störende Einflüsse zu gewinnen.

Tabelle XI.

**Vergleichung des Blutgehaltes im Bewegungs- und Drüsenapparate tochter und lebender geruhter Kaninchen. Die Blutvertheilung ist bei den tochten durch Einwirkung von Kälte nach dem Tode verändert.**

	tochter Kaninchen.		Mittel- werth aus beiden Versuchen.	Mittel- werth lebender Kaninchen.	absolute Differenz zu Gunsten der tochten Kaninchen.
	Nr. 1.	Nr. 2.			
Körpergewicht in Grammen . . .	612				
Eingeweide.					
a) in Grammen . . . . .	143				
b) in Procenten des Körpergewichts .	23,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>				
Bewegungsapparat.					
a) in Grammen . . . . .	469				
b) in Procenten des Körpergewichts .	76,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>				
Gesamtblutmenge.					
a) in Grammen . . . . .	40,4	70,35			
b) in Procenten des Körpergewichts .	6,53 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>				
Blutmenge in den Eingeweiden.					
a) in Grammen . . . . .	29,6	56,18			
b) in Procenten der Gesamtblutmenge	73,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	79,93 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	76,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	63,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	+13,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
c) in Procenten des Organgewichts .	23,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>				
Blutmenge im Bewegungsapparat.					
a) in Grammen . . . . .	10,6	14,17			
b) in Procenten der Gesamtblutmenge	26,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	20,07 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	23,1 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	36,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	-13,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> <sup>1</sup>
c) in Procenten des Organgewichts .	2,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>				

Diese Versuche zeigen einen sehr deutlichen Einfluss der Kälte auf die Blutvertheilung, so lange die Organe noch ihre Lebenseigenschaften besitzen.

Die Kälte macht die ihr zuerst ausgesetzten äusseren Organe, die Organe der Bewegung blutärmer, dagegen die inneren Organe, den Drüsen- und Blutleitungsapparat blutreicher, ganz in dem Sinne, wie wir eine derartige Einwirkung uns a priori construiren mussten.

Diese Kältewirkung fällt nicht mehr in die Grenzen der physiologischen Schwankungen, die wir bisher beobachteten.

Das Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate von Kaninchen fanden wir zu 28,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, das hier unter dem Einfluss der Kälte beobachtete Minimum beträgt dagegen nur 20,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Es wird sich vielleicht experimentell entscheiden lassen, ob die Wirkung der Kälte auch bei dem lebenden Thiere eine derartige Veränderung der Blutvertheilung zur Folge habe. Von vornherein ist eine derartige Einwirkung mehr als wahrscheinlich, und wenn wir die stärkere Reaction der Gefässe bei dem noch lebenden Thiere mit in Rechnung ziehen, so werden wir vermuthen dürfen, dass die Kältewirkung bei dem letzteren eine noch viel mächtigere sein



werde. Man könnte das durch Volumsmessung der Extremitäten in Kälte und Wärme entscheiden.

## §. 5.

## Der Blutgehalt der grossen Drüsen im lebenden und todtten Thiere.

## I.

## Blutgehalt der Leber lebender Frösche.

Um der Frage noch näher zu treten, wie in den Eingeweiden der Bauch- und Brusthöhle das Blut vertheilt sei, wurde noch eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Methode schon einleitend besprochen wurde. Die Resultate, die über den Blutgehalt der Leber bei Fröschen und Kaninchen gewonnen wurden, finden sich in folgenden beiden Tabellen zusammengestellt. In der Tabelle über den Blutgehalt der Kaninchenleber im Leben wurde auch die Bestimmung ihres Blutgehaltes nach dem Tode im todttenstarren Thiere eingesetzt.

Tabelle XII.

## Ueber die Blutmengen in der Leber geruhter Froschmännchen.

	Versuchsnummer:				Im Mittel.
	I.	II.	III.	IV.	
Körpergewicht in Grammen . . . . .	41,2	36,8	38,0	43,4	37,2
Lebergewicht.					
a) in Grammen . . . . .	4,20	0,90	4,45		1,08
b) in Procenten des Körpergewichts . . . . .	2,92 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2,44 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	3,03 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>		2,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Gesamtblutmenge.					
a) in Grammen . . . . .	2,8713	2,4677	2,8997		2,6462
b) in Procenten des Körpergewichts . . . . .	7,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	7,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>		6,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Leberblutmenge.					
a) in Grammen . . . . .	0,4254	0,4302	0,4226		0,2074
b) in Procenten des Körpergewichts . . . . .	4,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	44,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	8,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	8,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
c) in Procenten des Organgewichts . . . . .	40,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	44,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	36,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>		20,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Der Antheil der Gesamtblutmenge, welcher in der Leber der Frösche erscheint, ist nach diesen Versuchen auffallend gering.

Es geht daraus offenbar hervor, dass die Hauptmenge des in den Leibeshöhlen befindlichen Blutes bei dem Frosche nicht im Drüsenapparate, sondern in den grossen Blutgefässen, dem Herzen und der Lunge enthalten ist, ein Verhältniss, welches sich auch dem Augenscheine aufdrängt, wenn wir den grossen Blutgehalt des Froschherzens gegenüber den anderen Organen betrachten.

Immerhin ist aber der relative Blutgehalt der Froschleber ein bedeutender, wenn wir das Maximum der Bestimmungen berücksichtigen, welches uns doch jedenfalls lehrt, wie viel Blut unter physiologischen Umständen in der Froschleber enthalten sein kann. Trotzdem, dass auch in diesem Falle in der Leber nur 44,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Gesamtblutmenge sich finden, beträgt die Blutmenge der Leber auf ihre eigene Substanz gerechnet 36,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, d. h. :

über  $\frac{1}{3}$  der Lebersubstanz!



Die Injectionsergebnisse der Leberblutgefässe liessen ein derartiges Verhältniss zwischen Blut und Lebergewebe mit den übrigen in der Leber sich bewegenden Flüssigkeiten: Lymphe und Galle erwarten. In demselben Versuche beträgt die Gesamtblutmenge des Frosches 3,0% des Körpergewichtes, die Leber enthält sonach procentisch 12mal mehr Blut ( $= 36,7\%$ ), als das Gesamthier.

## II.

## Blutgehalt der Kaninchenleber.

Vom Verfasser und Dr. L. Puille.

Ueber die Methoden ist in §. 4 das Nöthige beigebracht. Es verdient noch Erwähnung, dass das Versuchskaninchen Nr. II der folgenden Tabelle während der Operation zeitweilig starke Muskelbewegungen ausführte. Das Uebrige ergibt die Tabelle selbst.

Tabelle XIII.

## Ueber die Blutmengen in der Leber lebender und todter Kaninchen.

	Lebende Kaninchen.			Im Mittel aus I, II, III.	todes, vor d. Gefrieren starres Kaninchen.
	I.	II.	III.		
Körpergewicht in Grammen . . .	846	1234	655	<b>911</b>	629
Lebergewicht.					
a) in Grammen . . . . .	45,0	52,0	34,5	<b>43,7</b>	43,6
b) in Procenten des Körpergewichts .	5,40%	4,210%	5,270%	<b>5,00%</b>	6,930%
Gesamtblutmenge.					
a) in Grammen . . . . .	44,08	81,40	40,89	<b>55,46</b>	42,82
b) in Procenten des Körpergewichts .	5,20%	6,50%	6,30%	<b>6,00%</b>	6,80%
Leberblutmenge.					
a) in Procenten des Körpergewichts .	<b>29,50%</b>	16,10%	25,50%	<b>2,40%</b>	<b>29,30%</b>
b) in Grammen . . . . .	12,74	13,054	10,445	<b>12,75</b>	<b>12,52</b>
c) in Procenten des Organgewichts .	28,00%	25,00%	30,10%	<b>27,70%</b>	<b>27,70%</b>

Das Hauptresultat dieser Versuche ist das:

In der Leber der geruhten lebenden Kaninchen sind:

im Mittel **24%**

im Maximum **29,50%**

der gesammten Blutmenge enthalten, d. h. fast  $\frac{1}{3}$ ! Versuch Nr. II zeigt, dass mit Muskelbewegung die Blutmenge der Leber sinkt.

Durch den Tod wurde in der Leber ebensowenig wie im Bewegungsapparate und im Drüsen- und Blutleitungsapparate im Allgemeinen die Blutvertheilung geändert.

Dieses letztere Resultat hat, wie sich hier und in der Folge versteht, zunächst nur Bezug auf die hier eingehaltenen Versuchsbedingungen<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> R. GSCHIEDLEN bestimmte den Leberblutgehalt mit dem Blutgehalt der grossen Gefässe in 2 Bestimmungen zu



Bei der Froschleber haben wir gefunden, dass ihre Substanz im Leben bis zu  $\frac{1}{3}$  aus Blut bestehe, hier sehen wir, dass in dieser Beziehung kaum ein Unterschied zwischen der Froschleber und der Kaninchenleber existirt; auch sie enthält nach unseren Bestimmungen bis zu 30,3% Blut auf ihre eigene Substanz berechnet im ruhenden Thiere.

Der Blutgehalt der einzelnen Organe ist uns ein Maass für den in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsel. Wir nehmen vorläufig an, dass je nach dem Maasse, nach dem dem Organe Blut in der Zeiteinheit zugeführt wird, es sich auch an dem Gesamtstoffwechsel betheilige.

Aus dem procentischen Blutgehalt auf die Organmasse berechnet, bekommen wir ein Maass für die relative Grösse des Stoffwechsels in gleichen Organengewichten.

Der Bewegungsapparat der Frösche enthält nach Tabelle VII

1,7% Blut

seines Organgewichtes, die Leber dagegen im Mittel 20,3%, im Maximum 36,7%.

Die relativen Intensitäten des Stoffwechsels im gleichen Gewichte Bewegungsapparat und Leber der Frösche verhalten sich danach im Mittel wie 1 : 42, im Maximum wie

1 : 21,6,

d. h. das gleiche Gewicht Leber hat einen 21,6mal intensiveren Stoffwechsel als das gleiche Gewicht Bewegungsapparat.

Daraus ergibt sich, dass an dem Gesamtstoffwechsel sich die Leber in einem sehr viel höheren Maasse betheiligt, als es sich aus ihrem Gewichte berechnen würde, das im Mittel aus den hier betrachteten Versuchen nur 5,83% des Körpergewichtes beträgt.

Die Blutmenge in der Leber beträgt im Mittel unserer Bestimmungen am lebenden Kaninchen 24%, nehmen wir auch die Bestimmungen am todtstarrten Thiere dazu, so steigert sich die Blutmenge im Mittel auf

$$25\% = \frac{1}{4}$$

der gesammten Blutmasse.

I. 40,97 Gramm

II. 44,90 „

III. 40,49 „

Die absoluten Werthe stimmen mit den unsrigen sehr gut überein.

Die relativen Werthe verlieren an ihrer Bedeutung dadurch, dass, wie oben schon bemerkt, weder Reingewicht, noch der absolute Blutgehalt der Thiere direct bestimmt, sondern nach Mittelzahlen berechnet sind.

Danach wären die absoluten Blutmengen in der Leber

I. 29,9% der Gesamtblutmenge.

II. 25,0% „ „

III. 47,4% „ „

Werthe, die mit den vorstehend mitgetheilten vollkommen stimmen.

Die Versuche Nr. II u. III GSCHIEDLEN's beziehen sich nach dem Obigen auf Thiere, welche während der Operation starke Muskelbewegungen ausgeführt haben, sodass unser Schluss aus dem Versuche Nr. II dadurch eine Bestätigung zu erhalten scheint.



Danach trifft also bei Kaninchen im Mittel ein ganzes  $\frac{1}{4}$  des Gesamtstoffwechsels auf die Leber; der Leberstoffwechsel kann sich im Maximum, bei fast 30% der Gesamtblutmenge in der Leber, bis nahe an  $\frac{1}{3}$  des Gesamtstoffwechsels erheben.

Auf diese Weise geben uns diese Bestimmungen der Blutmenge in den Organen einen tiefen Einblick in die Grösse der einzelnen Factoren, aus denen sich der Gesamtstoffwechsel zusammensetzt.

### III.

#### Blutgehalt der Kaninchenniere.

Bei zwei Kaninchen wurden die Nieren in Masse unterbunden und ihr Blutgehalt im Verhältnisse zu ihrem Organgewichte und zur Gesamtblutmenge bestimmt. In der folgenden Tabelle sind auch diese Versuche zum Vergleich mit dem Versuchsbeispiel der gefrorenen Kaninchen zusammengestellt.

Tabelle XIV.

#### Ueber die Blutmengen in der lebenden und todten Kaninchenniere.

	Lebende Kaninchen.		Im Mittel.	todtes vor dem Gefrieren starres Kaninchen.
	I.	II.		
Körpergewicht in Grammen . . . . .	520	626	573	629
Nierengewicht.				
a) in Grammen . . . . .	5,00	7,97	6,48	5,90
b) in Procenten des Körpergewichts . . . . .	0,96 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,27 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,115 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	0,94 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Gesamtblutmenge.				
a) in Grammen . . . . .	30,07	33,02	31,55	42,82
b) in Procenten des Körpergewichts . . . . .	5,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	6,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Nierenblutmenge.				
a) in Grammen . . . . .	0,5043	0,7440 <sup>1)</sup>	0,62115	0,7000
b) in Procenten des Körpergewichts . . . . .	1,67 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	2,20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,93 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1,63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
c) in Procenten des Organgewichts . . . . .	40,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	9,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	44,86 <sup>0</sup> / <sub>9</sub>

In der lebenden Niere geruhter Kaninchen sind danach enthalten von der Gesamtblutmenge im Maximum 2,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,

im Mittel 1,93<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Die Intensität ihres eigenen Stoffwechsels, bemessen an ihrem Blutgehalte, auf ihre Organmasse berechnet, ist offenbar sehr viel geringer als in der Leber. Der Blutreichthum der Nierensubstanz beträgt in den Versuchen am lebenden Kaninchen

40<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,

während die Leber bis zu 30<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ihrer Organmasse Blut enthält. Die Inten-

1) R. GSCHIEDLEN fand den absoluten Blutgehalt der Nieren etwas grösser, im Mittel aus 3 Versuchen zu 0,82 Gramm Blut.



sität des Nierenstoffwechsels verhält sich danach zu dem des Leberstoffwechsels wie

4 : 3.

Am Gesamtstoffwechsel betheiligen sich die Nieren etwa mit

2<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Auch diese Versuche ergeben, was uns nun schon für die vierte Organgruppe: die Nieren, aufgestossen ist, dass durch den Tod primär die Blutvertheilung in den Organen, hier speciell in den Nieren nicht geändert wurde.

Der Blutgehalt in den Nieren eines nach Eintritt der Starre gefrorenen Kaninchens entspricht genau den bei Unterbindung der Nierengefäße am lebendem Kaninchen beobachteten Verhältnissen. Die Uebereinstimmung mit Versuch II in Tabelle XIV ist eine vollkommene.

#### IV.

Blutgehalt des Herzens bei Fröschen und Kaninchen.

Bei Fröschen wurde das Herz in voller Diastole abgebunden, um den Blutgehalt desselben direct zu erfahren.

##### Erster Versuch.

Froschmännchen von 52,5 Gramm.

Herz mit Blut = 0,6 »

Blutmenge im Herzen 17,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Gesamtblutmenge.

##### Zweiter Versuch.

Froschmännchen von 33,0 Gramm.

Herz mit Blut 0,5 »

Gesamtblutmenge 2,0828 »

Blutmenge im Herzen 0,1958 » = 9,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Gesamtblutmenge.

##### Dritter Versuch.

Froschmännchen von 39,2 Gramm.

Herz mit Blut 0,6 »

Gesamtblutmenge 3,2500 »

Blutmenge im Herzen 0,4446 « = 13,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Gesamtblutmenge.

Im Herzen sind sonach enthalten:

I. Versuch 17,2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Gesamtblutmenge.

II. » 9,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub> » »

III. » 13,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub> » »

---

Im Mittel: 13,5<sup>0</sup>/<sub>0</sub> » »

Auch bei Kaninchen wurden mehrere Versuche gemacht, von denen aber nur einer gelang.



## Vierter Versuch.

## Kaninchen:

Reingewicht . . .	1045	Gramm.	
Blutmenge . . .	56,0	»	
Herzgewicht mit Blut	5,08	»	
Blut im Herzen . .	2,03	»	= 3,6% der Gesamtblutmenge!

In dem Kaninchenherzen ist sonach procentisch sehr viel weniger Blut enthalten als in dem Frochherzen, was mit der allgemeinen grösseren Füllung des Blutleitungsapparates beim Frosch übereinstimmt.

Bei der Eröffnung der Brusthöhle des Kaninchens schlug das Herz zuerst fort, blieb dann stehen; als die Athmungskrämpfe eintraten, wurde es sehr stark gefüllt abgebunden. Nach dem Abbinden begann es seine Bewegungen wieder und schlug noch 6½ Minuten fort, wie ein Froschherz!

Die Milz der Kaninchen ist stets sehr blutarm. Man vergleiche die folgende Tabelle.

## §. 6.

## Zusammenstellung der Resultate.

Neben den Bestimmungen des Blutgehaltes in den einzelnen Organen des lebenden Thieres haben die vorstehend mitgetheilten Versuche noch ein bemerkenswerthes Resultat ergeben.

Wir sehen im Allgemeinen und, soweit wir im Einzelnen prüfen konnten, durch die gewählte Todesart primär die Blutvertheilung in den Organen nicht wesentlich verändert.

Diese Beobachtung erleichtert uns für die Folge die Betrachtungen über die Blutvertheilung, da wir unter Umständen auch von Untersuchungen am todtten Organismus Aufschlüsse erwarten können über die Verhältnisse, die im Leben bestanden haben, was besonders für ärztliche Gesichtspunkte sehr wesentlich sein wird. Freilich wird uns die Erfahrung über postmortale Blutentleerung aus dem Auge vorsichtig machen müssen, besonders in Fällen, in denen in einem Organe aus krankhaften Ursachen, wie normal im Auge, ein Gewebsdruck nach dem Tode sich auf die Gefässe geltend machen kann. Die höhere Gewebsspannung in entzündeten Organen und Organtheilen wird nach Aufhören der Kraft, welche fortwährend Blut in sie einpresste, in derselben Weise Blut aus den Organen postmortal austreiben. Darauf beruht zum Theil die theilweise Anschwellung entzündeter Theile nach dem Tode; das Erblassen entzündlicher Röthung im Tode beruht dagegen zum grösseren Theil auf dem Uebergang des arteriellen, hellrothen Blutes in venöses, sauerstoffarmes, dunkles.

Im Allgemeinen sehen wir bei normalen Verhältnissen, dass nach Unterbrechung der Herzthätigkeit im Tode das Blut aus dem arteriellen in das venöse Gefässsystem übergeht, ohne dass eine wesentliche oder erkennbare



Aenderung in der Gesamtblutvertheilung oder in dem Blutgehalte der der Untersuchung zunächst zugänglichen Einzelorgane einträte.

Einzelfälle, die von diesem Gesetze Ausnahme machen, wie das Auge, können vielleicht trotzdem noch statthaben, worüber aber bisher noch Nichts festgestellt ist.

Einstweilen können wir, auf die erkannte Uebereinstimmung fussend, das Gesamtbild über Blutvertheilung im lebenden geruhten Thiere, das uns unsere Versuche besonders vollständig an Kaninchen gezeichnet haben, vervollständigen nach den am todtstarren gefrorenen Kaninchen noch weiter gewonnenen Einzelresultaten, die der Natur der Sache nach am lebenden Thiere mit geringerer Genauigkeit gefunden werden könnten oder sich der Beobachtung dort ganz und gar entziehen.

In den folgenden Tabellen sind die Mittelzahlen der Blutvertheilung auf die einzelnen Organe, der absolute Blutgehalt derselben von lebenden und todtten Kaninchen zusammengestellt.

Tabelle XV.

### Blutgehalt der wichtigsten Organe des Kaninchens im Leben und Tod.

	Mittel aus den Versuchen	
	am lebenden Kaninchen.	am todtstarren Kaninchen.
Gesamtblutmenge in Procenten des Körpergewichts . . . . .	5,40/0	—
Blutmenge im Bewegungsapparat . . . . .	36,60/0	39,780/0
a) in der Haut . . . . .	—	2,400/0
b) in den Knochen . . . . .	—	8,240/0
c) in den Muskeln . . . . .	—	29,200/0
d) in Rückenmark und Gehirn (mit den Häuten) . . . . .	—	1,240/0
Blutmenge im Drüsen- und Blutleitungsapparat . . . . .	63,40/0	60,220/0
a) in der Leber . . . . .	24,00/0	29,30/0
b) in den Nieren . . . . .	1,930/0	1,630/0
c) in der Milz . . . . .	—	0,230/0
d) in den Gedärmen (mit Geschlechtsorganen) . . . . .	—	6,300/0
e) in Herz, Lunge und den grossen Gefässen . . . . .	—	22,760/0

Diese Tabelle stellt das Resultat der Gleichheit der Blutvertheilung bei lebenden Thieren (Kaninchen) und frisch getödteten für die Hauptorgane sicher.

Nach den Beobachtungen am Auge hätte man vermuthen können, dass auch die anderen Organe ihr Blut aus ihren Gefässen in die grossen Blutgefässe der Körperhöhlen ergiessen würden. Der Versuch widerlegt gerade diese Auffassung. Die in Tabelle XV mitgetheilten Werthe für die procentische Blutvertheilung zeigen mit aller Sicherheit, dass bei dem todtten, normalen Thiere weniger Blut in den Körperhöhlen sich fand als bei den verglichenen lebenden Thieren. Diese Unterschiede fallen übrigens weit innerhalb der Grenze der beobachteten physiologischen Schwankungen der Blutvertheilung im geruhten Organismus.



Besonders erwünscht ist uns aus den Resultaten der vorstehenden Zusammenstellung die Bestimmung des Blutgehaltes der Muskeln gesondert von den übrigen Organen des Bewegungsapparates, die hier ebenfalls eine gesonderte Betrachtung ihrer Blutmengen erlauben. Nicht weniger wichtig ist die Feststellung des Antheils der gesammten Blutmasse, welcher in den grossen Gefässen mit Einschluss des Herzens und der Lunge enthalten ist, der auf andere Weise keine genaue Bestimmung zugelassen hätte und doch im Stoffwechsel sicher eine ganz andere Rolle spielt, als der übrige Antheil des Blutes, der, in den Organen selbst enthalten, mit ihnen in directem Wechselverkehr steht. Ein solcher Wechselverkehr findet zwischen jenem Antheil Blut und dem Gewebe der grossen Gefässe des Herzens und der Lunge (?) offenbar in geringerem Grade statt. Solange sich das Blut in dieser Organgruppe befindet, ist es für den Stoffwechsel relativ unwirksam, wenn wir von dem Herzstoffwechsel und dem in den Lungen vor sich gehenden Organstoffwechsel absehen.

Wenn wir uns des Beispiels halber nur an das todte Kaninchen halten, so ordnen sich die Organe geruhter Kaninchen nach ihrem procentischen Antheile an der Gesamtblutmenge von dem blutärmsten angefangen in folgender Reihe. Es enthält im ruhenden Thiere (Kaninchen):

	Procente d. Gesamtblutmenge.
1. Milz . . . . .	0,23 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
2. Gehirn und Rückenmark . . . . .	1,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
3. Nieren . . . . .	1,63 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
4. Haut . . . . .	2,10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
5. Gedärme . . . . .	6,30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
6. Knochen . . . . .	8,24 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
7. Herz, Lungen und grosse Blutgefässe . . . . .	22,76 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
8. ruhende Muskeln . . . . .	29,20 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
9. Leber . . . . .	29,30 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

In runden Zahlen können wir annehmen, dass von der Gesamtblutmenge enthalten ist:

in den grossen Kreislaufsorganen . . . . .	$\frac{1}{4}$
in der Leber . . . . .	$\frac{1}{4}$
in den ruhenden Muskeln . . . . .	$\frac{1}{4}$
in den übrigen Organen . . . . .	$\frac{1}{4}$

Diese Werthe gestatten uns nun mit grösserer Bestimmtheit eine Angabe über die Grösse der Betheiligung der einzelnen Organe und Organgruppen am Gesamtstoffwechsel. Rechnen wir das  $\frac{1}{4}$  der Blutmenge in den grossen Kreislaufsorganen als am Stoffwechsel relativ nicht betheiligte von der Gesamtblutmenge ab, so vertheilen sich die restirenden  $\frac{3}{4}$  auf die Hauptorgane, und damit stellt sich ihr Antheil am Gesamtstoffwechsel folgendermassen.

Von dem Gesamtstoffwechsel bei Muskelruhe trifft auf:

die Leber . . . . .	33,33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> = $\frac{1}{3}$
die ruhenden Muskeln . . . . .	33,33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> = $\frac{1}{3}$
die übrigen Organe . . . . .	33,33 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> = $\frac{1}{3}$

Summa 100,00.



Die Einzelbetheiligung der unter der Rubrik: die übrigen zusammengefassten Organe ergibt sich aus den Haupttabellen.

Nach ihrem Blutgehalt, bezogen auf das Organgewicht, also **nach der Intensität des in ihnen stattfindenden Organstoffwechsels** ordnen sich die Organe in folgende mit den blutärmsten beginnenden Reihe, die von den obigen auf S. 81 ganz verschieden ist.

		Absoluter Blutgehalt und Intensität des Stoffwechsels der Organe im ruhenden Thiere.
1.	Haut . . . . .	1,07%
2.	Knochen . . . . .	2,36%
3.	Gedärme . . . . .	3,46%
4.	ruhende Muskeln . . . . .	5,14%
5.	Gehirn und Rückenmark . . . . .	5,52%
6.	Nieren . . . . .	11,86%
7.	Milz . . . . .	12,50%
8.	Leber . . . . .	28,71%.

Auf Herz, grosse Gefässe und Lungen treffen  
auf das Organgewicht berechnet . . 63,11% Blut.

Nach dieser vorläufigen reichen Ausbeute von Erfahrungen können wir uns nun unserer Hauptaufgabe zuwenden.

Wir müssen erforschen, ob und in welchem Grade die Muskelbewegung mit einer Veränderung in der Blutvertheilung verbunden ist. Es wird uns dadurch möglich werden, Schlüsse auf etwaige Veränderungen in der Intensität des Organstoffwechsels sowohl als in der Grösse der Betheiligung der Organe an dem Gesamtstoffwechsel zu ziehen, die in der Folge durch directe Beobachtung über den Stoffwechsel der Organe bestätigt werden sollen.



## Capitel IV.

### Veränderung der Blutvertheilung durch den Tetanus.

#### §. 1.

##### Versuchsmethoden.

Nach den vorausgehenden Versuchen sind die Methoden für die hier anzustellenden fast schon insgesamt gegeben.

Bei **Fröschen** werden wir das eine Bein als das geruhte zuerst abbinden, um den Blutgehalt in gewohnter Weise zu bestimmen. Dann werden die operirten Thiere mit Strychnin vergiftet und nach längerem Bestehen der Krämpfe wird auch das zweite Bein abgebunden, um in ihm, als im tetanisirten, den Blutgehalt ebenfalls zu eruiren.

Unsere Versuche im Capitel III haben gelehrt, dass das ungleichzeitige Abschneiden der Beine keine constante Einwirkung auf den Blutgehalt der Extremitäten erkennen lässt. Innerhalb enger Grenzen schwankte der Blutgehalt der beiden Extremitäten auf- und abwärts, ohne dass ein constanter Einfluss der Zeit der Operation in dem Sinne unserer späteren Versuche bemerkbar geworden wäre, bald war das erstabgeschnittene, bald das zweitabgeschnittene Bein das blutreichere. Im Durchschnitt glichen sich die Differenzen daher fast vollkommen aus, es blieb ein geringes Uebergewicht auf Seite der erstabgeschnittenen Extremität.

Wenn wir sonach in der Folge den Blutgehalt in constanter Richtung sich bei dem Tetanus ändern sehen, so kann daran nichts Anderes Schuld haben als der Tetanus selbst, und wir werden auf etwaige Resultate um so größeres Vertrauen setzen können, wenn die zu Tage tretenden Unterschiede im Blutgehalte sich möglichst weit über der Linie der beobachteten physiologischen Differenzen in der Ruhe halten.

Die Versuche an Fröschen stehen voran, weil, wie oben Capitel III auseinandersetzt, gegen ihre Resultate kein begründeter Einwand gemacht werden kann. Die Steigerung der Färbekraft des Blutes im Tetanus, welche in Capitel II, S. 53 f. Erwähnung fand, ist zu gering und inconstant, um einen berücksichtigungswerthen Versuchsfehler zu bedingen. Die bestehenden Differenzen in der Färbekraft sind, wie a. a. O. angegeben, zu gering um eine exacte Bestimmung nach der WELCKER'schen Methode zu gestatten, ihre Einwirkung auf die Resultate fällt also in den allgemeinen Versuchsfehler derselben.

Weitere Versuche wurden an **Kaninchen** angestellt.



Hier wurden nicht, wie bei den Fröschen, eine ruhende und eine tetanisierte Extremität desselben Thieres verglichen. Die Versuche über die Blutvertheilung im Bewegungsapparat ruhender Kaninchen haben so übereinstimmende Resultate ergeben, dass es von vorne herein wahrscheinlich ist, dass sich Unterschiede im Blutgehalt, die durch den Tetanus in dieser Organgruppe hervorgerufen werden, deutlich werden erkennen lassen.

Der Versuch ist von denen des Capitels III an lebenden Säugethieren nur dadurch verschieden, dass die Unterbindung der Blutgefäße der hinteren Extremitäten bei bestehendem Tetanus der Muskulatur vorgenommen wurde. Der Tetanus wurde electricisch hervorgerufen und  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  Minute unterhalten. Die zu operirenden Extremitäten waren selbstverständlich vom Drucke befreit und wurden wie oben lose mit der Hand gehalten. Die Gedärme waren nicht entblösst.

So können wir uns denn zu den entscheidenden Versuchen selbst wenden.

## §. 2.

### Veränderung der Blutvertheilung durch längeren Tetanus bei Fröschen.

Zuerst folgen die Beobachtungen an Fröschen aus dem oben angeführten Grunde.

Tabelle XVI.

### Vergleichende Blutbestimmung im Bewegungsapparat der Frösche nach Ruhe und Tetanus.

Versuchs- Numer.	Schenkelge- wicht $a = b$ 1) in Gramm.	Farbenprüfungs- ergebniss $a : b = x$ ).	Absolute Blutmenge des		Differenz zu Gunsten des tetanisirten Schenkels in		Blutmengen des Bewe- gungsapparates in Pro- centen des Organge- wichts	
			a. erstab- geschnitt. geruhten Schenkels in Gramm.	b. zweitab- geschnitt. tetanisirt. Schenkels in Gramm.	Grammen.	Procenten.	geruhter Schenkel.	tetanisirter Schenkel.
1.	6,4	40 <sup>cc</sup> : 58 <sup>cc</sup>	0,1105	0,1602	+0,0497	+ 45 <sup>0/0</sup>	1,752 <sup>0/0</sup>	2,503 <sup>0/0</sup>
2 u. 3.	14,0	64 <sup>cc</sup> : 90,7 <sup>cc</sup>	0,2860	0,4060	+0,1200	+ 42 <sup>0/0</sup>	2,043 <sup>0/0</sup>	2,900 <sup>0/0</sup>
4.	8,2	100 <sup>cc</sup> : 107 <sup>cc</sup>	0,1416	0,1516	+0,0100	+ 7 <sup>0/0</sup>	1,714 <sup>0/0</sup>	1,849 <sup>0/0</sup>
5.	7,0	100 <sup>cc</sup> : 117 <sup>cc</sup>	0,1226	0,1434	+0,0208	+ 17 <sup>0/0</sup>	1,743 <sup>0/0</sup>	2,049 <sup>0/0</sup>
6.	7,8	100 <sup>cc</sup> : 157 <sup>cc</sup>	0,1934	0,2731	+0,0797	+ 37 <sup>0/0</sup>	2,479 <sup>0/0</sup>	3,501 <sup>0/0</sup>
7.	6,9	100 <sup>cc</sup> : 133 <sup>cc</sup>	0,1191	0,1584	+0,0393	+ 33 <sup>0/0</sup>	1,726 <sup>0/0</sup>	2,300 <sup>0/0</sup>
8.	7,2	40 <sup>cc</sup> : 63 <sup>cc</sup>	0,0808	0,1269	+0,0461	+ 57 <sup>0/0</sup>	1,122 <sup>0/0</sup>	1,762 <sup>0/0</sup>
9.	7,5	40 <sup>cc</sup> : 80 <sup>cc</sup>	0,1282	0,2564	+0,1282	+100 <sup>0/0</sup>	1,709 <sup>0/0</sup>	3,448 <sup>0/0</sup>
10.	7,4	40 <sup>cc</sup> : 76 <sup>cc</sup>	0,0783	0,1487	+0,0704	+ 90 <sup>0/0</sup>	1,058 <sup>0/0</sup>	2,009 <sup>0/0</sup>
11.	5,5	40 <sup>cc</sup> : 55 <sup>cc</sup>	0,0917	0,1254	+0,0337	+ 37 <sup>0/0</sup>	1,667 <sup>0/0</sup>	2,280 <sup>0/0</sup>
Im Mittel	7,1		0,1212	0,1773	+0,0561	+46,7 <sup>0/0</sup>	1,707 <sup>0/0</sup>	2,497 <sup>0/0</sup>

1) a = erstabgeschnittener Schenkel,

b = zweitabgeschnittener Schenkel.

2) a = Blutflüssigkeit von Schenkel a,

b = Blutflüssigkeit von Schenkel b, beide zuerst gleich concentrirt.



Das Resultat der Versuche ist vollkommen schlagend:

Der absolute Blutgehalt des Bewegungsapparates bei Fröschen steigt durch den Tetanus von

**1,707<sup>0</sup>/<sub>0</sub> auf 2,497<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,**

d. h. um **46,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>** der Blutmenge im geruhten Bewegungsapparat.

Die Resultate dieser Blutbestimmungen in der geruhten Organgruppe stimmen mit den in Tabelle VII zusammengestellten absolut überein.

Die Steigerung des Blutgehaltes zeigt sich ausnahmslos in jedem Versuche, sie ist um das Vielfache höher als die an geruhten Bewegungsapparaten bei Fröschen beobachteten physiologischen Schwankungen. Nach alledem steht das Ergebniss als unanfechtbar fest.

Aber auch die Betrachtung der Maxima und Minima zeigt dieselbe Gesetzmässigkeit wie die Mittelwerthe und jeder einzelne Versuch.

Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate geruhter

Frösche . . . . . 4,058<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

Minimum des Blutgehaltes bei tetanisirten Fröschen . . . 4,762<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

Absolute Differenz der Minima zu Gunsten der **tetanisirten** Frösche 0,704<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,

d. h. das Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate ist bei tetanisirten Fröschen grösser als bei geruhten um: **65,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>**.

Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparate geruhter

Frösche . . . . . 2,479<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

Maximum des Blutgehaltes bei tetanisirten Fröschen . . . 3,501<sup>0</sup>/<sub>0</sub>

Absolute Differenz der Maxima zu Gunsten der **tetanisirten** Frösche 1,022<sup>0</sup>/<sub>0</sub>,

d. h. bei tetanisirten Fröschen ist das Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparat grösser als bei geruhten um: **45,0<sup>0</sup>/<sub>0</sub>**.

Die Unterschiede der Minima und Maxima halten sich etwa in denselben Grenzen wie die Unterschiede der Mittelwerthe, wodurch die Beweiskraft des Resultates noch wesentlich erhöht wird.

Der grösseren Blutmenge im Bewegungsapparate im Tetanus entsprechend muss sich, da keine Vermehrung des Blutes durch den Tetanus eintritt, sondern eine Verminderung (cfr. Capitel II), die Blutvertheilung im Organismus verändern.

Der Tetanus bezog sich auf die gesammte Stammuskulatur der Thiere, sodass die Blutmenge, welche die Muskeln bei ihrer Action mehr zugeführt erhalten, nur von den Drüsen und den grossen Blutleitungsorganen genommen sein kann.

In dem Bewegungsapparate ruhender Frösche bestimmten wir bei einem absoluten Blutgehalte desselben von 1,709<sup>0</sup>/<sub>0</sub> etwa  $\frac{1}{3}$  der gesammten Blutmasse, genau:

**30,6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.**

Der absolute Blutgehalt des tetanisirten Bewegungsapparates der Frösche von 2,497<sup>0</sup>/<sub>0</sub> berechnet also den Antheil des Bewegungsapparates an der Gesamtblutmenge während des Tetanus zu:

**44,1<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.**



Der Drüsen- und Blutleitungsapparat enthielt bei geruhten Fröschen: 69,4% der gesammten Blutmenge, bei tetanisirten dagegen nur: 55,9%.

Es liegt ein Versuch vor, in welchem neben den Blutbestimmungen in den beiden Extremitäten auch die Gesammtblutmenge des Frosches (resp. zweier Frösche Nr. 2 und 3) nach dem Tetanus bestimmt wurde.

Dieser Versuch gibt uns alle Daten an die Hand, um die eben aus den Mittelwerthen berechnete Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus im Einzelnen zu prüfen. In folgender Tabelle sind die Resultate desselben zusammengefasst.

Tabelle XVII.

### Versuch über die Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus beim Frosch.

Beobachtungsthiere: 2 Froschmännchen.

Körpergewicht . . . . . 78,0 Gramm.

Bewegungsapparate . . . . . 69,7 »

Gesammtblutmenge nach dem Tetanus.

a) in Grammen . . . . . 3,278 »

b) in Procenten des Körpergewichts . . . . . 4,23%.

Blutmenge des Bewegungsapparates

I. im geruhten Zustande berechnet nach der Gesammtblutmenge nach dem Tetanus.

a) absolut . . . . . 1,424 Gramm.

b) in Procenten des Organgewichts . . . . . 2,043%

c) in Procenten der Gesammtblutmenge . . . . . 43,4%.

II. im tetanisirten Zustande

a) absolut . . . . . 2,0213 Gramm.

b) in Procenten des Organgewichtes . . . . . 2,900%

c) in Procenten der Gesammtblutmenge . . . . . 61,6%!

Blutmenge im Drüsenapparate in Procenten der Gesammtblutmenge

I. im geruhten Zustande . . . . . 56,6%

II. im tetanisirten Zustande . . . . . 38,4%.

Die in der vorstehenden Tabelle angegebene Blutvertheilung in der Ruhe ist nicht vollkommen exact. Die Blutmenge wird durch den Tetanus nicht unbeträchtlich vermindert. Der Blutgehalt des ruhenden Schenkels entspricht so nach einer höheren Gesammtblutmenge des ruhenden Frosches, er war also procentisch niedriger als in der Tabelle angegeben, da hier der Rechnung die Blutmenge nach dem Tetanus zu Grunde gelegt wurde. Wir können hier eine Correction anbringen.

Die Blutverminderung durch Tetanus beträgt bei Fröschen nach Tabelle V und VI 26,07% der Gesammtblutmenge. Legen wir diese Zahl der Berechnung



zu Grunde, so wäre der Blutgehalt des Frosches, der nach dem Tetanus 3,278 Gramm, d. h. 4,23% des Körpergewichts betrug, vor dem Tetanus in der Ruhe gewesen

$$4,1338 \text{ Gramm} = 5,33\%$$

In dem gesammten Bewegungsapparate waren in der Ruhe enthalten:  
1,424 Gramm Blut =

$$34,4\% \text{ der Gesamtblutmenge.}$$

Nach dieser nöthigen Correction stimmt das Resultat dieses Versuches vollkommen mit denen überein, die wir bei geruhten Fröschen oben gewonnen haben.

Die Blutvertheilung änderte sich sonach durch längere Muskelaction hier in noch bedeutenderem Grade, als es nach den obigen Durchschnittswerthen erwartet werden könnte.

### §. 3.

#### Veränderung der Blutvertheilung im Tetanus bei Kaninchen.

Von den Versuchen an Fröschen wenden wir uns nun zu Beobachtungen an Säugethieren, Kaninchen.

Die Thiere wurden vom Rückenmarke aus tetanisirt, so dass die gesammten Stammuskeln im Tetanus waren. Ist der Blutgehalt in dem Bewegungsapparate der Kaninchen im Tetanus wie bei den Fröschen vermehrt, so kann dieses Blut nur von dem Drüsen- und dem Blutleitungsapparat herrühren, ebenso wie oben bei den Fröschen. Um ebenso viel, als der Bewegungsapparat mehr Blut enthält, muss in der anderen Organgruppe weniger enthalten sein.

Tabelle XVIII.

#### Ueber die Vertheilung des Blutes im Bewegungsapparat und den Eingeweiden bei lebenden Kaninchen während des Tetanus.

	Lebende Kaninchen			Im Mittel.
	I.	II. Weibchen	III.	
Körpergewicht in Grammen . . . . .	1422	1460	1463	
Eingeweide:				
a) in Grammen . . . . .	160	270	498	
b) in Procenten des Körpergewichts . . .	11,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	18,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	13,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
Bewegungsapparat:				
a) in Grammen . . . . .	1262	1090	1265	
b) in Procenten des Körpergewichts . . .	88,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	81,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	86,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
Gesamtblutmenge:				
a) in Grammen . . . . .	48,81	53,24	42,49	
b) in Procenten des Körpergewichts . . .	3,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	3,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	3,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
Blutmenge in den Eingeweiden:				
a) in Grammen . . . . .	18,5	14,5	18,6	
b) in Procenten der Gesamtblutmenge . .	31,8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	27,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	43,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	34,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
c) in Procenten des Organgewichts . . .	11,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	5,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	9,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	
Blutmenge im Bewegungsapparat:				
a) in Grammen . . . . .	33,3	38,71	23,9	
b) in Procenten der Gesamtblutmenge . .	68,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	72,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	57,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	66,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
c) in Procenten des Organgewichts . . .	2,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	3,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	4,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	



Vergleichen wir die Mittelwerthe für geruhte und tetanisirte Kaninchen:  
Der Drüsen- und Blutleitungsapparat **geruhter Kaninchen** beträgt im

Mittel . . . . .	63,4%
Der Drüsen- und Blutleitungsapparat <b>tetanisirter Kaninchen</b> . . . . .	34,0%
Absolute Differenz . . . . .	29,4%

d. h.: Im Drüsen- und Blutleitungsapparate tetanisirter Kaninchen sind im Mittel um 29,4% der gesammten Blutmenge **weniger** enthalten als in der entsprechenden Organgruppe geruhter Kaninchen.

Die gleiche Differenz zeigt sich der Natur der Sache nach auch bei dem Bewegungsapparate in den beiden verschiedenen physiologischen Körperzuständen nur mit verändertem Vorzeichen.

Der Bewegungsapparat geruhter Kaninchen enthält im Mittel: 36,6% der gesammten Blutmenge. Der Bewegungsapparat tetanisirter Kaninchen dagegen: 66,0%, die absolute Differenz beträgt also auch:]

29,4% der gesammten Blutmenge.

Im Bewegungsapparate tetanisirter Kaninchen sind während der Muskelcontraction im Mittel um 29,4% der gesammten Blutmenge mehr enthalten als in dem Bewegungsapparate geruhter Kaninchen. Der Antheil der Blutmenge, welcher im Ruhezustand im Bewegungsapparat enthalten ist, wird bei bestehender Contraction im Mittel von 36,6% auf 66,0%, d. h. um 80% erhöht!

Wenn wir zur Erhärtung des Durchschnittsresultates in gewohnter Weise Minima und Maxima der Beobachtungen vergleichen, so zeigen sich die Unterschiede zwischen dem geruhten und tetanisirten Thiere in Beziehung auf die Blutvertheilung auch hier nicht weniger deutlich als bei Betrachtung der Mittelwerthe.

Als Minimum des Blutgehaltes im Bewegungsapparat geruhter

Kaninchen wurden gefunden . . . . .	28,7%
Als Minimum bei tetanisirten Kaninchen . . . . .	57,0%
Absolute Differenz der Minima . . . . .	28,3%

Als Maximum des Blutgehaltes im Bewegungsapparat geruhter

Kaninchen wurden gefunden . . . . .	42,8%
Als Maximum bei tetanisirten Kaninchen . . . . .	72,7%
Absolute Differenz der Maxima . . . . .	29,9%

Die absoluten Differenzen der Minima und Maxima unterscheiden sich nicht von der Differenz der Mittelwerthe.

Damit erscheint das Resultat, das wir vermuthen, gesichert.

Durch Tetanus hebt sich bei Fröschen der absolute Blutgehalt des Bewegungsapparates im Mittel um 46,7%; der Antheil an der Gesamtblutmenge, welcher im Bewegungsapparat in der Ruhe enthalten ist, steigt nach Tabelle XVII im Tetanus von 34,4% auf 64,6% (cfr. Tabelle XVII), die absolute Differenz beträgt:

27,2%,



fast genau die gleiche Grösse, welche in der letzten Tabelle für die Steigerung der Blutmenge während der Contraction der Muskulatur bei Kaninchen gefunden wurde.

Die Versuche an Kaninchen zeigen, dass diese Steigerung der Blutzufuhr im Tetanus schon während der Contraction der Muskeln selbst stattfindet.

Im Zusammenhalt mit den oben erwähnten Versuchen LUDWIG's mit SKELKOW und SADLER<sup>1)</sup>, auf welche ersteren wir die Vermuthung eines Wechsels in der Energie der Organthätigkeit zwischen Muskeln und Drüsen je nach der Thätigkeit einer oder der anderen dieser Organgruppen mit begründeten, lässt sich das Resultat unserer Versuche so zusammenfassen, wenn wir die am gesammten Bewegungsapparat gewonnenen Daten auf den Hauptbestandtheil desselben, der sich im Tetanus direct ändert, beziehen.

Der Muskel erhält während der Contraction nicht nur relativ, indem sein Blutstrom beschleunigt wird, sondern auch absolut mehr Blut, sodass in der Zeiteinheit nicht nur **mehr** Blut durch den thätigen Muskel strömt, sondern auch in ihm enthalten ist als im ruhenden.

Diese Blutmenge wird bei Gesammttetanus dem Drüsen- und Blutleitungsapparate entzogen, da die Gesammtblutmenge durch Tetanus nicht vermehrt, sondern vermindert wird.

Da durch Tetanus ein der contrahirten Muskelmasse entsprechender Antheil von Blut den übrigen Organen des Körpers entzogen wird, so wird auch — unter gewöhnlichen Umständen, wenn nicht zwei Organgruppen gleichzeitig zur Thätigkeit gezwungen werden —, da die Organleistung auf der Menge der in der Zeiteinheit zugeführten Blutblastenmasse beruht, die Thätigkeit der übrigen Organe durch den Tetanus entsprechend herabgesetzt werden müssen. Diese Herabsetzung der Organthätigkeit wird nur in so fern der absoluten Blutverminderung nicht genau entsprechen, als ein Theil der Wirkung der letzteren durch die durch die Muskelarbeit im Allgemeinen beschleunigtere Circulation wieder ausgeglichen wird.

In Capitel III, S. 84 haben wir nach der Blutvertheilung in den Organen bei Ruhe den Satz aufgestellt, dass von dem Gesammtstoffwechsel bei Muskelruhe etwa trifft auf:

die Leber . . . . .	$\frac{1}{3} = 33,33\%$
die ruhenden Muskeln . . .	$\frac{1}{3} = 33,33\%$
die übrigen Organe . . . .	$\frac{1}{3} = 33,33\%$

Da die Blutvertheilung durch den Tetanus sehr bedeutend geändert wird, so wird dem entsprechend auch der Organstoffwechsel eine Aenderung erfahren müssen.

Der Bewegungsapparat bei geruhten Kaninchen enthält 36,6% der gesammten Blutmenge, bei tetanisirten enthält er 66,0%. Diese Steigerung des Blutgehaltes trifft vor Allem die Muskeln selbst, in ihnen steigt also dem entsprechend der Stoffwechsel fast auf die doppelte bei Ruhe beobachtete Höhe.

In runden Zahlen können wir daher annehmen, dass sich während des

1) Cfr. Einleitung, S. 4.



Tetanus der Gesamtstammuskulatur der Stoffwechsel, der in der Muskelruhe zu drei etwa gleichen Theilen zwischen Leber, ruhenden Muskeln und den übrigen Organen vertheilt, etwa so stellt:

tetanisirte Muskeln fast	$\frac{2}{3}$
Leber . . . . .	$\frac{1}{6}$ <sup>1)</sup>
übrige Organe . . . . .	$\frac{1}{6}$ .

In der in Cap. III. S. 64 berechneten Reihenfolge der Organe nach ihrem absoluten Blutgehalt und der deraus sich ergebenden Intensität ihres Stoffwechsels bei ruhenden Kaninchen folgen sich die Organe: Haut, Knochen, Gedärme, ruhende Muskeln, Gehirn und Rückenmark, Nieren, Milz, Leber.

Im Tetanus nehmen die Muskeln ihre Stellung direct neben den Drüsen ein. Auch der Blutgehalt der Nervensubstanzen ist bei Tetanus sehr bedeutend erhöht, was man bei Fröschen mit freiem Auge sehen kann.

#### §. 4.

#### Einige Versuche zur Demonstration der durch Nervenwirkung im Muskel veränderten Blutvertheilung.

Es scheint auf den ersten Blick, als müsste man die von LUDWIG mit SCÉLKOW und SADLER behauptete gesteigerte Blutdurchströmung des arbeitenden Muskels auf sehr einfache Weise anschaulich machen können.

Unsere Beobachtungen zeigen, dass die gesammte Extremität des Frosches im Tetanus mehr Blut erhält als in der Ruhe.

Beruhet diese Vermehrung auf einer gesteigerten Durchströmung der Muskulatur, der Hauptmasse des Beines, so muss, wie es scheint, eine in der Ruhe schwache Wundblutung durch Tetanus verstärkt werden können.

Um diesen Gedanken experimentell zu prüfen, wurde einem Frosche eine Zehe der hinteren Extremität abgeschnitten und die in einer bestimmten Zeit ausfliessenden Blutropfen gezählt. Nun wurde das Thier electricisch gereizt. Wer beschreibt das Erstaunen, dass, anstatt der erwarteten Beschleunigung der Blutung durch den Tetanus, in demselben Augenblick, in dem der Tetanus eintrat, die Blutung vollkommen sistirte; sowie der Tetanus vorüber war, kehrte die Blutung nun, wie es schien, etwas beschleunigt zurück.

Der Versuch wurde mit verschiedenen Stromstärken, mit Verwendung von Strychnin als Erreger der Muskelkrämpfe, wiederholt, ohne anderen Erfolg. Auch wenn tiefer, sogar in den Muskel selbst eingeschnitten wurde, der Erfolg änderte sich scheinbar nicht.

Da diese Untersuchungen zu einer Zeit angestellt wurden, in der die obigen Resultate des gesteigerten Blutgehaltes durch längeren und kürzeren Tetanus noch nicht gewonnen waren, so mussten sie Zweifel an der Richtigkeit dieser Anschauung erwecken.

Bei näherer Betrachtung zeigte sich makroskopisch, was man öfters auch mit Hülfe des Mikroskopes nachweisen konnte, dass die Hautgefässe im Tetanus erblassen. Hier lag der Schlüssel zur Lösung des Räthsels.

4) GSCHIEDLEN's und meine Versuche zeigen, dass der Leberblutgehalt bis etwa auf die Hälfte sinken kann.



Genauere Betrachtung der aus kleinsten durchschnittenen Gefässen in der Ruhe kaum bemerkbar blutenden Muskelquerwunde zeigte bei Reiz wirklich eine unzweifelhafte Steigerung der Wundblutung, die nur der absoluten Geringsfügigkeit der dadurch zu Verlust gehenden Blutmenge wegen zunächst nicht in's Auge gefallen war. Dagegen stand die Blutung aus den grossen durchschnittenen Blutgefässen vollkommen.

Es ist sonach vielleicht anzunehmen, dass bei Fröschen das Blut, welches in der Ruhe sich zwischen Haut, Knochen und Muskeln vertheilt, während des Tetanus fast in seiner gesammten Masse in die Muskeln gezogen wird, sodass für die anderen Gewebe des Bewegungsapparates, also auch für eine Blutung aus denselben, kein Blut mehr zur Verfügung stehe.

Dieselbe Wechselwirkung, welche wir zwischen dem Gesamtbewegungsapparat und den Eingeweiden in Beziehung auf die Blutvertheilung nachgewiesen haben, wird sonach durch diesen Versuch auch für die einzelnen Gewebe des Bewegungsapparates bestehend gezeigt.

Während der Arbeitsleistung können die Muskeln sonach nicht nur aus dem grossen Blutreichthum der Eingeweide Blut an sich ziehen, beim Frosche wenigstens versorgen sie ihren Mehrbedarf auch aus der während der Ruhe der Haut und den Knochen zugeführten Blutmenge.

Die durch Muskelcontraction bedingte Steigerung des Blutgehaltes im Bewegungsapparat bezieht sich sonach primär nur auf die Muskeln allein.

Nach längerer Muskelarbeit scheint sich dieses Verhältniss wenigstens nach den allbekannten Beobachtungen am Menschen zu verändern, sodass in der Folge auch der Blutgehalt der Haut gesteigert wird. —

Wenn man längere Zeit die unteren Extremitäten eines Frosches allein tetanisirt hat und zieht dem Thiere dann die Haut ab, so erscheint durch den gesteigerten Blutgehalt in den tetanisirten Muskeln der Oberkörper erblasst, während die Schenkel sich lebhaft geröthet zeigen. Dieses Experiment gelingt nicht mit deutlichem Erfolg bei der Vergleichung mit den beiden hinteren Extremitäten in derselben Weise.

Bei Curare-Vergiftungen der Frösche von einer Rückenhautwunde aus zeigt sich stets ohne weitere Versuchsbedingungen das gleiche Resultat über die Veränderung der Blutvertheilung durch Muskelthätigkeit. Bekanntlich werden bei dieser Art der Applicirung des Giftes bei Fröschen die Muskelnerven der oberen Extremitäten ziemlich viel früher unthätig als die der Hinterbeine, worauf das bekannte Zusammensinken des vergifteten Thieres, das gesund auf seine Arme sich stützt, eintritt. Lange noch nach diesem Zusammensinken und dem Eintritt der Paralyse oder Halbparalyse der Arme macht der Frosch noch die Springbewegungen mit den Hinterextremitäten, diese sind sonach länger thätig als die Arme und zu einer Zeit, in der letztere schon nicht einmal mehr kürzere Abwechslung zwischen Ruhe und Thätigkeit zeigen. Die willkürlichen Bewegungen mit dem Oberkörper, welche Frösche machen, die an den Hinterbeinen tetanisirt werden, stören in etwas die Ausbildung der Veränderung in der Blutvertheilung bei Tetanus. Bei den Curarefröschen, wo dieses Moment der Ausgleichung wegfällt, zeigt sich auch die Wirkung der Muskelthätigkeit am



schlagendsten. Der Oberkörper ist erblasst, blutleer, die Muskeln der Hinterbeine stark geröthet, strotzend mit Blut gefüllt. —

Ein hübsches hierher gehörendes Experiment lässt sich am Herzen des Frosches anstellen.

Am häufigsten sieht man bei Curarefröschen eben wegen des oben erwähnten Einflusses der Vergiftung auf die Blutvertheilung das Herz weniger blutreich, erblasst. Dieser Zustand ist es, in welchem der Versuch am schönsten sich demonstrieren lässt, obwohl er auch an Herzen gelingt, die in der Diastole wie eine rothe Kirsche vor Blutfülle in ihrer Muskulatur strotzen. Berührt man das Herz in der Systole mit einem feinen, aber stumpfen Instrumente, so sieht man, wie noch vor der Diastole, vor Eintritt des Blutes in das Herz, in diese eine gereizte Stelle Blut hineinschiesst, sie als eine rothe Geschwulst über die Oberfläche des Herzens erhebt, die nach starker Berührung auch noch während der Diastole und nachher in der Systole, wenn die Herzmuskulatur im Uebrigen wieder erblasst ist, sichtbar bleiben kann. Wohl jedem Experimentalphysiologen ist dieses Experiment schon gelegentlich aufgestossen. Wenn man ein Froschherz mit einer Pincette berührt und etwas in die Höhe hebt, tritt an der gezwickten Stelle des Herzens diese, den Reiz noch einige Zeit überdauernde, local gesteigerte Blutfülle ein. Das Herz reagirt so lebhaft auf derartige Reizungen, dass man mit einer stumpfen Nadel geradezu auf seiner Oberfläche verschiedene Linien ziehen kann, die dann sofort in Blutschrift aufschliessen, die je nach der Reizstärke mehr oder weniger rasch wieder verschwindet.

Die neuen im Leipziger physiologischen Institute gemachten Beobachtungen über die Verlangsamung des Blutstromes in den Muskeln bei Ermüdung derselben, sind nicht so zu deuten, als würde damit auch die Blutmenge in den ermüdeten Muskeln vermindert. Unsere Versuche an Fröschen, deren Blutgehalt im Bewegungsapparate nach andauerndem Tetanus untersucht wurde, lehren vielmehr, dass auch der ermüdende Muskel, resp. Bewegungsapparat, mehr Blut enthält als der geruhte. Die Verlangsamung des Blutstromes kann mit der gleichzeitigen Erweiterung des Strombettes direct zusammenhängen.

Hier soll noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass in den Beobachtungen C. Voit's<sup>1)</sup>, über die Wirkungen des Kaffee's, resp. Kaffein's, eine Einwirkung dieses Giftes, das das vergiftete Thier zu heftigen Muskelkrämpfen erregte, auf das Gefässsystem beschrieben wird.

»Die Gefässe dehnen sich aus, d. h. es tritt eine Lähmung der Gefässmuskeln ein, auch die Capillaren sind mit Blut angefüllt, wodurch die ganze Haut rosaroth gefärbt erscheint. Die Muskeln sind meist ungemein fest und viel dicker als normal, nur nicht an den Theilen mit abgebundenen Gefässen; die Muskeln werden dicker, auch wenn die Nerven durchschnitten und keine Krämpfe eingetreten waren«. Voit leitet die Anschwellung der Muskeln von der Ausdehnung der Gefässe ab, die wie an der äusseren Haut, so auch im Muskel stattfand.

Diese Beobachtungen zeigen mit aller Deutlichkeit, dass das Kaffein, oder der Kaffee, der so lebhaft wirkungen auf das Kraftgefühl der Muskeln und

1) a. a. O. pg. 443.



Nerven ausübt und die Arbeitsfähigkeit zunächst subjectiv bedeutend steigert, eine ebenso deutliche Einwirkung auf die Vertheilung des Blutes in den Organen hat. Dem Bewegungsapparate wird Blut in gesteigerter Menge zugeführt, der Stoffwechsel in diesen Organen dadurch gesteigert. Das gesteigerte Kraftgefühl beruht sonach bei Kaffeegenuss auf demselben Momente, wodurch dasselbe bei einer im Allgemeinen gesteigerten Ernährung hervorgerufen wird. Hier wird local der Bewegungsapparat besser ernährt, der Stoffwechsel in ihm gesteigert und damit das auf der Grösse des Stoffwechsels in den Bewegungsorganen beruhende subjective Kraftgefühl. Die Veränderung der Blutvertheilung ist nach den Voir'schen Beobachtungen von dem Tetanus, der im Gefolge der Kaffeeinvergiftung eintritt, ganz unabhängig, da sie auch nach Durchschneidung der Nerven, wonach die Krämpfe ausbleiben, in ziemlich gleicher Stärke wie bei den Krämpfen selbst eintritt.

Zweifelsohne wird sich eine Reihe von Stoffen auffinden lassen, welche eine derartige Einwirkung auf die Blutvertheilung haben und dadurch den Stoffwechsel local erhöhen oder verringern können. So werden sich die Wirkungen von Stoffen erklären, die, trotz ihres grossen Einflusses auf das Allgemeinbefinden, doch von keiner steigernden oder verlangsamenden Wirkung auf den Gesamtstoffwechsel sind. Die locale Veränderung der Organthätigkeit beruht auf einer localen Veränderung der Ernährung durch Veränderung der Blutzufuhr zu dem betreffenden Organe.

### §. 5.

#### **Volumsänderung der menschlichen Extremitäten durch Muskelarbeit.**

Es ist bekannt, dass die Bewegungsglieder durch Uebung an Volum dauernd zunehmen.

Wenn die Muskulatur eine so bedeutende Steigerung ihres Blutgehaltes erfährt durch die Arbeitsleistung, so muss eine entsprechende Zunahme ihres Volums und damit der gesammten arbeitenden Bewegungsglieder: der Beine, der Arme eintreten.

Im Folgenden sollen einige derartige Messungen mitgetheilt werden.

Bei dem Gehen in der Ebene, mehr noch bei dem Steigen auf Höhen, leistet die Wadenmuskulatur eine bedeutende Arbeit.

In der Ruhe wurde der grösste Umfang der Waden gemessen, die Messstelle mittelst Höllenstein bezeichnet in ihrem ganzen Umfang, sodass eine folgende Messung genau wieder auf die erstgemessene Stelle traf. Ein starkes ledernes Metermaass war der Messapparat. Das Uebrige ergeben die Versuche selbst.

#### **I. Versuch.**

1. Messung 6 hor. 20' Morgens sogleich nach dem Aufstehen aus dem Bett bei Ruhe der Muskulatur:

rechte Wade stehend	36,9 CM.
linke       »       »	38,0   »



2. Messung 9 hor. 20', nach den gewöhnlichen leichten Bewegungen der ländlichen Morgenbeschäftigungen, also nach dreistündiger leichter Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 37,5 CM.

linke » » 38,6 »

3. Messung 12 hor. 0' Mittags.

Um 9 hor. 25' begann die Fusswanderung bis 10 hor. 0' in der Thalsole 2254 Fuss u. M., von 10 hor. 0' an rasches Ansteigen auf zumTheil steilem Gebirgswege, um 12 hor. 0' auf der Bergspitze 5341 Fuss u. M., also nach 2 hor. 35' starker Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 38,0 CM.

linke » » 39,2 »

4. Messung 12 hor. 25'.

Nach 25' Rast, Muskelruhe nach Muskularbeit:

rechte Wade stehend 38,0 CM.

linke Wade nicht gemessen.

5. Messung 2 hor. 0'.

Nachdem 35' steil abwärts gestiegen war, dann 1 Stunde gerastet:

rechte Wade stehend 37,7 CM.

linke » » 38,7 »

6. Messung 3 hor. 20'.

Nach weiterem Absteigen und Rückwanderung in der Ebene, also nach neuer Muskularbeit:

rechte Wade stehend 37,9 CM.

linke » » 39,0 »

7. Messung 7 hor. 30' Abends. Nach 4stündiger Rast:

rechte Wade stehend 37,5 CM.

linke » » 39,0 »

Die linke Wade war etwas schmerzhaft, nach einem kurzdauernden Krampfe um 12 hor.

8. Messung 7 hor. Morgens, direct nach der Nachtruhe aus dem Bett, nach vollkommener Muskelruhe:

rechte Wade stehend 37,0 CM.

linke » » 38,0 »

## II. Versuch.

Er schliesst sich direct an den vorstehenden an.

1. Messung, 7 hor. 0' Morgens, direct nach der Nachtruhe aus dem Bett, also nach längerer vollkommener Muskelruhe:

rechte Wade stehend 37,0 CM.

linke » » 38,0 »

2. Messung, 7 hor. 0' Abends, nach viel Bewegung im Freien, einem längeren Gange und einem Lauf in der Ebene, also nach starker Muskelthätigkeit:

rechte Wade stehend 38,6 CM.

linke » » 39,7 »



3. Messung 10 hor. 0' Abends, nach längerem Sitzen, also bei Muskelruhe nach Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 38,5 CM.

linke » » 39,7 »

4. Messung 6 hor. 0' Morgens, sogleich nach dem Aufstehen aus dem Bette, also nach langer vollkommener Muskelruhe:

rechte Wade stehend 36,9 CM.

linke » » 38,2 »

5. Messung 7 hor. 45' Morgens, nach möglichst leichten Bewegungen und Sitzen, also bei gewöhnlicher Muskelruhe:

rechte Wade stehend 37,2 CM.

linke » » 38,2 »

6. Messung 8 hor. 27' Morgens nach 25 Minuten rascher und starker Bewegung in der Ebene, also nach kurzer, aber starker Muskelbewegung:

rechte Wade stehend 37,7 CM.

linke » » 38,8 »

7. Messung 8 hor. 37' Morgens, nach 10 Minuten Muskelruhe nach Muskularbeit:

rechte Wade stehend 37,4 CM.

linke » » 38,5 »

Die Beobachtungen lehren (II. Versuch) deutlich, dass das Volumen der Unterschenkel am Morgen direct nach der Nachtruhe kleiner ist, als am Abend nach stärkerer Bewegung im Freien.

Das Volum der Unterschenkel nimmt mit der stärkeren Arbeit der betreffenden Muskeln direct zu, diese Zunahme bleibt einige Zeit, nachdem die Muskularbeit aufgehört hat, noch bestehen und verschwindet erst nach längerer Ruhe im Bett, sodass das Volum der betreffenden Glieder am Morgen nach der Muskelanstrengung wieder das alte ist.

Die stärkste Zunahme des Wadenumfanges ist im I. Versuch 3. Messung für die

rechte Wade 1,1 CM.

linke » 1,2 »

im II. Versuch, 2. Messung

rechte Wade 1,6 CM.

linke » 1,7 »

Die Resultate dieser Beobachtungen stimmen mit den directen Blutbestimmungsergebnissen bei und nach Muskeltetanus überein. Sie beweisen einen gesteigerten Blutreichthum der Bewegungsapparate während und nach ihrer Arbeitsleistung.



### Schlussbetrachtung des Abschnittes I.

Wir sind mit dem Gedanken an die vorstehenden Untersuchungen herangetreten; eine Vermittelung für die bisher bestehenden scheinbaren Widersprüche aufzufinden zwischen den Experimentalergebnissen der Versuche, von welchen sich die einen bei der Erforschung des Einflusses der Muskelthätigkeit auf den Stoffumsatz auf die Betrachtung des Gesamtstoffwechsel beschränkten, die anderen dagegen auf die Beobachtung des Localstoffwechsels in den direct thätigen Organen.

Schon unsere älteren Versuche hatten zum Theil die gesuchte Vermittelung ergeben.

Wenn die Gesamtstoffwechselversuche bei Muskelthätigkeit den Stoffumsatz im Ganzen der geleisteten mechanischen Arbeit nicht äquivalent gesteigert zeigen, so lehren unn unsere Versuche, dass diese relative Unabhängigkeit des Gesamtstoffwechsels von der Nerven- und Muskelarbeit von einer

#### **doppelten Compensation**

bedingt sei.

Der durch die Organstoffwechselversuche bewiesene Mehrverbrauch an Stoffen in den thätigen Organen, wird für den Gesamtstoffwechsel ausgeglichen.

1) durch locale Compensation im arbeitenden Organe selbst.

Auf die Zeit der bei der Arbeit gesteigerten Stoffzersetzung folgt in der Zeit der Ermüdung ein Herabsinken des Organstoffwechsels unter die bei leistungsfähiger Ruhe vor der Arbeit eingehaltene Linie. So findet eine Ausgleichung in der Art statt, dass die Summe der Organzersetzungen in der Thätigkeit und der darauf folgenden Ermüdung sich theoretisch nicht wesentlich zu unterscheiden braucht von der Grösse der Zersetzungen, welche in einem der Summe dieser beiden Zeittheile gleichen Zeitabschnitte im Zustand der leistungsfähigen Ruhe, in dem geruhten Zustande des Organes in diesem stattfindet.

In dem Auftreten von ermüdenden Substanzen im ermüdenden Muskel und Nerven haben wir experimentell ein thatsächliches Moment erkannt, wodurch der Stoffumsatz nach einer anfänglichen Steigerung bei der Thätigkeit schliesslich im Zustande der Ermüdung auf ein Minimum herabgedrückt wird.

Eine weitere Wirkung im Sinne der Ausgleichung im Gesamtstoffwechsel findet aber statt

2) durch die hier neu erkannten allgemeinen Compensationen zwischen arbeitenden und ruhenden Organen desselben Organismus, durch den

#### **Thätigkeitswechsel der Organe.**

Unsere Annahme des Thätigkeitswechsels basirt vorläufig auf den Beobachtungen über die Veränderung der Blutvertheilung im Gesamtorganismus durch die Arbeitsleistung einzelner Organe, vor allen der Muskeln und Nerven.



In dem Blute sehen wir die Haupternährungsflüssigkeit der Organe, es ist uns wie VOIT u. A.<sup>1)</sup> ein Maass für das dem Organe zuströmende Blastem. Je mehr Blut und damit Blastem einem Organe zugeführt wird, desto lebhafter wird sein Stoffumsatz.

Unsere Versuche beweisen, dass der Muskel im Tetanus eine sehr bedeutende Steigerung seines Blutgehaltes erfährt; diesen Werthen entsprechend muss sein Stoffumsatz bei Arbeit steigen, wozu auch die Steigerung der Geschwindigkeit des Blutstromes in derselben Zeit nicht unwesentlich beiträgt.

Aber während die Bewegungsorgane der Muskelarbeit leistenden Thieres mehr Blut erhalten, wird dieses Plus den übrigen Organen entzogen. Je mehr Blut und Blastem den arbeitenden Organen zuströmt, um ebenso viel weniger erhalten die übrigen. Dadurch wird annähernd um dieselbe Grösse der Stoffwechsel in den übrigen Körpertheilen vermindert, um welche er in dem vorzüglich arbeitenden Organe vermehrt ist.

Auch dadurch wird eine Steigerung des Gesamtstoffwechsels der geleisteten Arbeit entsprechend unmöglich gemacht.

Diese so oft vorausgesetzte Congruenz wird noch weiter dadurch gestört, dass während des Tetanus die Blutcirculation im Allgemeinen etwas beschleunigt ist, wodurch der Umsatz in allen Organen erhöht werden muss. Diese Steigerung tritt auch ein in den wegen veränderter Blutvertheilung weniger Stoffe zersetzenden Organen, also auch hier wieder Compensation. Dann lehren uns unsere Beobachtungen weiter, dass die einzelnen Organe in Beziehung auf die Intensität ihres normalen Stoffwechsels sehr bedeutende Unterschiede zeigen. So wird die Blutverminderung in den Organen hier nach der normalen Intensität des in ihnen vor sich gehenden Stoffwechsels auch noch von verschiedener Wirkung auf den Gesamtstoffwechsel sein.

So viel steht nun fest:

**Die arbeitenden Muskeln und Nerven**, die nach unseren Beobachtungen auch eine vom Blute unabhängige Steigerung ihres Stoffwechsels zeigen und durch eine erkannte Veränderung der physikalischen Eigenschaften ihrer Membranen im Stande sind mehr Blastem in sich aufzunehmen<sup>2)</sup>, **erhalten auch eine gesteigerte Zufuhr von Sauerstoff und Blastem** (im Blut). Da auf diesen Factoren vor Allem die Grösse des Stoffwechsels beruht, so ist damit **bewiesen**, dass bei der Muskelarbeit in den arbeitenden Organen selbst eine entsprechende Steigerung des Stoffwechsels eintreten muss, die wir als Quelle der Muskelkraft ansprechen.

Der Einfluss des im arbeitenden Muskel gesteigerten Stoffwechsels auf den Allgemeinstoffwechsel wird durch **Compensations-einrichtungen** ausgeglichen, von denen wir jetzt zwei experimentell kennen gelernt haben:

1. **die locale Compensation** in den arbeitenden Muskeln und Nerven, und

2. **den Thätigkeitswechsel oder Functionswechsel** der Organe.

1) cf. Einleitung. S. 2.

2) cfr. Lebensbedingungen der Nerven, S. 82 ff.

Ranke, Functionswechsel d. Organe.



Andere Compensationsvorgänge, die noch gleichzeitig in Wirksamkeit treten könnten, sind damit nicht ausgeschlossen. Schon oben wurde der im Gegensatz zur Compensation sich geltend machenden Wirkung der allgemeinen Steigerung der Circulationsgeschwindigkeit gedacht. Doch haben jedenfalls weitere Hypothesen den Experimentalbeweis ihrer Existenz erst zu liefern, der für zwei so energisch wirkende Ausgleichungsvorgänge im Vorstehenden erbracht ist.

In dem folgenden Abschnitte wenden wir uns zu neuen Versuchen.

Der Beweis des Thätigkeitswechsels soll noch an dem Einzelstoffwechsel der Organe selbst geführt und damit über alle Zweifel sicher gestellt werden.



## Abschnitt II.

Die

**Betheiligung der grossen Organe**

am

Stoffwechsel bei Ruhe und im Tetanus.

---



## Abchnitt II

Die

Betheiligung der grossen Organe

an

Stoffwechsel bei Ruhe und im Leben



## Capitel V.

### Die Thätigkeit der Leber und der Nieren unter dem Einfluss des Tetanus und der Muskelruhe.

#### §. 1.

##### Vorbemerkungen.

Von der Erkenntniss der Veränderung der Blutvertheilung im Organismus durch Muskelruhe und Tetanus ausgehend dürfen wir den vermutheten Functionswechsel der Organe schon für bewiesen halten.

Durch die Muskelarbeit werden in den arbeitenden Organen die drei Factoren des Stoffwechsels, die wir aus den BISCHOFF-VOIR'schen Stoffwechselversuchen kennen, im Sinne einer Steigerung des Stoffwechsels verändert. Dieser Veränderung entsprechend werden die Umsatzbedingungen in den übrigen Organen des Körpers während derselben Zeit vermindert, welche Verminderung durch die gleichzeitig im Allgemeinen etwas gesteigerte Circulationsgeschwindigkeit nur zum Theile ausgeglichen werden wird.

Aeltere Experimente haben zu erweisen versucht, dass während der Muskelarbeit die Resorption vom Darm aus beschleunigt sei, daraus hat man wohl im Allgemeinen hie und da den Schluss ziehen wollen, dass durch Arbeit der Muskeln die Verdauungsthätigkeit und damit die Thätigkeit der sich bei diesem Acte betheiligenden Drüsen gesteigert werde.

Diese beschleunigte Resorption vom Darne aus, die wir schon als exact bewiesen annehmen wollen, hat ihren alleinigen Grund offenbar in der schon mehrfach erwähnten Beschleunigung der Gesamtcirculation durch die Thätigkeit der Muskeln, für eine durch die Muskelarbeit gesteigerte Drüsen-thätigkeit beweist sie direct Nichts. Es wird sich experimentell entscheiden müssen, ob diese Beschleunigung der Circulation im Stande ist, was uns von vorne herein nach den Resultaten der Gesamststoffwechselversuche als äusserst unwahrscheinlich erschien, die durch die absolute Verminderung des für die Drüsen zu verwendenden Blutes angestrebte Herabsetzung ihres Stoffwechsels überzucompensiren.

Dagegen ist jedem an starke Muskelanstrengungen Gewöhnten unsere Grundbetrachtung bekannt, dass der Zustand der Verdauung die Fähigkeit zu Muskelleistungen herabsetzt, und umgekehrt, eine dabei trotz der subjectiven Unfähigkeit, die von dem relativen Blutmangel in den Muskeln während der



gesteigerten Thätigkeit der grossen Unterleibsdrüsen herrührt, erzwungene energische, fortgesetzte Muskelleistung die Verdauung hintanhält.

Hier ist nur eine Entscheidung durch das Experiment möglich.

Wir wenden uns zu diesem Experimentalbeweis.

Die Untersuchungen dieses Capitels wurden an temporären Fisteln ange-  
stellt: Gallenblasenfisteln und Fisteln der Harnleiter.

Die Operationen wurden möglichst ohne Blutung ausgeführt, was durch doppelte Unterbindung der betreffenden Gefässe vor dem Schnitt nicht zu schwer möglich ist.

Die Gallenversuche wurden an Kaninchen und Meerschweinchen an-  
gestellt, die Harnversuche an Hunden.

Die Canüle wurde in die entleerte Gallenblase eingebunden, der Ductus choledochus doppelt abgeschnürt. Die nun sogleich austropfende Galle in untergestellten gewogenen Glasschälchen gesammelt, die Tropfenzahl bestimmt, die Gallenmenge gewogen. An die Hinterfüsse waren die Electroden eines electrischen Schnittapparates befestigt, sodass die Muskeln der beiden Beine von unten auf von den Inductionströmen durchflossen wurden. So konnte die Erregung leicht auf die hinteren Extremitäten beschränkt werden.

Nachdem einige gleiche Zeitabschnitte hindurch in der Muskelruhe die ausfliessende Gallenmenge bestimmt war, wurde Tetanus in den Hinterbeinen hervorgerufen, dabei die Gallenabsonderung wieder bestimmt und ebenso in der Ruhe nach dem Tetanus.

Ganz analog waren die Harnversuche an Hunden. Die Canüle wurde in den Harnleiter eingebunden und die Tropfenzahl gemessen. Der zweite Harnleiter wurde unterbunden.

Bei diesen Versuchen drängte sich zunächst eine ungesuchte Beobachtung auf.

Hatte das Thier, was einige Male eintrat, bei der Operation auch eine scheinbar nicht beträchtliche Blutmenge verloren, so wurde doch dadurch die Gallenabsonderung vermindert oder vollkommen unterdrückt. Dasselbe wurde bei der Bestimmung der Harnmenge unter analogen Bedingungen beobachtet. Man war im Stande, die cessirende Absonderung durch Injection von warmem 4%igem Salzwasser in die Venen wieder hervorzurufen. Im Harn stellte sich dadurch Eiweissgehalt ein.

So unerwünscht an sich diese Beobachtungen waren, die in der Folge durch vorsichtigeres Operiren vermieden wurden, so lehren sie uns doch, dass eine allgemeine Blutverminderung, welche auf die Energie der Muskelbewegungen noch keinen merkbaren Einfluss ausübt, eine sehr lebhafte Einwirkung auf die Drüsenhätigkeit zeigt: sie vermindert respective unterdrückt die Thätigkeit der grossen Drüsen: Leber und Niere momentan.

Wir dürfen danach schon von vorneherein vermuthen, dass eine locale Blutverminderung in den Drüsen, wie sie durch Muskelthätigkeit erzeugt wird, einer allgemeinen Blutverminderung analog wirken, d. h. die betreffenden Drüsenhätigkeiten herabsetzen werde.

So wenden wir uns nach dieser vorläufigen Orientirung zu den Versuchen selbst.



## §. 2.

**Versuchsbeispiele über Gallenabsonderung bei Kaninchen im Tetanus und Muskelruhe.****Versuch I.**

Versuchsthier: Kaninchen.

Rohgewicht: 1384 Gramm.

Lebergewicht, bluthaltig: 34,5 Gramm.

Operation. Tracheotomie. Eröffnung der Bauchhöhle in der Linea alba ohne Blutung, die Gedärme herausgelegt, in ein feucht-warmes Tuch von 35° C. eingeschlagen, mit einem zweiten ebenfalls feuchtwarmen bedeckt, das von Zeit zu Zeit erneuert wird, um die Temperatur möglichst gleichmässig zu halten.

Gallenblase angeschnitten, Galle entleert, Canüle eingebunden, Abbin-  
dung des Gallengangs in der Nähe der Eintrittsstelle in den Darm.

Die Galle fliesst regelmässig aus, Tropfen für Tropfen.

Versuch. Der regelmässige Gallenabfluss wurde durch den Tetanus gestört und zwar sehr verlangsamt.

Bei Tetanus I und II fiel zuerst noch der schon im Röhrchen von der vor-  
ausgehenden Periode der Ruhe her befindliche Tropfen ab, dann sistirte die  
Gallenabsonderung in I vollkommen, bei II kam noch ein zweiter Tropfen. Bei  
Tetanus III war das Thier schon sehr erschöpft. Die Muskeln der hinteren Ex-  
tremitäten contrahirten sich anfänglich nur noch sehr schwach, später gar nicht  
mehr auf Stromstärken, die nicht das ganze Thier in Tetanus versetzten. Es  
floss verlangsamt Galle ab. Nach Tetanus I und II erschien die Gallenab-  
sonderung ungeschwächt in der Ruhe wieder, nach Tetanus III blieb die Ver-  
langsamung anfänglich noch bestehen, vom zweiten Tropfen nach dem Auf-  
hören der Muskelreizung an folgten sich die Tropfen wieder ziemlich mit der  
für die Muskelruhe bei diesem Thiere normalen Geschwindigkeit.

**Tropfenzählung.**

Beginn des Versuchs . . . . . 40 hor. 40' 0"

**Ruhe.**

10 Tropfen fielen bis . . . . . 40 hor. 46' 25"

5 " " " . . . . . " 48' 5"

5 " " " . . . . . " 50' 48"

5 " " " . . . . . " 53' 42"

Die Leber producirt in der Ruhe 4 Tropfen in: **31"**

**Tetanus I.**

Beginn des Tetanus um . . . . . 40 hor. 55' 45"

2 Tropfen bis . . . . . " 59' 0"

Die Leber producirt im Tetanus 4 Tropfen in: **2' 22"**



## Ruhe nach Tetanus I.

Beginn der Ruhe nach dem Tetanus	40 hor.	59' 0"
5 Tropfen fielen bis	44 »	7' 20"
Die Leber producirt in der Ruhe 4 Tropfen in:		1' 45"

## Tetanus II.

Beginn	44 hor.	7' 20"
erster Tropfen	»	12' 50"
dann Nichts bis	»	15' 40"
Die Leber producirt im Tetanus 4 Tropfen in:		4' 10"

## Ruhe nach dem Tetanus II.

Beginn	44 hor.	15' 40"
Tropfen 4	»	16' 15"
» 2	»	16' 35"
» 3	»	17' 0"
» 4	»	17' 20"
» 5	»	17' 40"
» 6	»	17' 55"
» 7	»	18' 20"
» 8	»	19' 50"
» 9	»	20' 27"
» 10	»	23' 24"
Die Leber producirt in der Ruhe 4 Tropfen in:		46"

## Tetanus III.

Beginn	44 hor.	23' 24"
Tropfen 4	»	25' 25"
» 2	»	28' 53"
» 3	»	29' 7"
» 4	»	29' 34"
» 5	»	31' 4"
Die Leber producirt im Tetanus 4 Tropfen in		1' 32"

## Ruhe nach dem Tetanus III.

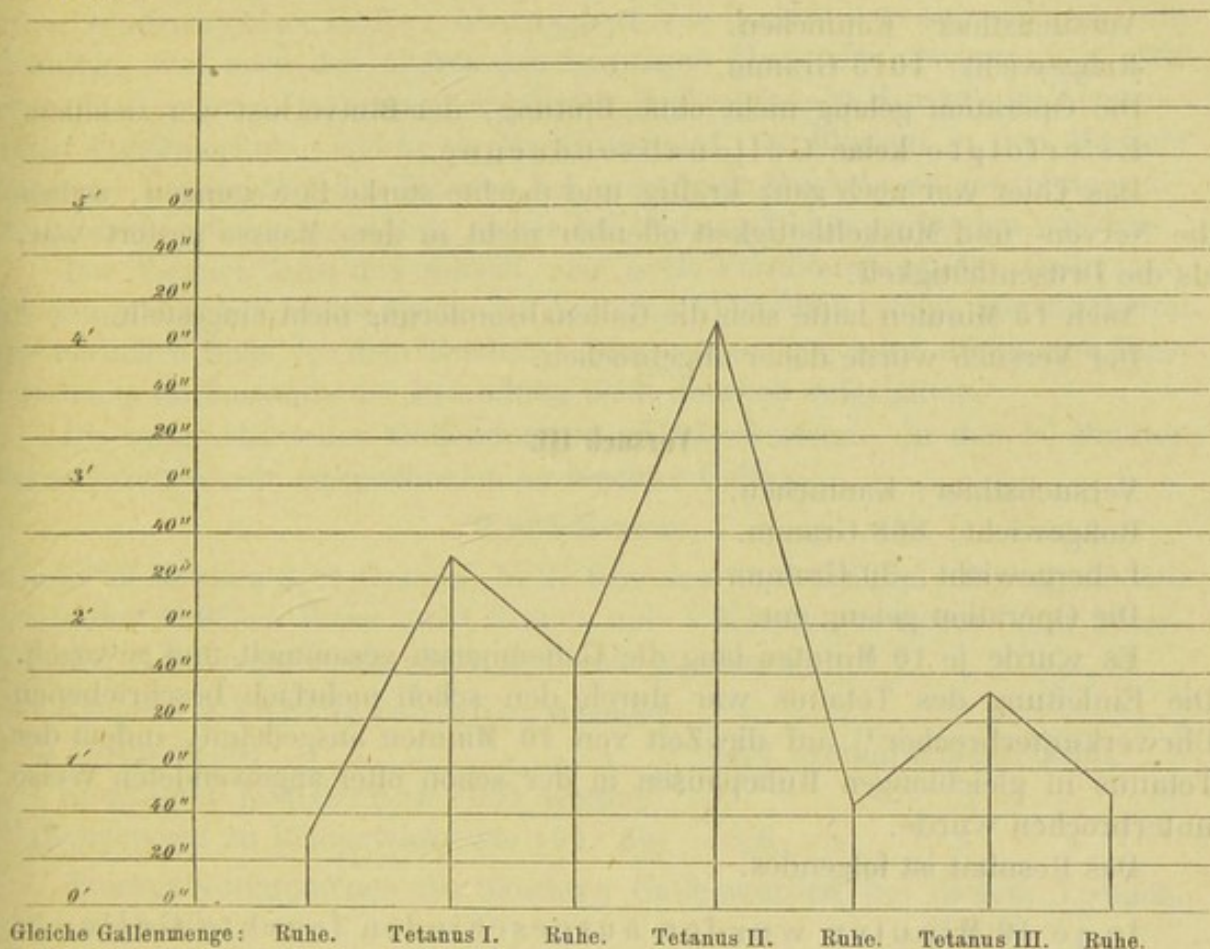
Beginn	44 hor.	34' 4"
Tropfen 4	»	33' 47"
» 2	»	34' 27"
» 3	»	35' 12"
» 4	»	36' 7"
» 5	»	37' 0"
Die Leber producirt in der Ruhe 4 Tropfen in		1' 11"

Nehmen wir die gleichen Tropfenzahlen als Abscisse und tragen darauf die Zeiten als Ordinaten auf, so erhalten wir für die Geschwindigkeit der Gallenproduction bei Ruhe und Tetanus der hinteren Extremitäten nach der vorstehenden Tabelle folgende Curve.



# Curve der Gallenausscheidung bei Muskelruhe und Tetanus (nach Versuchsbeispiel Nr. I.)

Zeiten



Die Ausscheidung gleicher Gallenmengen bedarf sonach sehr ungleicher Zeiten in Ruhe und Tetanus, die Zeiten wachsen im Tetanus sehr bedeutend, die Gallenproduction nimmt also in der Zeiteinheit um die gleiche Grösse ab.

20 Tropfen in der Ruhe vor dem Tetanus I ausgeschieden wogen:

feucht 0,8380 Gramm.

trocken 0,0499 »

also:

feste Stoffe 2,3%

Wasser 97,7%

Betrachten wir nur die Galleausscheidung bei Ruhe vor dem Tetanus als die normale, so hätte danach das Thier in 24 Stunden ausgeschieden feuchte Galle 117,64 Gramm; 1 Kilogramm Kaninchen (Reingewicht = 1107), demnach in 24 Stunden feuchte Galle = 106,2 Gramm.

Im Tetanus II wurden ausgeschieden

feucht 0,0365 Gramm.

trocken 0,0008 »

also:

feste Stoffe 2,2%

Wasser 97,8%



Danach scheint die Galle im Tetanus etwa gleich concentrirt als in der Ruhe.

### Versuch II.

Versuchsthier: Kaninchen.

Rohgewicht: 4045 Gramm.

Die Operation gelang nicht ohne Blutung, der Blutverlust war ziemlich. Es erfolgte **keine** Gallenabsonderung.

Das Thier war noch ganz kräftig und machte starke Bewegungen, sodass die Nerven- und Muskelthätigkeit offenbar nicht in dem Maasse gestört war, als die Drüsenthätigkeit.

Nach 45 Minuten hatte sich die Gallenabsonderung nicht eingestellt.

Der Versuch wurde daher abgebrochen.

### Versuch III.

Versuchsthier: Kaninchen.

Rohgewicht: 868 Gramm.

Lebergewicht: 30 Gramm.

Die Operation gelang gut.

Es wurde je 40 Minuten lang die Gallenmenge gesammelt und gewogen. Die Einleitung des Tetanus war durch den schon mehrfach beschriebenen Uhrwerkunterbrecher<sup>1)</sup> auf die Zeit von 40 Minuten ausgedehnt, indem der Tetanus in gleichlangen Ruhepausen in der schon öfter angewendeten Weise unterbrochen wurde.

Das Resultat ist folgendes.

In je 40 Minuten wurden ausgeschieden feuchte Galle:

I. Ruhe vor dem Tetanus I:

0,4855 Gramm.

II. Tetanus I.

0,4375 Gramm.

III. Ruhe nach dem Tetanus I:

0,4930 Gramm.

IV. Tetanus II.

0,3012 Gramm.

V. Ruhe nach dem Tetanus II:

0,4126 Gramm.

Der Versuch zeigt die Gallenmengen schon während des Tetanus I vermindert, die Hauptverminderung fällt jedoch auf die Ruhe nach dem Tetanus I.

Durch den lang andauernden Tetanus war das Thier äusserst erschöpft, sodass bei Tetanus II, ausser durch Ströme, welche das ganze Thier in Krämpfe versetzten, keine deutliche Contraction der Muskeln der Unterextremitäten hervorgerufen werden konnte.

1) cf. z. B. Tetanus S. 229.



In Folge dessen sehen wir unter der Reizung im Zustande der Ermüdung die Gallensecretion wieder ansteigen, als fände keine Muskelreizung statt. Die Muskelreizung ist im Zustande der Ermüdung danach vollkommen wirkungslos in Beziehung auf die Gallenausscheidung, ein Resultat, was nach den älteren Anschauungen ebenso zu erwarten war, wie nach den neuesten mehrmals erwähnten Beobachtungen SADLER's im LUDWIG'schen Laboratorium, welche in Beziehung auf den Blutlauf in den Muskeln unter der Einwirkung des Tetanus bei ermüdeten Muskeln zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangten, als sie bei leistungsfähigen gefunden wurden.

Der Versuch lehrt uns sonach, wie nach Verminderung der Gallenausscheidung durch Tetanus wieder ein Ansteigen derselben erfolgt, bis annähernd zur normalen Höhe vor dem Tetanus. Dieses Ansteigen wird durch eine Muskelreizung im Zustande der Ermüdung nicht deutlich aufgehalten.

Die ausgeschiedenen Gallenmengen sind bedeutend. In den 50 Minuten Versuchszeit wurde ausgeschieden an feuchter Galle:

2,098 Gramm,

also in 60 Minuten 2,51 Gramm, in 24 Stunden 60,2 Gramm. Berechnen wir das in der üblichen Weise auf 1 Stunde und 1 Kilogramm Leber- und Thiergewicht, so bekommen wir als Ausscheidungsgrößen

1 Kilogramm Kaninchenleber scheidet	
in 1 Stunde aus . . . . .	84,0 Gramm feuchte Galle,
1 Kilogramm Kaninchen (694 Gramm)	
(Rohgewicht zu Reingewicht wie 100 : 80)	3,6    »    »    »

Trockenbestimmungen der feuchten Galle wurden bei diesem Versuche nicht angestellt.

Die Gallenmengen sind dadurch noch zu gering ausgefallen, dass auch Tetanus mit deutlicher Verminderung der Ausscheidung sich einschob. Rechnen wir nach den ersten 10 Minuten der Beobachtung, so ergeben sich als Gesamtausscheidung für 24 Stunden 72 Gramm Galle, ein Kilogramm Kaninchen hätte dann ausgeschieden in 24 Stunden 102,2 Gramm feuchte Galle.

#### Versuch IV.

Versuchsthier: Kaninchen, Weibchen.

Rohgewicht: 1230 Gramm.

Lebergewicht: 34 Gramm.

Die Operation gelang ziemlich ohne Blutung.

Auch hier wurden je 10 Minuten untersucht, der Tetanus war mit Unterbrechung in der oben angegebenen Weise eingeleitet. Das Thier ist nachher ganz ermüdet.

In je 10 Minuten wurden ausgeschieden Galle:

I. Ruhe vor dem Tetanus:

1,0380 Gramm feuchte Galle =

0,0495    »    trockene    »    =

22 Tropfen.



## II. Tetanus:

0,7995 Gramm feuchte Galle =

0,0443 » trockene » =

49 Tropfen.

## III. Ruhe nach dem Tetanus:

0,6865 Gramm feuchte Galle =

0,0440 » trockene » =

45 Tropfen.

## IV. Ruhe nach dem Tetanus:

0,6910 Gramm feuchte Galle =

0,0440 » trockene » =

45 Tropfen.

## V. Ruhe nach dem Tetanus.

0,7300 Gramm feuchte Galle =

0,0420 » trockene » =

46 Tropfen.

Auch dieser Versuch ergibt eine Abnahme der Gallensecretion in Folge von Tetanus, die hier sich schon geltend macht in der Zeit des Tetanus selbst, noch stärker aber hervortritt in der Ruhe nach dem Tetanus, um dann wieder einem nachträglichen Ansteigen Platz zu machen.

Die Gallenmengen sind hier absolut noch grösser als im vorstehenden Versuche. In 50 Minuten wurden ausgeschieden

feuchte Galle 3,9094 Gramm.

trockene » 0,0678 »

Also in 1 Stunde:

feuchte Galle 4,69 Gramm.

trockene » 0,08 »

in 24 Stunden:

feuchte Galle 112,6 Gramm.

trockene » 1,9 »

1 Kilogramm Kaninchenleber

scheidet in 1 Stunde aus 151 Gramm feuchte Galle,

scheidet in 1 Stunde aus 2,2 Gramm trockene Galle.

1 Kilogramm Kaninchen

(984 Gramm, Rohgewicht zu Reingewicht wie 100 : 80) 4,7 Gr. feuchte Galle,

(984 Gramm, Rohgewicht zu Reingewicht wie 100 : 80) 0,08 Gr. trockene Galle.

Rechnen wir die Gallensecretion nur nach den ersten 40 Minuten der Beobachtung, so berechnet sich für 24 Stunden die Ausscheidung:

feuchte Galle 150 Gramm.

trockene Galle 2,8 »

1 Kilogramm Kaninchen hätte dann ausgeschieden in 24 Stunden an feuchter Galle: 152,4 Gramm.

Die Trockenbestimmungen der Galle zeigen im Allgemeinen die bekannte Abnahme der festen Gallenbestandtheile mit der Dauer des Versuchs. Eine grössere Concentration der Galle im Tetanus konnte nicht constatirt werden.



Die Zusammensetzung der Galle in diesem Versuche war folgende:

I. Ruhe vor dem Tetanus:

1,88% feste Stoffe,  
98,12% Wasser.

II. Tetanus:

1,79% feste Stoffe,  
98,21% Wasser.

III. Ruhe nach dem Tetanus:

1,602% feste Stoffe,  
98,398% Wasser.

IV. Ruhe nach dem Tetanus:

1,59% feste Stoffe,  
98,41% Wasser.

V. Ruhe nach dem Tetanus:

1,64% feste Stoffe,  
98,36% Wasser.

VI. Ruhe nach dem Tetanus:

1,37% feste Stoffe,  
98,63% Wasser.

In einer späteren Portion derselben Galle, nachdem seit 4 $\frac{1}{2}$  Stunde die Galle ausgeflossen war, wurden die festen Stoffe ebenfalls bestimmt. Der Versuch ergab:

VII.

1,285% feste Stoffe,  
98,715% Wasser.

Die Concentration der Galle nimmt sonach ziemlich stetig ab, jedoch sind die Concentrationsschwankungen ziemlich unbedeutend.

**Versuch V.**

Versuchsthier: Kaninchen.

Rohgewicht: 4400 Gramm.

Lebergewicht: 33 Gramm.

Die Operation gelang vollkommen gut.

Es wurden hier, wie bei Versuch I, die Zeiten für die Ausscheidung gleicher Gallenmengen beobachtet.

Die Gleichheit der Gallenmengen wurde primär durch die Tropfenzählung controlirt, hinterher wurden die Gallenmengen noch gewogen, Zählung und Wägung stimmten vollkommen überein, wie sich aus den angeführten Zahlenwerthen ergeben wird. Nur bei den letzten Einzelversuchen dieses Gesamtversuchs wurde das Tropfengewicht etwas geringer als im Anfang, was mit der oben constatirten Verminderung der Gallenconcentration im Laufe des Versuchs zusammenhängt.



## Tropfenzählung.

Beginn des Versuchs . . . . . 9 hor. 59' 49"

## I. Ruhe vor dem Tetanus.

Tropfen	1	. . . . .	9 hor. 59' 48"
»	2	. . . . .	» 59' 40"
»	3	. . . . .	10 hor. 0' 8"
»	4	. . . . .	» 0' 57"
»	5	. . . . .	» 1' 3"
»	6	. . . . .	» 1' 34"
»	7	. . . . .	» 1' 54"
»	8	. . . . .	» 2' 49"
»	9	. . . . .	» 2' 46"
»	10	. . . . .	» 3' 45"

Die Leber producirt in der Ruhe vor dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 4' 26"

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,427 Gramm.

## II. Tetanus.

Tropfen	1	. . . . .	10 hor. 3' 44"
»	2	. . . . .	» 4' 45"
»	3	. . . . .	» 4' 40"
»	4	. . . . .	» 5' 0"
»	5	. . . . .	» 5' 32"
»	6	. . . . .	» 5' 58"
»	7	. . . . .	» 6' 27"
»	8	. . . . .	» 6' 54"
»	9	. . . . .	» 7' 30"
»	10	. . . . .	» 7' 54"

Die Leber producirt im Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 4' 36"

10 Tropfen wogen feucht 0,4300 Gramm.

Das Thier ist nach dem Tetanus wieder vollkommen munter.

## III. Ruhe nach dem Tetanus.

Tropfen	1	. . . . .	10 hor. 8' 43"
»	2	. . . . .	» 9' 24"
»	3	. . . . .	» 10' 42"
»	4	. . . . .	» 12' 20"
»	5	. . . . .	» 13' 50"
»	6	. . . . .	» 14' 54"
»	7	. . . . .	» 16' 4"
»	8	. . . . .	» 17' 12"
»	9	. . . . .	» 19' 3"
»	10	. . . . .	» 19' 36"

Die Leber producirt in der Ruhe nach dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 11' 25".

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4358 Gramm.







## Fortsetzung der Tabelle.

## VI. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 5' 52".

## VII. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 5' 47".

## VIII. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 6' 49".

## IX. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 7' 23".

## X. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 8' 5".

## XI. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 9' 44".

## XII. Ruhe nach dem Tetanus:

40 Tropfen wurden producirt in 10' 28".

Der Versuch dauerte bis 11 hor. 23' 20" demnach im Ganzen: 4 Stunde 23 Minuten und 31 Secunden.

Dazu kommt noch eine Zeit von 3 Minuten zu Beginn des Versuchs, in welchen die Gallentropfen nicht gezählt wurden, sodass die Absonderung der Galle fast 1 $\frac{1}{2}$  Stunde beobachtet wurde.

Erst gegen Ende des Versuchs sehen wir die Gallenproduction stärker sinken, und sie erreicht noch nicht die Verminderung, welche wir künstlich durch das Einleiten des Tetanus der unteren Extremitäten hervorrufen konnten.

Das Abfallen der Gallenproduction ist dabei ein vollkommen stätiges, sodass das Versuchsergebniss, soweit es sich auf den Tetanus mit plötzlichem Absinken und Wiederansteigen bezieht, dadurch gesichert erscheint.

Je 40 Tropfen wogen	I	0,4270 Gramm.
---------------------	---	---------------

» » » »	II	0,4300 »
---------	----	----------

» » » »	III	0,4358 »
---------	-----	----------

» » » »	IV	0,4458 »
---------	----	----------

» » » »	V	0,4446 »
---------	---	----------

50 Tropfen wogen	2,4222 Gramm.
------------------	---------------

Das mittlere Gewicht von 40 Tropfen ist danach **0,42444** Gramm, wovon die einzelnen direct gewogenen Werthe nur äusserst minimal abweichen.

Die 50 Tropfen wurden ausgeschieden in 34 Minuten 6 Secunden. In 4 Stunde würde also abgesondert worden sein:

4,4 Gramm feuchte Galle,

in 24 Stunden:

98,4 Gramm feuchte Galle.

4 Kilogramm Kaninchenleber sonderte in 4 Stunde feuchte Galle ab: . . . . .

124 Gramm,

4 Kilogramm Kaninchen (800, Rohgewicht zu Reingewicht 400 : 80), sonderte in 4 Stunde feuchte Galle ab:

4,9



Berücksichtigen wir nur die erste Beobachtung bei Muskelruhe, so würden in 24 Stunden von dem Beobachtungsthier ausgeschieden worden sein feuchte Galle 165,6 Gramm, was für das Kilogramm Kaninchen noch steigen würde auf 188,2 Gramm.

### Versuch VI.

Versuchsthier: Kaninchen, Männchen.

Rohgewicht: 1025 Gramm.

Lebergewicht: 32 Gramm.

Da in den vorstehenden Versuchen die Gallenproduction in der Ruhe vor dem Tetanus nur kurze Zeit hindurch beobachtet wurde, so scheint es zweckmässig, um die Constanz der Gallenproduction ohne Tetanus zu veranschaulichen, ein Beispiel anzuführen, in welchem dem Tetanus mehrere Beobachtungen der Gallenproduction in Ruhe vorausgehen. In diesem Versuche wurde das Gleichbleiben der Gallenproduction in der Ruhe in drei Einzelversuchen nachgewiesen.

Im Uebrigen ist der Versuch in der gleichen Weise angestellt, wie der vorausgehende Nr. V, in dem auch die Zeiten bestimmt wurden, in denen gleiche Gallenmengen producirt wurden. Die Bestimmung der Gallenmengen geschah wieder durch Tropfenzählung und Controle derselben durch Wägung. Auch die festen Stoffe der Galle wurden hierbei bestimmt.

### Tropfenzählung.

Beginn des Versuchs . . . . . 12 hor. 9' 0"

#### I. Ruhe vor dem Tetanus.

Tropfen	1	. . . . .	12 hor.	9' 0"
»	2	. . . . .	»	9' 24"
»	3	. . . . .	»	9' 58"
»	4	. . . . .	»	10' 4"
»	5	. . . . .	»	11' 36"
»	6	. . . . .	»	12' 44"
»	7	. . . . .	»	13' 6"
»	8	. . . . .	»	14' 0"
»	9	. . . . .	»	15' 9"
»	10	. . . . .	»	15' 56"

Die Leber producirt in der Ruhe vor dem Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 6' 56".

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4345 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0084 Gramm.



## II. Ruhe vor dem Tetanus:

Tropfen	4	. . . . .	12 hor.	46' 36"
»	2	. . . . .	»	47' 9"
»	3	. . . . .	»	48' 48"
»	4	. . . . .	»	49' 0"
»	5	. . . . .	»	49' 20"
»	6	. . . . .	»	49' 58"
»	7	. . . . .	»	20' 39"
»	8	. . . . .	»	21' 23"
»	9	. . . . .	»	21' 56"
»	10	. . . . .	»	22' 30"

Die Leber producirt in der Ruhe vor dem  
Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 6' 34".

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4495 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0072 Gramm.

## III. Ruhe vor dem Tetanus:

Tropfen	4	. . . . .	12 hor.	22' 59"
»	2	. . . . .	»	23' 30"
»	3	. . . . .	»	24' 4"
»	4	. . . . .	»	24' 44"
»	5	. . . . .	»	25' 21"
»	6	. . . . .	»	26' 0"
»	7	. . . . .	»	26' 49"
»	8	. . . . .	»	27' 24"
»	9	. . . . .	»	28' 4"
»	10	. . . . .	»	28' 33"

Die Leber producirt in der Ruhe vor dem  
Tetanus 10 Tropfen in . . . . . 6' 5"

## IV. Tetanus.

Tropfen	4	. . . . .	12 hor.	29' 40"
»	2	. . . . .	»	29' 42"
»	3	. . . . .	»	30' 44"
»	4	. . . . .	»	30' 52"
»	5	. . . . .	»	31' 34"
»	6	. . . . .	»	32' 45"
»	7	. . . . .	»	33' 46"
»	8	. . . . .	»	34' 3"
»	9	. . . . .	»	34' 55"
»	10	. . . . .	»	35' 33"

Die Leber producirt im Tetanus 10 Tropfen  
in . . . . . 7' 0".

Die 10 Tropfen wogen feucht 0,4470 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0072 Gramm.

Das Thier ist nach dem Tetanus, der constant 7' angedauert hatte, sehr erschöpft.



## V. Ruhe nach dem Tetanus:

Tropfen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12 hor.	36'	20"
»	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	37'	28"
»	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	38'	33"
»	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	39'	30"
»	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	40'	48"
»	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	44'	47"
»	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	?	?
»	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	42'	42"
»	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	43'	20"
»	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	44'	49"

Die Leber producirt in der Ruhe nach dem

Tetanus 40 Tropfen in . . . . .	8' 46"
---------------------------------	--------

Die 40 Tropfen wogen feucht 0,4956 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0075 Gramm.

## VI. Ruhe nach dem Tetanus.

Tropfen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12 hor.	45'	0"
»	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	45'	57"
»	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	46'	54"
»	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	47'	42"
»	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	48'	48"
»	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	49'	50"
»	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	50'	54"
»	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	51'	40"
»	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	53'	24"
»	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	54'	40"

Die Leber producirt in der Ruhe nach dem

Tetanus 10 Tropfen in . . . . .	10' 31"
---------------------------------	---------

Die 40 Tropfen wogen feucht 0,4200 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0065 Gramm.

## VII. Ruhe nach dem Tetanus.

Tropfen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12 hor.	55'	45"
»	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	56'	42"
»	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	57'	54"
»	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	58'	57"
»	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	59'	58"
»	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4 hor.	0'	57"
»	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	1'	44"
»	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	2'	30"
»	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	3'	28"
»	10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	»	4'	30"

Die Leber producirt in der Ruhe nach dem

Tetanus 10 Tropfen in . . . . .	9" 50"
---------------------------------	--------

Die 40 Tropfen wogen feucht 0,4499 Gramm.

Die 10 Tropfen wogen trocken 0,0070 Gramm.



Ende des Versuchs 4 hor. 4' 30".

Der Versuch zeigt den stes beobachteten Verlauf.

In der Ruhe vor dem Tetanus sehen wir die Gallenproduction in der Zeit ziemlich gleichmässig vor sich gehen, in den drei Beobachtungen steigt sie sogar im Anfang, was auch sonst mehrmals beobachtet wurde, langsam an. Während des Tetanus beginnt sie zu sinken und setzt das Sinken in gesteigertem Maasse in der Ruhe nach dem Tetanus fort, um schliesslich wieder anzusteigen.

Das Ansteigen erreicht, den veränderten Versuchsbedingungen entsprechend, in diesem Versuch nicht den Grad, wie in dem letztvorausgehenden. Hier ging dem Tetanus eine längere Versuchszeit vorher, unter der das Thiere natürlich schon litt, und überdiess musste wegen der im Allgemeinen langsamen Gallenproduction der Tetanus eine lange Zeit, 7 Minuten, ununterbrochen andauern, wodurch das Thier noch weiter erschöpft werden musste. Trotzdem ist auch hier das Wiederansteigen der Gallenproduction nach der Verminderung durch den Tetanus ersichtlich.

Der Versuch hatte 4 Stunde und 4 Minuten gedauert.

Es wurden auch hier noch länger fort die Tropfen gezählt. Es ergab sich auch hier wie im Versuch V nach dem Ansteigen in Nr. VII ein erneuertes Absinken der Gallenproduction, was mit der zunehmenden Erschöpfung des Thieres Hand in Hand ging.

40 Tropfen wurden producirt VIII in 40' 23"

» » » » IX » 43' 32"

» » » » X » 44' 44"

Auch hier wurden die festen Bestandtheile der Gallenportionen bestimmt und mit der Zusammensetzung der Blasengalle verglichen.

#### 1. Blasengalle:

festе Stoffe . . . 7,9%

Wasser . . . 92,1%.

#### 2. Galle in Ruhe vor dem Tetanus:

festе Stoffe . . . 4,8%

Wasser . . . 98,2%.

#### 3. Galle im Tetanus:

festе Stoffe . . . 4,7%

Wasser . . . 98,3%.

#### 4. Galle in Ruhe nach dem Tetanus, Nr. IX:

festе Stoffe . . . 4,4%

Wasser . . . 98,6%.

Die festen Bestandtheile nehmen sonach auch hier mit der Versuchsdauer ab. Sehr auffallend documentirt sich der Unterschied in der Concentration der Blasengalle und der aus der temporären Fistel gesammelten Galle. Erstere ist um mehr als das 4-fache concentrirter als letztere, eine alt gewohnte Beobachtung.

Die Gallenproduction im Verlaufe der 4. Stunde des Versuchs, wenn wir für die nicht gewogene Gallenmenge bei Nr. III die Mittelzahl einsetzen, ist:

2,94 Gramm.



Auf 24 Stunden rechnen sich also bei Ruhe und Tetanus:

	7,05 Gramm.	
1 Kilogramm Leber	secernirte Galle in 1 Stunde:	92 Gramm
1 » Kaninchen	(Reingewicht = 820):	3,5 »
1 » »	in 24 Stunden: . . .	84 »

Halten wir uns nur an die beiden ersten Beobachtungen bei Muskelruhe, so secernirte das Versuchsthier in 24 Stunden 90,48 Gramm feuchte Galle, 1 Kilogramm Kaninchen also in 24 Stunden:

140,3 Gramms feuchte Galle.

Auch bei diesem Versuche stimmt die Zählung der Tropfen mit dem Gewichte derselben sehr scharf überein. Das Mittelgewicht für 40 Tropfen ist:

0,4206 Gramm.

Die Unterschiede fallen in die Fehlergrenzen derartiger Versuche.

Damit beschliessen wir die Versuchsvorführung dieses Paragraphen.

Es sei nur noch erwähnt, dass Unregelmässigkeiten in der Gallenausscheidung aus den temporären Fisteln nur nach stärkeren Blutungen beobachtet wurden, welche die Gallenproduction zuerst inconstant machen und dann ganz aufhören lassen.

Durch Einspritzen von Flüssigkeit in das Venensystem konnte, wie schon erwähnt, die nach Blutverlust cessirende Gallenausscheidung wieder angeregt werden, ein Versuch, der in der Folge noch Erwähnung finden soll<sup>1)</sup>.

### Resultat:

**Der veränderten Blutvertheilung durch den Muskeltetanus entspricht eine Veränderung in der Thätigkeit der Leber.**

**Während die mehr arbeitenden Muskeln mehr Blut erhalten, arbeitet die Leber, für welche nun entsprechend weniger Blut disponibel ist, weniger.**

Die Verminderung der Blutmasse in den Eingeweiden durch den Tetanus wirkt ganz in dem Sinne einer allgemeinen Blutverminderung, welche die Gallenproduction vermindert, resp. aufhören macht. (cf. Anhang).

### §. 3.

#### **Versuche über Harnabsonderung bei Hunden bei Tetanus und Muskelruhe.**

Die Harnbestimmungen wurden in analoger Weise angestellt wie die Gallenbestimmungen.

Die Röhre war in den einen der beiden Ureter eingebunden, während der andere an dem Nierenbecken abgeklemmt war.

1) Cap. VII. §. 2.



Der Tetanus war constant und auf die unteren Extremitäten beschränkt.

Die folgenden Versuche wurden an zwei Hunden angestellt, von denen der erste 6044 Gramm wog, seine Nieren 20 und 24 Gramm. Der zweite wog 42490 Gramm.

### Gesamt-Versuch I.

Versuchsthier: kleinerer Hund.

Es wurden, wie bei der Galle, die Tropfen gezählt, die aus der Canüle ausflossen.

#### Versuch I.

##### Tropfenzählung.

I. Ruhe vor dem Tetanus, 40 Tropfen fallen in:	6' 30"
II. Tetanus, . . . . . » » » »	14' 30"
III. Ruhe nach dem Tetanus, » » » »	10' 15"
IV. Ruhe » » » » » » » »	7' 5"
V. Ruhe » » » » » » » »	5' 35"
VI. Ruhe » » » » » » » »	4' 2"
VII. Ruhe » » » » » » » »	4' 58"

Der Versuch ergibt ein sehr deutliches Resultat.

Die Harnproduction **sinkt** während des Tetanus und unmittelbar nachher sehr bedeutend, erreicht aber in der weiteren Folge nicht nur die alte Höhe wieder, sondern zeigt sogar eine deutliche **Steigerung**.

#### Versuch II und III.

##### Tropfenzählung.

I. Ruhe vor dem Tetanus, 40 Tropfen fallen in:	4' 27"
II. Ruhe » » » » » » » »	4' 33"
III. Ruhe » » » » » » » »	4' 43"
IV. Tetanus II. . . . . » » » »	4' 37"
V. Ruhe nach dem Tetanus, » » » »	6' 17"
VI. Ruhe » » » » » » » »	5' 35"
VII. Ruhe » » » » » » » »	4' 58"
VIII. Ruhe » » » » » » » »	4' 35"
IX. Tetanus III. . . . . » » » »	4' 35"
X. Ruhe nach dem Tetanus, » » » »	7' 20"
XI. Ruhe » » » » » » » »	5' 42"
XII. Ruhe » » » » » » » »	4' 43"
XIII. Ruhe » » » » » » » »	3' 45"
XIV. Ruhe » » » » » » » »	3' 2"
XV. Ruhe » » » » » » » »	1' 38"
XVI. Ruhe » » » » » » » »	3' 10"
XVII. Ruhe » » » » » » » »	4' 40"

Die Versuche II und III bestätigen das Resultat des Versuches I vollkommen.



In die Periode der auf das primäre Herabsinken der Harnproduction nach dem Tetanus folgenden Steigerung derselben fallen die neuen Muskelreizungen II und III. Sie bewirken primär eine deutliche Verminderung der Harnausscheidung, die von einer secundären Steigerung gefolgt ist, die in Versuch Nr. III (Beobachtung XV) die grösste Höhe erreicht. Der Versuch ergibt weiter, dass nach der Steigerung die Harnproduction wieder abnimmt, ohne sogleich ihren niedrigen Stand vor dem Tetanus wieder zu erreichen.

Die Operation war an diesem Thiere sehr vollkommen geglückt. Der Tetanus schwächte das Thier nicht merklich.

#### Versuch IV.

An dem grösseren Hunde.

##### Tropfenzählung.

I. Ruhe vor dem Tetanus, 40 Tropfen fallen in:	5' 15"
II. Ruhe » » » » » » » »	5' 0"
III. Ruhe » » » » » » » »	5' 3"
IV. Tetanus . . . . . » » » » »	6' 10"
V. Ruhe nach dem Tetanus » » » » »	7' 45"
VI. Ruhe » » » » » » » »	8' 8"
VII. Ruhe » » » » » » » »	5' 47"
VIII. Ruhe » » » » » » » »	5' 25"

Hier wurde nicht weiter beobachtet, so dass die Steigerung nicht mehr zur Erscheinung kommt.

Nach dem Versuche trat eine zuerst unbeachtet gebliebene Wundblutung ein, worauf die Harnsecretion in beiden Nieren vollkommen aufhörte.

Durch Einspritzung von warmer Kochsalzlösung von 4% kam die Nierenabsonderung zurück, der Harn wurde eiweissaltig.

Das Resultat der Einspritzung der Kochsalzlösung spricht sich in folgenden Tropfenzählungen aus.

#### Versuch.

Veränderung der Nierenausscheidung durch Einspritzung von warmer Kochsalzlösung.

I. Einspritzung von 400 <sup>cc</sup> Kochsalzlösung 3 hor.	25' 45"
Tropfen 1 . . . . . »	26' 25"
» 2 . . . . . »	— 45"
» 3 . . . . . »	— 46"
» 4 . . . . . »	27' 16"
» 5 . . . . . »	— 28"
» 6 . . . . . »	— 40"
» 7 . . . . . »	— 50"
» 8 . . . . . »	28' —
» 9 . . . . . »	— —
» 10 . . . . . »	— —
» 11 . . . . . »	— —
» 12 . . . . . »	— —



Tropfen	13	. . . . .	3 hor.	—	—	
»	14	. . . . .	»	—	—	
»	15	. . . . .	»	29'	15"	
»	16	. . . . .	»	—	30"	
»	17	. . . . .	»	—	45"	
»	18	. . . . .	»	—	58"	
»	19	. . . . .	»	30'	1"	
»	20	. . . . .	»	—	15"	
»	21	. . . . .	»	—	30"	
»	22	. . . . .	»	—	55"	
»	23	. . . . .	»	34'	12"	
»	24	. . . . .	»	—	20"	
»	25	. . . . .	»	—	50"	
»	26	. . . . .	»	—	51"	
»	27	. . . . .	»	32'	12"	
»	28	. . . . .	»	—	33"	
»	29	. . . . .	»	—	54"	
»	30	. . . . .	»	33'	10"	
»	31	. . . . .	»	—	11"	Das Thier macht freiwillige Be- wegungen.
»	32	. . . . .	»	—	12"	
»	33	. . . . .	»	—	30"	
»	34	. . . . .	»	—	45"	
»	35	. . . . .	»	34'	10"	
»	36	. . . . .	»	—	30"	
»	37	. . . . .	»	—	50"	
»	38	. . . . .	»	35'	3"	
»	39	. . . . .	»	—	45"	
»	40	. . . . .	»	—	58"	
»	41	. . . . .	»	36'	15"	
»	42	. . . . .	»	—	30"	
»	43	. . . . .	»	—	50"	
»	44	. . . . .	»	37'	45"	
»	45	. . . . .	»	38'	44"	
»	46	. . . . .	»	39'	5"	

Die Wirkung der Einspritzung macht sich hier schon [in der 1. Minute geltend, sie nimmt noch bis zur 3. Minute zu, von hier sinkt sie langsam, so dass sich für mehrere Minuten eine ziemliche Regelmässigkeit der Ausscheidung einstellt, dann erfolgt das weitere Sinken rascher.

Andere Reihen ergaben ein analoges Resultat, die Hauptsteigerung scheint ziemlich regelmässig auf die dritte Minute nach der Einspritzung zu fallen.

Die vorstehende Tabelle kann auch dazu dienen, um die Wirkung der freiwilligen, allgemeinen Muskelbewegung auf die Harnausscheidung zu demonstrieren.

Es werden danach durch äusseren Druck der Muskeln auf die Niere und das Nierenbecken einige Tropfen Harn rasch hervorgepresst (Tropfen 30, 31, 32), dann geht die Harnausscheidung regelmässig weiter.



Dasselbe ist bei der Gallenausscheidung der Fall, auch hier wird durch Pressung auf die Leber mehr Galle ausgedrückt. Stets muss also eine solche vermieden werden, um das Resultat der Verminderung der Drüsenhätigkeit durch den Tetanus demonstrieren zu können. Das ist einer der Gründe, warum die Gedärme nicht in den Bauch zurückgebracht werden dürfen, warum es unstatthaft ist, die Bauchdecken nach Anlegung der temporären Fistel wieder zu verschliessen.

Deutlich drückt bei Kaninchen das Schreien momentan mehr Galle aus, durch Herabdrücken des Zwerchfells.

Selbstverständlich darf die Leber nicht selbst von der electricischen Reizung getroffen werden (PFLÜGER).

Während der Muskelthätigkeit steigt in der Nierenarterie der Kaninchen der Blutdruck.

### Resultat.

**Analog der Leberthätigkeit verhält sich die Nierenthätigkeit unter dem Einfluss des Muskeltetanus.**

Auch hier ist die nächste Folge der gesteigerten Blutzufuhr zu den Muskeln und dadurch Verminderung der Blutmenge in den Eingeweiden, eine **Herabsetzung der Drüsenhätigkeit**, die sich hier aber nach Sistiren der Muskelcontraction nicht allein wieder zu ihrer vorigen Höhe erhebt, sondern eine nicht unbedeutende **Steigerung** zurück lässt.

Die locale Verminderung der Blutmenge in den Eingeweiden bei Muskeltetanus wirkt auch auf die Niere wie auf die Leber primär einem allgemeinen Blutverluste gleich, auch dieser vermindert, resp. sistirt die Harnausscheidung.

Das **Gesamtergebnis** dieses Capitels kann danach formulirt werden:

**Eine gesteigerte Thätigkeit der Muskeln setzt den Stoffumsatz in dem Drüsenapparat herab.**

**Damit ist der nach den Ergebnissen der Bestimmung der Blutvertheilung bei Ruhe und Tetanus postulierte**

**Thätigkeitswechsel der Organe**  
**direct bewiesen.**

Die noch folgenden Untersuchungen des II. Abschnitts sind der Functionirung besonders wichtiger Organe bei Muskelruhe gewidmet und ihrem Antheil an dem Gesamtstoffwechsel.

Da wir nun die Veränderungen, die während der Muskelthätigkeit im Stoffwechsel der Organe eintreten, näher kennen gelernt haben, so werden auch sie uns zur Erweiterung unserer Anschauungen in der angeregten Richtung beitragen.



## Capitel VI.

### Die Betheiligung der Drüsen und des ruhenden Bewegungsapparates an der Kohlensäureproduction (Respiration) der Frösche.

Vom Verfasser und Dr. L. Puille.

#### §. 1.

#### Methode.

Wir können unsere Behauptung, dass sich die Organe je nach ihrem Blutreichthum am Gesamtstoffwechsel betheiligen, weiter prüfen, indem wir ihren Einfluss auf die Stoffwechselgrösse zum directen Gegenstand unserer Untersuchung machen.

Es scheint möglich zu sein, den Antheil, welchen die einzelnen Organe an dem Gesamtstoffwechsel nehmen, durch Ausschluss dieser Organe aus dem lebenden Körper zu bestimmen.

Hat man zuerst, bei sonst gleichen Bedingungen, die Grösse des Stoffwechsels festgestellt am Gesamthier, schliesst dann durch Operation ein bestimmtes Organ vollkommen aus und beobachtet nun wieder die Grösse der Stoffausscheidung, so kann man aus der eintretenden Verminderung desselben auf die grössere oder geringere Betheiligung des betreffenden Organs an dem allgemeinen Stoffumsatz rechnen.

Um diesen Versuchsplan zu realisiren, hätte man die Leber auszuschneiden oder einen grösseren oder geringeren Theil des Bewegungsapparates durch Operation zu entfernen und vor und nach der Operation die Ausscheidungen des Organismus zu bestimmen. Man würde daraus den Antheil finden, mit welchem sich ein bestimmtes Gewicht der Leber oder des Bewegungsapparates an der Production der Gesamtausscheidungsproducte des Organismus betheiligt.

Diese Versuche haben zunächst eine Aussicht auf Erfolg nur bei Kaltblütern, Fröschen, welche auf derartige operative Eingriffe wenig durch Veränderung ihres Allgemeinbefindens reagiren.

Es wurden an Fröschen einige derartige Versuche angestellt, um Etwas über die Betheiligung des Bewegungsapparates und des Drüsenapparates an dem Gesamtstoffwechsel zu erfahren.



Zu diesem Zwecke wurde die Kohlensäureabgabe der Frösche vor und nach der Operation bestimmt, da wir die Kohlensäureproduction ebenso wie die Harnstoffausscheidung als Mass des Stoffwechsels betrachten dürfen.

Die Kohlensäurebestimmung wurde mit einem kleinen **Respirationsapparat** ausgeführt, der sie auf die einfachste Weise vollkommen exact gestattete.

Das Princip ist folgendes. Mit einer kleinen doppelten PETTENKOFER'schen Quecksilberpumpe mit Quecksilberventilen, die durch einen Hebel mit der Hand in Bewegung gesetzt wurde, wurde die Luft durch den sonst nur aus Glas und Kautschuk gebauten luftdicht schliessenden Apparat gesaugt.

Der Unterstützungspunkt des Hebels war in seiner Mitte, an beiden Enden waren die Glasylinder (Pumpen) aufgehängt, soweit beschwert, dass sie durch ihre eigene Schwere wieder in das Verschlussquecksilber zurücksanken, in dem sie sich durch Heben oder Niederdrücken des Hebels gehoben hatten. Da der Hebel nur eine beschränkte Beweglichkeit besass, so konnte die Hubhöhe der Einzelpumpen durch Verkürzung oder Verlängerung ihrer Aufhängung an drei Hebelarmen sehr einfach und vollkommen genau regulirt werden. Die Hebelbewegung wurde in gleichmässigem Tempo ausgeführt.

Die in den Apparat eingesaugte Luft wurde durch Schwefelsäure und Kali zuerst von ihrem Wasser und ihrer Kohlensäure befreit.

Die von den Versuchsthieren producirt Kohlensäure wurde entweder in Barytwasser oder in Kali aufgefangen.

Es wurde auch das abgegebene Wasser bestimmt. Da die Luft den Thieren trocken zukam, so wurde in ihren Athemraum ein tarirtes Wassergefäss gestellt, das nach dem Versuch nachgewogen wurde. Es wurde auf diese Weise eine messbare Wassermenge der getrockneten Luft ertheilt.

Das Charakteristische an dem kleinen Apparate ist die Einrichtung des Athemraumes.

Dieser bestand aus zwei auseinandernehmbaren Theilen, deren Volumen genau bestimmt war: zwei Glasglocken durch eine weite Glasröhre mit einander verbunden.

Ehe der Versuch selbst begann, wurde zu dem Vorversuche der ganze Apparat zusammengestellt mit Ausnahme des Theils des Athemraumes, in welchen die Versuchsthier kommen sollten. Nun wurde ausgepumpt und auf diese Weise der Kohlensäure- und Wassergehalt der Luft bestimmt in dem Volum, welcher in dem abnehmbaren Theile des Athemraumes sich befand.

Nach dieser Bestimmung wurden in den anderen Theil des Athemraumes die Frösche gebracht, beide Theile desselben verbunden, nachdem der ausgepumpte Theil mit frischer Luft gefüllt war. Der primäre Gehalt der Luft im ganzen Athemraume an Kohlensäure und Wasser konnte nun aus dem bekannten Volum gerechnet werden, von dem nur noch das Volum der Frösche abgezogen werden musste, das sich aus ihrem absoluten und specifischen Gewichte einfach ergab.

Analog wurde nach Beendigung des Hauptversuchs ein Nachversuch angestellt. Der Theil des Athemraums mit den Fröschen wurde ausgeschaltet und nun die in dem zweiten Theile des Athemraumes befindliche Luft auf ihren



Gehalt an Kohlensäure und Wasser geprüft und davon auf die Luft des ganzen Atherraums gerechnet.

Dadurch erhalten diese Versuche eine vollkommene Genauigkeit, ohne dass das ein- und ausströmende Luftquantum gemessen werden musste, wie bei den v. PETTENKOFER'schen Apparaten.

Es ist möglich mit diesem einfachen Apparate nach der v. PETTENKOFER'schen Methode Bestimmungen über die Sauerstoffaufnahme der Thiere zu machen.

Die folgenden Versuche beschränken sich auf Kohlensäurebestimmungen.

Die Gewichts-differenzen der Frösche, aus welchen man nach v. PETTENKOFER auf die Sauerstoffaufnahme zu schliessen hat, müssen bei den kleinen Werthen, um die es sich handelt, auf einer feinen chemischen Wage bestimmt werden, was wegen des relativ grossen hier in Frage kommenden Gewichtes der Frösche mit ihrem Behälter der Natur der Sache nach nicht angeht.

Um einen Einblick in die Genauigkeit der Versuche und ihre Fehlergrenzen zu gewähren, sollen zuerst zwei Controlversuche mitgetheilt werden, eine Kohlensäure- und eine Wasserbestimmung.

Sie bedürfen keiner weiteren Erklärung.

Die Kohlensäure wurde aus trockenem, wasserfreiem, kohlensaurem Natron im Apparate in gebräuchlicher Weise nach FRESenius entwickelt.

### Controlversuche mit dem Athemapparat.

#### I.

#### Kohlensäurebestimmung.

Verwendet: 0,3833 Gramm trockenes, wasserfreies, kohlensaueres Natron mit 41,5%  $\text{CO}_2$  berechnet:

0,1594 Gramm  $\text{CO}_2$ .

I. Nach 5 Minuten Auspumpen waren erhalten:

0,1527 Gramm  $\text{CO}_2$  =

39,81%

Differenz — 1,7%.

Nach 5 Minuten ist sonach noch nicht alle Kohlensäure erhalten.

II. Nach 10 Minuten Pumpen waren erhalten weiter:

0,0080 Gramm  $\text{CO}_2$

+ 0,1527 „ „ =

41,7% bestimmt!

III. Nach weiteren 5 Minuten Zunahme an Kohlensäure:

+ 0,0127 — 0,0127 = 0.

IV. Nach weiteren 5 Minuten Zunahme an Kohlensäure:

+ 0,0100 — 0,0100 = 0.

Der Versuch ergibt, dass nach 10 Minuten aus dem Apparate 45 Centi-



gramme Kohlensäure vollkommen ausgepumpt sind, und dass die Bestimmung mit der Berechnung eine Differenz von:

$$+ 0,2\% = 0$$

ergibt.

Nr. III und IV ergaben, dass der Apparat absolut dicht ist.

## II.

### Wasserbestimmung.

#### 1. Wasserbestimmung.

Das Wassergefäß wog

vor dem Versuch . . . . .	40,1800
nach dem Versuch . . . . .	40,1335
Wasser verdunstet . . . . .	0,0465 Gramm.

Davon wurden aufgefangen

in Schwefelsäureapparat Nr. 1 . . . . .	0,0461
in Schwefelsäureapparat Nr. 2 . . . . .	0,0005
Wasserbestimmung . . . . .	0,0466 Gramm.

Differenz: **0,0001** Gramm = 0!

#### 2. Wasserbestimmung.

Das Wassergefäß wog

vor dem Versuch . . . . .	40,1335
nach dem Versuch . . . . .	40,0905
Wasser verdunstet . . . . .	0,0430 Gramm.

Davon wurden aufgefangen

in Schwefelsäureapparat Nr. I . . . . .	0,0432
in Schwefelsäureapparat Nr. II . . . . .	0,0000
Wasserbestimmung . . . . .	0,0432 Gramm.

Differenz: **0,0002** Gramm = 0!

Die vorstehenden Versuche erweisen die vollkommene Brauchbarkeit der eingeschlagenen Methode zu sehr feinen Bestimmungen. Die mit ihrer Hülfe gewonnenen Resultate verdienen unser volles Zutrauen.

Im Folgenden stehen drei vollkommen gelungene Beobachtungen, bei welchen die Versuchsthiere durch die Operation in ihrem äusserlichen Befinden keine erkennbare Veränderung zeigten. Bei Versuch Nr. III erschienen sie nach der Operation sogar lebhafter als vorher, was den Muskelstoffwechsel erhöhte.



## §. 2.

## Versuche.

## Respirationsversuch Nr. I.

1.

Versuchsthiere: 2 Froschmännchen.

Versuchsdauer 4 hor. 0'.

Gewicht vor dem Versuch: 97,87.

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche mit Beinen:  
in 4 hor. = 0,0555 Gramm Kohlensäure.

2.

Versuchsthiere: die gleichen 2 Froschmännchen ohne Hinterbeine.

Versuchsdauer 4 hor. 0'.

Gewicht vor dem Versuch . . . . . 67,70 Gramm

Die abgeschnittenen Beine wogen . . . . . 33,07 »

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche ohne Beine:  
in 4 hor. = 0,0444 Gramm Kohlensäure.

Den abgeschnittenen 33,07 Gramm vom Froschbewegungsapparat entsprechend wurden in dem 2. Theil des Versuchs weniger ausgeschieden:

1. Versuchsstunde 0,0555 Gramm

2. Versuchsstunde 0,0444 »

Differenz = — 0,0111 Gramm Kohlensäure.

33,07 Gramm Bewegungsapparat des Frosches betheiligen sich sonach an der Kohlensäureausscheidung des Gesammtthieres in 4 Stunde mit:

**0,0111 Gramm.**

Der gesammte Drüsenapparat der beiden Frösche wog:

9,8 Gramm

= 10% des Körpergewichts.

Der gesammte Bewegungsapparat wog:

88,07 Gramm

= 90% des Körpergewichts.

Da nun 33,07 Gramm Bewegungsapparat sich mit 0,0111 Gramm Kohlensäure an der Gesamtausscheidung betheiligten, so lässt sich die Gesamtbetheiligung des ganzen Bewegungsapparates in 4 Stunde danach berechnen:

$$33,07 : 0,0111 = 88,07 : X$$

$$X = 0,0296 \text{ Gramm Kohlensäure.}$$

Die Gesammtfrösche lieferten in 4 Stunde 0,0555 Gramm

Der Bewegungsapparat derselben » » » 0,0296 »

Es bleibt für den Drüsenapparat . . . . . 0,0259 Gramm.



Setzen wir die Gesamtkohlensäureproduction in 1 Stunde = 100, so lieferte

der Bewegungsapparat	53,3%
der Drüsenapparat . .	46,7%
Summa	100,0.

## Respirationsversuch Nr. II.

### 1.

Versuchsthiere: 2 Froschmännchen.

Versuchsdauer: 1 hor. 0'.

Gewicht vor dem Versuch: 75,44 Gramm.

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche mit Beinen:  
in 1 hor. = 0,0153 Gramm Kohlensäure.

### 2.

Versuchsthier: die 2 gleichen Froschmännchen ohne Hinterbeine.

Versuchsdauer: 1 hor. 0'.

Gewicht vor dem Versuch . . . 49,44 Gramm

Die Beine wogen . . . . . 26,00 »

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche ohne Beine:  
in 1 hor. = 0,0121 Gramm Kohlensäure.

Den abgeschnittenen 26 Gramm vom Bewegungsapparat entsprechend wurde in dem 2. Theile des Versuchs weniger ausgeschieden:

1. Versuchsstunde 0,0153 Gramm

2. Versuchsstunde 0,0121 »

Differenz = — 0,0032 Gramm Kohlensäure.

26 Gramm Bewegungsapparat theiligten sich sonach an der Kohlensäureausscheidung des Gesamthieres in 1 Stunde mit:

**0,0032 Gramm.**

Der gesammte Drüsenapparat der beiden Frösche wog:

44,44 Gramm

= 45,0% des Körpergewichts.

Der gesammte Bewegungsapparat wog:

64,03 Gramm

= 85,0% des Körpergewichts.

$26 : 0,0032 = 64,03 : X$

$X = 0,0085$  Gramm Kohlensäure.

Die Gesamtfrosche lieferten in 1 Stunde 0,0153 Gramm

Der Bewegungsapparat derselben . . . . . 0,0085 »

Es bleibt für den Drüsenapparat . . . . . 0,0068 Gramm.



Setzen wir die Gesamtkohlensäureproduction in 4 Stunde = 100, so lieferte

der Bewegungsapparat	55,55%
der Drüsenapparat . . .	44,45%
Summa	100,00.

### Respirationsversuch Nr. 3.

Kohlensäurebestimmung mit Barytwasser.

1.

Versuchsthiere: 2 Froschmännchen.

Versuchsdauer: 4 hor. 0'.

Gewicht vor dem Versuch: 84,4 Gramm.

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche mit Beinen:  
in 1 hor. = 0,0260 Gramm Kohlensäure.

2.

Versuchsthiere: die 2 gleichen Frösche nach Verlust von je 1 Hinterbein.

Versuchsdauer: 4 hor. 0'.

Gewicht vor dem Versuch . . . 64,4 Gramm

Die abgeschnittenen Beine wogen . 17,3 »

Kohlensäureausscheidung der 2 Frösche ohne Beine:  
in 4 hor. = 0,0220 Gramm Kohlensäure.

Den abgeschnittenen 17,3 Gramm des Bewegungsapparates entsprechend wurden in dem 2. Theil des Versuchs weniger ausgeschieden:

1. Versuchsstunde 0,0260 Gramm

2. Versuchsstunde 0,0220 »

Differenz — 0,0040 Gramm Kohlensäure.

17,3 Gramm vom Bewegungsapparat beteiligten sich sonach an der Gesamtrespiration in 4 Stunde mit:

**0,0040** Gramm.

Der gesammte Drüsenapparat der beiden Frösche wog:

7,2 Gramm

= 8,8% des Körpergewichts.

Der gesammte Bewegungsapparat wog:

74,2 Gramm

= 91,2% des Körpergewichts.

$17,3 : 0,004 = 74,2 : X$

$X = 0,0170$  Gramm Kohlensäure.

Die Gesammtfrösche lieferten in 4 Stunde 0,0260 Gramm

Die Bewegungsapparate derselben . . . 0,0170 »

Es bleibt für den Drüsenapparat . . . 0,0090 Gramm.



Setzen wir die Gesamtkohlensäureproduction in 1 Stunde = 100, so lieferte:

der Bewegungsapparat	65,0%
der Drüsenapparat . .	35,0%
Summa	100,00.

Zur leichteren Uebersicht stellen wir die Hauptresultate der Versuche in folgender Tabelle neben einander.

Tabelle XIX.

### Ueber die Betheiligung des Bewegungsapparates an der Respiration der Frösche.

Versuchs- Nummer.	Bewegungsapparat		Drüsenapparat		Kohlensäureausscheidung des:			
	Grammen.	Procenten des Körper- gewichts.	Grammen.	Procenten des Körper- gewichts.	Bewegungsapparat in Grammen.	Procenten der Gesamt- CO <sub>2</sub> -Aus- scheidung.	Drüsenapparats in Grammen.	Procenten der Gesamt- CO <sub>2</sub> -Aus- scheidung.
1.	88,07	90,0%	9,80	10,0%	0,0296	53,3%	0,0296	46,7%
2.	64,03	85,0%	11,41	15,0%	0,0085	55,55%	0,0068	44,45%
3.	74,2	91,2%	7,2	8,8%	0,0170	65,0%	0,0090	35,0%
Im Mittel:		89,0%		11,0%		60,0%		40,0%

Das Resultat entspricht im Allgemeinen unseren Erwartungen.

Der **Drüsenapparat der Frösche**, welcher nur

44% des Körpergewichts

beträgt, betheiltigt sich an dem Gesamtstoffwechsel, gemessen an der Kohlensäureausscheidung, im Mittel aus unseren Beobachtungen, mit

40%!

also fast 4mal (3,64mal) stärker, als sich nach seinem Gewichte erwarten liesse.

Der **Bewegungsapparat**, welcher

89% des Körpergewichts

ausmacht, betheiltigt sich an der Kohlensäureausscheidung dagegen nur mit

60%,

also mit weniger, als sich aus seinem absoluten Gewichte hätte erwarten lassen. Setzen wir letzteres = 1, so beträgt seine Betheiligung an der Respiration nur

0,674 etwa  $\frac{2}{3}$ !

der daraus erwarteten.



Setzen wir die Betheiligung des Bewegungsapparates an der Kohlensäureausscheidung im Verhältniss zu seinem Körpergewicht ( $= 0,674$ )  $= 1$ , so verhält sich die Betheiligung des Drüsenapparates an derselben Function im Verhältnisse zu ihrem Gewichte ( $= 3,64$ ) wie

$$1 : 5,4,$$

d. h. der **Drüsenapparat** der Frösche betheilt sich **5,4** Mal stärker an der Kohlensäureproduction = Stoffwechsel, als der **Bewegungsapparat**.

Dieses Resultat stimmt mit den Beobachtungen über den Blutgehalt der verschiedenen Organsysteme gut überein.

Nach den Bestimmungen des Capitel III. §. 2. vertheilt sich die Blutmenge bei geruhten Fröschen im Körper in der Art, dass 34% derselben im Bewegungsapparat, also 69% im Drüsen- und Blutleitungsapparate sich befinden.

Bei Kaninchen hatten wir  $\frac{1}{4}$  der Blutmenge für die grossen Blutgefässe, für den Blutleitungsapparat abzurechnen, als sich nicht direct an dem Stoffwechsel betheiligend, bei Fröschen ist diese Blutmenge im Verhältniss ziemlich viel bedeutender, wie sich schon aus der Vergleichung der Blutmenge des diastolischen Herzens bei Fröschen und Kaninchen ergibt (Cap. III. §. 5. IV.) Das Froschherz allein enthält bis zu 17,2% der Gesamtblutmenge. Wir haben sonach wenigstens  $\frac{1}{3}$  der Gesamtblutmenge bei Fröschen als am Stoffwechsel der Organe momentan nicht betheilt abzurechnen.

Es würde sich dann das Blut etwa zu halb und halb in die Drüsen und den Bewegungsapparat theilen, und wir sehen in Wahrheit in Versuch 1 und 2 vorstehender Tabelle diese beiden Hauptorgangruppen sich etwa in gleichem Maasse an dem Stoffwechsel betheiligen.

So gewähren uns diese Versuche eine gewünschte Bestätigung unserer Voraussetzung, dass der absolute Blutgehalt ein Maass für den Organstoffwechsel sei.

Die directen Resultate sind folgende:

### Resultate.

An der Kohlensäure-Respirationsausscheidung = Stoffwechsel der **ruhenden** Frösche betheilt sich [nach den vorstehenden Bestimmungen der **Bewegungsapparat** im Minimum mit 53,3%, im Maximum mit 65,0%, der **Drüsenapparat** im Minimum mit 35,0%, im Maximum mit 46,7%.

Bei **ruhenden** Fröschen vertheilt sich also der Stoffwechsel auf Drüsen und Blutleitungsapparate etwa **zu halb und halb**, obwohl der Drüsenapparat nur 11%, der Bewegungsapparat dagegen 89% des Gesamtkörpergewichts ausmacht.

Bei Tetanus der Muskeln wird sich das Verhältniss der Betheiligung unseren Erfahrungen entsprechend ändern.

Bei Säugethieren ist das Verhältniss der Betheiligung nach unseren bisherigen Resultaten ein wesentlich anderes.



## Capitel VII.

### Ueber das Verhältniss der einzelnen Organstoffwechsel zu dem Gesamtstoffwechsel bei Säugethieren und Menschen.

#### §. 1.

#### Gewichtsverhältnisse der wichtigsten Körperorgane bei Kaninchen im Vergleich mit dem Menschen.

Die Beobachtungen des letztvorausgehenden Capitels haben uns einen Einblick in die Verhältnisse der Einzelstoffwechsel der zwei wichtigsten Organgruppen zum Gesamtstoffwechsel verschafft.

Die Versuche beschränkten sich auf ruhende Frösche.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass, wenn nicht im Einzelnen, so doch im Principe, das Versuchsergebnat übertragen werden darf auf die analogen Verhältnisse bei Säugethieren. Es wurde ein für allemal durch die vorausgehenden und diese letzten Beobachtungen erwiesen, dass der Organstoffwechsel in den Drüsen ein weit lebhafterer als in dem Bewegungsapparate ist, und dass sich erstere in einem weit höheren Verhältnisse an dem Gesamtstoffwechsel betheiligen, als ihrem Organgewichte entsprechen würde.

Im Einzelnen stellen sich die Verhältnisse bei Säugethieren aber offenbar doch wesentlich anders als bei Fröschen.

Die Menge des gleichzeitig im Blutleitungsapparate enthaltenen und damit dem Organstoffwechsel entzogenen Blutantheils ist bei den Säugethieren nach unseren Bestimmungen viel kleiner als bei Fröschen, er beträgt nur  $\frac{1}{4}$  der Gesamtblutmenge, während wir beim Frosch ein ganzes  $\frac{1}{3}$  dafür annehmen müssten.

Beim Frosch theilt sich die restirende Blutmenge dann zur Hälfte in den gesammten Drüsenapparat, während im ruhenden Kaninchen die ausserhalb des Blutleitungsapparates befindliche Blutmenge =  $\frac{3}{4}$  der Gesamtblutmenge sich zu je  $\frac{1}{3}$  in die Leber, die Muskeln und in die übrigen Organe vertheilt.

Bei den Fröschen sehen wir der Blutvertheilung entsprechend den Stoffwechsel der Hauptorgangruppen sich am Gesamtstoffwechsel (resp. an der Kohlensäureproduction) betheiligen. Diesem Resultate entsprechend setzt sich, nach den obigen Angaben (Cap. III. §. 6), der Gesamtstoffwechsel bei ruhenden



Kaninchen zu drei etwa gleichen Theilen aus dem Stoffwechsel der Leber, der Muskeln und der übrigen Organe zusammen.

Der Gesamtstoffwechsel wird sonach bei den Säugethieren noch viel wesentlicher von dem Leberstoffwechsel und dem Stoffwechsel der übrigen Drüsen beeinflusst als bei Fröschen.

Das verschiedene Verhältniss der Organgewichte zu einander bei verschiedenen Thierarten ist nach unseren neueren Erfahrungen nur bei ruhenden Thieren ein directes Maass für die Beurtheilung der Componenten des Gesamtstoffumsatzes. Ehe man sich eine nähere Vorstellung von der Grösse des Stoffwechselvorganges in den verschiedenen Organen machen konnte, war eine Vergleichung der Organgewichte in dieser Richtung nur in oberflächlicher Weise zu verwerthen.

Nun bekommen die vergleichenden Organwägungen bei derselben Species, vor allem bei dem Menschen einen neuen, erhöhten Werth. Verschiedene Zustände des anomalen Organismus, z. B. Jugend und erwachsenes Alter, differiren sehr wesentlich in dem Verhältniss des Drüsenapparates zu dem Bewegungsapparate, wir werden diesen Unterschieden entsprechend auch Differenzen in dem Gesamtstoffwechsel erwarten dürfen, über die wir nach unseren Resultaten schon im Voraus ganz bestimmte Anschauung haben.

Mit einer Zunahme des Drüsenapparates im Verhältnisse zum Bewegungsapparate muss der Gesamtstoffwechsel ansteigen, mit einer Zunahme des Bewegungsapparates im Verhältniss zum Drüsenapparate muss, sonst gleiche Bedingungen wie oben vorausgesetzt, der Gesamtstoffwechsel abnehmen.

Es sind schon zahlreiche Wägungen der Einzelorgane vorgenommen worden, die, wie die öfterwähnten von BIDDER und SCHMIDT, sehr wichtige Resultate ergeben haben. Hier sollen zunächst nur die von uns gemachten Bestimmungen zusammengestellt werden, da sie zur Demonstration der uns zunächst interessirenden Verhältnisse ziemlich ausreichen. Die Beobachtungen am Menschen entnehmen wir anderen Autoren, da uns nicht genügend eigene zu Gebote stehen.

Unsere Hauptuntersuchungen wurden auch hier wie oben an Kaninchen angestellt, sie sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle XX.

**Ueber das Gewichtsverhältniss des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate bei Kaninchen.**

Beobach- tungs- Nummer.	Reingewicht in Grammen.	Drüsenappa- rat in Grammen.	Bewegungs- apparat in Grammen.	Drüsenapparat in	
				Procenten des Reingewichts.	Verhältniss zum Bewe- gungsapparat.
1.	221,5	54,6	166,9	24,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 3,0
2.	288	35	203	29,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 2,4
3.	418	115	303	27,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 2,6
4.	468	133	335	28,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 2,5



Beobach- tungs- Nummer.	Reingewicht in Grammen.	Drüsenappa- rat in Grammen.	Bewegungs- apparat in Grammen.	Drüsenapparat in	
				Procenten des Reingewichts.	Verhältniss zum Bewe- gungsapparat.
5.	610	143	467	23,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 3,2
6.	626	141	485	22,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 3,4
7.	629	143	489	22,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 3,5
8.	655	141	514	21,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 3,6
9.	1023	187	836	18,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 4,5
10.	1093	207	886	18,9 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 4,3
11.	1234	181	1053	14,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 5,8
12.	1244	179	1065	14,4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 5,9
13.	1422	160	1262	11,2 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 9,0
14.	1463	198	1265	13,5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 6,4
15.	1742	199	1543	12,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 8,3
<b>Im Mittel:</b>				<b>21,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub></b>	<b>1 : 4</b>

Im Mittel verhält sich also der Drüsenapparat bei männlichen und nicht trächtigen weiblichen Kaninchen nach obiger Tabelle wie

1 : 4.

Davon weichen die Minimal- und Maximalbestimmungen sehr bedeutend ab.

Im Maximum verhält sich der Drüsenapparat

zum Bewegungsapparat wie . . . . . 1 : 2,4.

Im Minimum verhält sich der Drüsenapparat

zum Bewegungsapparat wie . . . . . 1 : 9,0.

Der Gang der Tabelle ist dabei sehr charakteristisch.

Wir sehen mit dem steigenden Körpergewicht (= Alter) das Verhältniss des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate zu Gunsten des letzteren sich ändern, von dem oben angeführten Minimum zum Maximum also von 1 : 2,4 bis 1 : 9,0.

Mit dem steigenden Körpergewicht nimmt also das relative Gewicht der Eingeweide ab, das relative Gewicht der Bewegungsorgane stetig zu.

Das absolute Gewicht der Eingeweide steigt hier von den niedersten Körpergewichten an bis zu einem mittleren Reingewicht von etwa 1000 Gramm, dann bleibt es constant.

Das absolute Gewicht der Bewegungsorgane steigt dagegen fortwährend. Von einem mittleren Reingewicht der Kaninchen von etwa 1000 Gramm an ist also die Gewichtsvermehrung, abgesehen vom Fettansatz, allein Folge der Zunahme der Bewegungsorgane.

Die ungemeine Regelmässigkeit der Verhältnisse, welche in der vorstehenden Tabelle enthalten sind, wird noch auffallender, wenn man die Versuche nach dem Mittelgewichte der Thiere in natürliche Gruppen zusammenstellt, wie es schon früher von uns mehrmals geschehen ist.



## Hülftabelle zu Tabelle XIX.

Verhältniss der Eingeweide zu den  
Bewegungsorganen bei Kaninchen.

Bei einem mittleren Gewicht von 200—500 Gramm . . .	1 : 2,6
Bei einem mittleren Gewicht von 600 Gramm . . .	1 : 3,4
Bei einem mittleren Gewicht von 1000 Gramm . . .	1 : 4,4
Bei einem mittleren Gewicht von 1200 Gramm . . .	1 : 5,8
Bei einem mittleren Gewicht von 1400—1700 Gramm . .	1 : 7,9

Das Maximum des relativen Drüsengewichtes verhält sich zum Minimum, letzteres = 1 gesetzt, wie

$$1 : 2,7.$$

Da das Maximum auf das Jugendalter, das Minimum auf das ausgewachsene Alter der Thiere trifft, so heisst das:

In der Jugend betheiligt sich bei ruhenden Kaninchen der Drüsenapparat fast um das 3fache (2,7fache) stärker an dem Gesamtstoffwechsel als in dem ausgewachsenen Alter. Die Betheiligung des Drüsenapparates am Stoffwechsel nimmt mit dem zunehmenden Körpergewicht und Alter ab. Die Betheiligung des Bewegungsapparates am Gesamtstoffwechsel nimmt bei diesen Thieren mit dem steigenden Körpergewicht und Alter stetig zu.

Daraus müssen wir mit aller Bestimmtheit annehmen, dass vom Jugendzustande zum erwachsenen Alter der Stoffwechsel im Verhältniss zum Körpergewicht in einem beständigen relativen Sinken begriffen ist.

Dieser Satz gilt zunächst nach unseren Resultaten nur für das Kaninchen.

Es sind aber genügende Beobachtungen vorhanden, welche ein ganz analoges Verhalten des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate, das wir für Kaninchen gefunden, auch für den Menschen nachweisen.

Nach den Bestimmungen von E. BISCHOFF beträgt der Drüsenapparat bei dem neugeborenen Menschen 14,5% des Gesamtkörpergewichts, bei dem erwachsenen Menschen dagegen um 8,9%, d. h.

Verhältniss der Eingeweide zum  
Bewegungsapparat beim Menschen.

Beim Neugeborenen wie . . . . .	1 : 5,7
Beim Erwachsenen wie . . . . .	1 : 10,4.

Also auch bei dem Menschen betheiligt sich in der Jugend der Drüsenapparat relativ etwa um das Doppelte stärker an dem Gesamtstoffwechsel als im erwachsenen Alter, sodass demnach auch hier ein Sinken der relativen Stoffwechselgrösse mit dem zunehmenden Alter zu erwarten steht.

Oben haben wir, Cap. I. §. 2. und §. 3, gesehen, dass dasselbe sich aus der gleichzeitig aufgenommenen Nahrungsmenge (§. 2.) und aus der grösseren Blutmenge junger Thiere ergibt (§. 3.).

Es liegen aber auch directe Stoffwechselbeobachtungen in diesem Sinne vor.



## §. 2.

**Die Harnstoffausscheidung bei Kindern und Erwachsenen.**

Es wurde bis jetzt eine grosse Anzahl von Harnanalysen bei gesunden, erwachsenen Menschen angestellt. Die Zahl der Beobachtungen in dieser Richtung bei Kindern ist aber eine ziemlich beschränkte.

Um auf eigene Beobachtung eine Vergleichung zwischen der Quantität der im Harn den menschlichen Organismus verlassenden Stoffwechselproducte im erwachsenen und im jugendlichen Alter anstellen zu können, wurde mit aller Sorgfalt bei einem gesunden Mädchen im Alter von 3 Jahren und 2 Monaten der Harn in viermal 24 Stunden gesammelt und untersucht bei der gewöhnlichen Nahrungsaufnahme der höheren Stände.

Das Körpergewicht des Kindes betrug zur Zeit der Versuche **13,720** Kilogramm, nackt gewogen.

Im Folgenden sollen die Versuchsergebnisse zusammengestellt werden.

Die Untersuchungsmethoden waren die gebräuchlichen, die in »Tetanus« S. 234—326, elftes und zwölftes Kapitel, nachzusehen sind.

**[Harnuntersuchungen!]**

bei einem gesunden Mädchen im Alter von 3 Jahren und 2 Monaten, Körpergewicht = 13,720 Kilogramm.

Versuch Nr. I.  
den 3. bis 4. April 1870.

Vierundzwanzigstündige Harnmenge	728 <sup>cc</sup> .
Reaction: schwach sauer.	
Specifisches Gewicht . . . . .	1018
Der Harn enthielt:	
Harnstoff . . . . .	12,89 Gramm.
Harnsäure . . . . .	0,470 »
Chlornatrium . . . . .	7,00 »
Phosphorsäure . . . . .	0,51 »

Versuch Nr. II.  
den 4. bis 5. April.

Vierundzwanzigstündige Harnmenge	662 <sup>cc</sup> .
Reaction: sauer.	
Specifisches Gewicht !. . . . .	1007,5
Der Harn enthielt:	
Harnstoff . . . . .	12,91 Gramm.
Harnsäure [. . . . .	0,464 »
Chlornatrium . . . . .	6,62 »
Phosphorsäure . . . . .	0,43 »



Versuch Nr. III.  
den 5. bis 6. April.

Vierundzwanzigstündige Harnmenge	600 <sup>cc</sup> .
Reaction: neutral.	
Specifisches Gewicht .. . . .	1016
Der Harn enthielt:	
Harnstoff . . . . .	41,0 Gramm.
Harnsäure . . . . .	0,459 »
Chlornatrium . . . . .	5,76 »
Phosphorsäure . . . . .	5,39 »

Versuch Nr. IV.  
den 6. bis 7. April.

Vierundzwanzigstündige Harnmenge	851 <sup>cc</sup> .
Reaction: schwach sauer.	
Specifisches Gewicht . . . . .	1012
Der Harn enthielt:	
Harnstoff . . . . .	44,02 Gramm.
Harnsäure . . . . .	0,300 »
Chlornatrium . . . . .	5,07 »
Phosphorsäure . . . . .	0,55 »

Es ist einleuchtend, dass wir nur durch Beobachtungen, bei denen der Stoffumsatz allein durch das natürliche Bedürfniss geregelt wird, Etwas erfahren können über unsere Frage.

Seitdem wir durch des Verfassers Untersuchungen, die in neuester Zeit nun auch von anderer Seite bestätigt wurden, wissen, dass bei dem Menschen unter normalen Bedingungen aller Stickstoff der umgesetzten stickstoffhaltigen Körperstoffe im Harn den Körper verlässt, geben uns diese ganz einfachen Bestimmungen wieder ein absolut brauchbares Maass für den Umsatz wenigstens der betreffenden Stoffgruppen.

Halten wir uns nur an die Harnstoffausscheidung, so wurden von dem kindlichen Organismus in 24 Stunden ausgeschieden:

1. Tag . . . . .	42,89 Gramm.
2. Tag . . . . .	42,94 »
3. Tag . . . . .	44,00 »
4. Tag . . . . .	44,02 »

Im Mittel für 24 Stunden 12,7 Gramm Harnstoff,  
bei einem Körpergewicht von 43,72 Kilogramm, es treffen sonach auf 1 Kilogramm in 24 Stunden im Mittel:

0,926 Gramm Harnstoff.

Vergleichen wir damit die für einen kräftigen, erwachsenen männlichen Organismus von uns, bei ebenfalls nur durch das natürliche



Bedürfniss geregelter Nahrungsaufnahme. Es eignet sich als Beispiel dazu ein »Tetanus« S. 282. 2. mitgetheilte Versuch, da bei diesem die ganze Stoffwechselausscheidung bestimmt wurde.

### Harnuntersuchung

bei einem kräftigen und gesunden Manne von 24 Jahren, Körpergewicht 72,672 Kilogramm nach Abzug des Kothes.

#### Versuch Nr. 5.

Vierundzwanzigstündige Harnmenge	2380 <sup>cc</sup> .
Reaction	sauer.
Specifisches Gewicht . . . . .	1013
Der Harn enthielt:	
Harnstoff . . . . .	40,00 Gramm.
Harnsäure . . . . .	0,53 »
Kochsalz . . . . .	22,40 »
In der Respiration wurde ausgeschieden:	
Kohlenstoff . . . . .	215,70 »

Es treffen sonach auf 1 Kilogramm in 24 Stunden:

**0,550** Gramm Harnstoff,

während der kindliche Organismus in derselben Zeit für 1 Kilogramm

**0,926** Gramm Harnstoff

producirte.

Setzen wir das Harnstoffquantum für 1 Kilogramm des Erwachsenen gleich 1, so verhält sich dazu dieselbe Grösse bei dem kindlichen Organismus wie

**1 : 1,7.**

Es ist sonach auch nach unseren Beobachtungen, wie nach den älteren SCHERER's<sup>1)</sup> und MOSLER's<sup>2)</sup> der Stoffwechsel, auf 1 Kilogramm Körpergewicht berechnet, bei Kindern weit lebhafter als bei Erwachsenen.

Wir haben dieses Resultat aus dem veränderten Verhältnisse des Drüsenapparates zum Bewegungsapparate vorausgesehen.

Bei dem Menschen steigt nach den obigen Angaben das Gewicht der Bewegungsorgane im Verhältniss zu den Eingeweiden vom kindlichen bis zum erwachsenen Alter von 5,7 bis 10,1.

Setzen wir die erstere Zahl = 1, so verhalten sich beide Werthe zu einander wie

**1 : 1,77.**

Die relative Abnahme des Drüsenapparates vom kindlichen bis zum erwachsenen Alter hält sich danach in denselben Grenzen, wie die von uns eben constatirte relative Abnahme des Stoffwechsels, resp. der Harnstoffausscheidung.

1) Verhandlungen der phys. med. Gesellsch. zu Würzburg. Bd. 3. S. 480.

2) Archiv für wissenschaft. Heilkunde, Bd. 3. S. 358.



Zum Vergleiche unseres Resultates wollen wir noch die analogen Beobachtungen SCHERER's und MOSLER's tabellarisch zusammenstellen, soweit sie sich auf den Harnstoff beziehen.

		In 24 Stunden für 1 Kilogramm ausgeschiedene Harnstoffmenge.	
SCHERER:	Kind von 3½ Jahren . . . . .	0,80	Gramm.
»	Knabe von 7 Jahren . . . . .	0,81	»
»	Mann von 22 Jahren . . . . .	0,43	»
»	Mann von 38 Jahren . . . . .	0,43	»
MOSLER:	Kinder . . . . .	0,95	»
»	Männer . . . . .	0,75	»

Nach SCHERER ist das Verhältniss der Harnstoffausscheidung beim Erwachsenen und Kinde, erstere = 1 gesetzt, wie

$$1 : 1,88, \text{ nach MOSLER wie } 1 : 1,40.$$

In den oben angeführten Beobachtungen über die freiwillige Nahrungsaufnahme bei Kaninchen von verschiedenem Alter und Körpergewicht kamen wir für diese Thiere zu ganz analogen Schlüssen über den Stoffwechsel im jugendlichen und ausgewachsenen Alter. Auch hierbei fanden wir S. 30, dass der Gesamtstoffwechsel bei jugendlichen und kleineren Thieren relativ bedeutender ist als bei grösseren und älteren. Die freiwillige relative Nahrungsaufnahme, die wir dort als Maass des Stoffwechsels benutzten, war bei ausgewachsenen Kaninchen fast um die Hälfte kleiner als bei jugendlichen. Es verhielten sich die Nahrungsaufnahme wie

$$1 : 1,9,$$

also sehr ähnlich wie der Stoffwechsel der verschiedenen menschlichen Lebensalter gemessen an der Harnstoffausscheidung.

Auch die Harnsäuremengen sind im kindlichen Stoffwechsel relativ bedeutender als in dem des Erwachsenen. Auf 1 Kilogramm Kind treffen 0,03 Gramm, auf 1 Kilogramm des Erwachsenen nur 0,01 Gramm, das Kind scheidet also dreimal mehr aus.

### §. 3.

#### Organgewichte verschiedener Thiere.

Im Folgenden sollen noch die weiteren von uns angestellten Organwägungen bei verschiedenen Thieren Mittheilung finden, so weit sie nicht schon im §. 1. enthalten sind.

Sie geben uns, wie die oben mitgetheilten, einen vorläufigen Einblick in die Verhältnisse der Organstoffwechsel zum Gesamtstoffwechsel sowohl bei verschiedenen Individuen derselben Species, als bei Thieren von verschiedener Art.

Es folgen zunächst die Tabellen selbst, ohne weitere Erklärung.



Tabelle XXI.

**Gewichtsverhältniss des Drüsenapparates zum Muskelapparat.**

Versuchs- Nummer.	Versuchs- Thier.	Rein- gewicht in Grammen.	Drüsen- apparat in Grammen.	Bewegungs- apparat in Grammen.	Drüsenapparat in	
					Procenten des Reingewichts.	Verhältniss zum Bewe- gungsapparat.
1.	Hund jung.	4711	857	3653	18,20%	1 : 4,2
2.	Hund alt der glei- chen Race.	10370	1166	8778	11,20%	1 : 7,5
3.	Katze	2366	248	2118	10,50%	1 : 8,5
4.	Katze	2330	264	2066	11,30%	1 : 7,8
5.	1. Frosch- Männchen.	52,5	4,4	48,1	8,50%	1 : 10,9
6.	2. Frosch- Männchen.	85,6	7,2	78,4	8,40%	1 : 10,9
7.	1. Frosch- Weibchen, trächtig.	66,3	27,3	39,0 (mit Eiern.)	41,20%	1 : 1,4

Die Beobachtungen an den Hunden zeigen das mehrfach erwähnte Abnehmen des relativen Gewichts des Drüsenapparats gegenüber dem Zunehmen der Bewegungsorgane mit zunehmendem Alter. Der erwachsene Hund lässt, wie der erwachsene Mensch und das Kaninchen, ein bedeutendes Uebergewicht der Bewegungsorgane erkennen gegenüber dem Drüsenapparat. Doch erreichen die Werthe nicht das Maximum, das wir bei sehr schweren Kaninchen gefunden haben.

Bei den Katzen ist der Bewegungsapparat relativ noch etwas schwerer als bei Hunden.

Bei männlichen Fröschen noch schwerer. Bei trächtigen Weibchen wird Bewegungsapparat und Eingeweide fast gleich schwer.



Tabelle XXII.  
Die Lebergewichte (Blut ausgeflossen).

Versuchs- Nummer.	Beobachtungs- thier.	Rein- gewicht.	Lebergewicht		
			Grammen.	in Procenten des Reingewichts.	Verhältniss zum Reingewicht.
1.	Kaninchen	221	40,0	4,52 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 22,1
2.	»	655	34,5	5,27 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 48,9
3.	»	849	30,5	3,61 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 27,9
4.	»	1093	37,4	3,42 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 29,2
5.	»	1234	52,0	4,21 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 23,7
6.	Hund jung	4711	217,4	4,61 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 21,7
7.	» alt	10370	301,0	2,90 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 34,5
8.	Katze	2366	77,5	3,27 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 30,5
9.	»	2330	45,0	1,93 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 51,7
10.	Frosch-Männchen	34,5	0,9	2,61 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 38,4
11.	»	35,0	0,9	2,57 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 39,3
12.	»	36,0	1,0	2,78 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 36,0
13.	»	41,0	1,2	2,92 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 34,2
14.	»	52,5	1,2	2,29 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 43,7
15.	Meerschweinchen	490,5	9,5	5,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	1 : 20,0

Bei Kaninchen und Hunden scheint das Lebergewicht mit dem zunehmenden Körpergewicht abzunehmen.

Auffallend ist das kleinere relative Lebergewicht bei Fleischfressern im Vergleich mit den Kaninchen und Meerschweinchen. Bei der einen Katze (Nr. 9) beträgt es noch keine 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des Reingewichts. FRERICHS gibt 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> = 1 : 50 als Lebergewicht des Menschen an.

Das kann nicht ohne Einfluss bleiben auf den Gesamtstoffwechsel. Die Leber der Fleischfresser und der Menschen enthält ihrem geringeren relativen Gewichte entsprechend weniger Blut als die der Nagethiere (Kaninchen), daher rührt die viel lebhaftere Gallenproduction dieser letzteren Thiere gegenüber den ersteren. Das gleiche Verhältniss scheint bei den Wiederkäuern (Schafen) der Fall zu sein.

Nach BIDDER und SCHMIDT's Resultaten, die wir für das Kaninchen bestätigten, sowie nach unseren für den Menschen und das Meerschweinchen gefundenen Werthen sondert ein Kilogramm Thier in 24 Stunden Galle in Grammen ab.

	frische Galle.	trockene Galle.
Mensch . . . . .	44,00	0,440
Katze . . . . .	44,50	0,816
Hund . . . . .	49,99	0,988
Kaninchen . . . . .	136,84	2,470
Meerschweinchen . . . . .	464,00	3,280

Es ist von Interesse, hier die genauen und zahlreichen Leberwägungen, welche FRERICHS am Menschen angestellt hat, und die aus ihnen gezogenen Resultate zu vergleichen.



Wir finden bei FRERICHS <sup>1)</sup> über den Einfluss der Lebensalter auf das Gewicht der Drüse:

»Während der ersten Periode der Entwicklung ist das Organ im Verhältniss zum übrigen Körper am meisten ausgebildet; schon in den späteren Monaten des Fötallebens, und vorzugsweise bald nach der Geburt, ferner gegen das höhere Alter zu nimmt dieses relative Gewicht mehr und mehr ab. — Nach der Geburt verkleinert sich die Drüse rascher wegen veränderter Blutzufuhr, besonders der linke Lappen derselben; während der Zeit des grösseren Wachstums vermehrt sich das Lebergewicht nicht in einer der Zunahme des übrigen Körpers entsprechenden Weise; im höheren Alter geht die Abnahme desselben der des Gesamtkörpers meistens voraus«.

In folgenden Tabellen sollen noch einige Gewichte der einzelnen Organe bei verschiedenen Thieren mitgetheilt werden.

Tabelle XXIII.  
Organwägungen an Thieren.

I. Kaninchen:		Gramm:	Procente:
(nicht gefroren, Blut ausgeflossen und abgerechnet).	Gesammtgewicht	221	
	Herz	3,6	1,17%
	Lunge	10,0	4,52%
	Leber	4,0	1,81%
	Nieren	0,4	0,23%
	Milz	37,0	16,64%
	Gedärme mit Netz		
	Muskeln		
	Nervengewebe	166,0	75,63%
	Haut		
	Knochen		
Summa:		221	100,00
II. Kaninchen		Gramm:	Procente:
(gefroren, alle Organe mit ihrem Blut).	Gesammtgewicht	629	
	Herz, grosse Gefässe	14,8	2,67%
	Lungen	43,6	6,93%
	Leber	5,9	0,94%
	Nieren	0,8	0,12%
	Milz		
	Gedärme	78,0	12,43%
	Netz		
	Gehirn	9,6	1,52%
	Rückenmark		
	Muskeln	243,0	38,31%
	Knochen	149,3	23,73%
	Haut	84,0	13,35%
Summa:		629	100,00

<sup>1)</sup> Klinik der Leberkrankheiten, Bd. I. S. 48 u. 49.



III. Hund  
(nicht gefroren,  
Blut ausgeflossen)  
Männchen.

	Gramm:	Procente:
Gesammtgewicht	<b>4711</b>	
Herz . . . . .	49,0	1,04%
Lunge . . . . .	130,0	2,76%
Leber mit Galle . . . . .	217,4	4,61%
Nieren . . . . .	39,6	0,84%
Milz . . . . .	13,0	0,28%
Pankreas . . . . .	20,7	0,44%
Gedärme . . . . .	388,0	8,25%
Gehirn und Rückenmark } . . . . .	86,0	1,82%
Muskeln . . . . .	1703,0	36,15%
Knochen . . . . .	988,0	20,97%
Haut . . . . .	876,0	18,59%
Geschlechtsorgane . . . . .	36,0	—
(Blutverlust . . . . .)	174,3	4,25%
Summa:	4711,0	100,00

IV. Hund  
(wie oben).

	Gramm:	Procente:
Gesammtgewicht	<b>10370</b>	
Herz und Lungen . . . . .	220	2,13%
Leber . . . . .	301	2,90%
Nieren . . . . .	43	0,41%
Milz . . . . .	24	0,23%
Pankreas . . . . .	27	0,26%
Geschlechtsorgane . . . . .	46	0,44%
Gedärme . . . . .	505	4,87%
Netz und Fett . . . . .	335	3,23%
Gehirn . . . . .	78	0,75%
Rückenmark . . . . .	17	0,16%
Muskeln . . . . .	5648	54,46%
Knochen . . . . .	1243	12,00%
Haut . . . . .	1457	14,05%
(Blutverlust . . . . .)	426	4,11%
Summa:	10370	100,00

V. Frosch (Männchen).

	Gramm:	Procente:
Gesammtgewicht	<b>52,5</b>	
Herz . . . . .	0,6	1,14%
Leber . . . . .	1,2	2,29%
übrige Eingeweide . . . . .	2,6	4,95%
Muskeln und Nervensubstanz } . . . . .	32,0	60,97%
Knochen } Bänder } . . . . .	8,5	16,15%
Haut . . . . .	7,6	14,47%



Damit beschliessen wir die Beobachtungsreihen dieses Capitels. Sie bestätigen unsere Annahme über die Wirkung des Blutgehaltes in den Organen vollkommen.

Sie ergeben uns als

#### **Hauptresultat:**

1. Der Gesamtstoffwechsel steigt und fällt mit der Zu- und Abnahme des gesammten Drüsenapparates im Verhältniss zu den Bewegungsorganen. Verschiedene Thierarten und Individuen derselben Art zeigen je nach der grösseren oder geringeren Entwicklung ihres Drüsenapparates einen grösseren oder geringeren Gesamtstoffwechsel.

2. Der Jugendzustand besitzt im Verhältniss einen höher entwickelten Drüsenapparat als das reife Alter. Es ist das einer der Gründe, warum der Stoffwechsel in der Jugend stärker ist als im erwachsenen Alter. Einen andern Grund fanden wir in der relativ grösseren Blutmasse bei jugendlichen Individuen. Da die Drüsen (Lymphdrüsen, Leber) die Bildungsstätten des Blutes sind, so wird der relative Reichthum des jugendlichen Alters an Blut aus der relativen Mehrentwicklung der Drüsensubstanz erklärlich.

3. Da die Leber das Hauptorgan des Drüsenapparates ist, so gelten die obigen Sätze auch für diese.

Mit der geringeren Leberentwicklung im Verhältniss zum Gesamtkörper, namentlich zum Bewegungsapparat, sinkt die Gallenmenge bei dem Einzelindividuum, wie bei der Thierart.

4. Bei verschiedenen Thierarten und Thieren derselben Species setzt sich, je nach den oben dargelegten Verhältnissen, der Gesamtstoffwechsel bei Muskelruhe zwar aus den qualitativ gleichen Factoren zusammen, die Intensität, mit der diese Factoren aber zur Wirkung kommen, ist eine sehr wechselnde.

Diese Schwankungen, die wir hier für verschiedene Thierarten und Thierindividuen bei Muskelruhe erwiesen haben, müssen sich ebenso bei jedem Einzelindividuum zeigen, wenn eins oder das andere seiner grossen Organe oder Organgruppen jeweilig in stärkere Thätigkeit versetzt wird.



## Capitel VIII.

### Erste directe Bestimmung der in 24 Stunden bei Muskelruhe vom Menschen producirten Gallenmenge.

#### §. 1.

##### **Bestimmung der 24stündigen Gallenproduction des Menschen.**

Wie betheiligt sich bei dem Menschen, dem Hauptobject der physiologischen Forschung, die Leber, am Gesamtstoffwechsel?

Man hat bisher, so viel mir bekannt, noch nicht Gelegenheit gehabt, die Gallenproduction des Menschen direct zu bestimmen.

Man war für die Physiologie der Gallenproduction des Menschen einerseits auf die Untersuchung der Blasengalle angewiesen, andererseits auf die Uebertragung an Thieren mit Gallen fisteln gewonnener Resultate auf den Menschen.

Wie verschieden die in der Blase aufgespeicherte Galle ist von der Galle, welche beständig von der Leber in den Darm ergossen wird, haben entsprechend älteren Versuchen auch die in Capitel V. S. 116 mitgetheilten Trockenbestimmungen der verschiedenen Gallensorten desselben Thieres ergeben. Die festen Stoffe der Blasengalle eines Kaninchens betrugen:

7,90/0,

die festen Bestandtheile des frischen Lebersecrets bei demselben Thiere dagegen nur:

1,80/0.

Nach solchen Erfahrungen werden die Schlüsse von der Blasengalle des Menschen auf die Zusammensetzung der Galle, wie sie sich an den Vorgängen der Stoffaufnahme im Darm betheiligt, mehr als zweifelhaft. Jedenfalls werden wir annehmen müssen, dass letztere sehr viel weniger concentrirt sein werde.

Auch die Uebertragung der an Thieren gewonnenen Resultate auf den Menschen bleibt immerhin in ihrer Berechtigung fraglich. Die Untersuchungen an Gallen fisteln zeigen sehr erhebliche Unterschiede bei verschiedenen Thierarten, die sich weder aus dem relativen Lebergewichte noch aus der Nahrung oder Körpergewicht allein erklären lassen.

C. Vorr hat die Kohlensäureausscheidung in der Athmung zu einem Mass der Gallenausscheidung zu machen versucht. Seine Versuche zur Begründung



dieser Annahme beziehen sich auch nur auf den Hund mit permanenter Gallenfistel. Wir haben noch kein Recht, sie direct, auf den Menschen zu übertragen.

Wir werden in der Folge zur Controle unsere directen Bestimmungen vergleichen mit den Berechnungen anderer Autoren.

Es glückte, einen mit Ausnahme eines chronischen Bronchialkatarrhs und starker Abmagerung sonst gesunden Mann mit einer schon längere Zeit bestehenden **permanenten Gallenfistel** zur Beobachtung zu bekommen.

Die Galle wurde in die Bronchien der Lunge entleert, es bestand, wie die Diagnose am Lebenden und die Section ergab, eine Leberlungenfistel.

Die Leber, welche in ihren übrigen Partien sich normal zeigte, beherbergte einen multiloculären Echinococcus. Es war ein Durchbruch eines grösseren Gallengefässes in einen der Hohlräume erfolgt, dieser communicirte, nach einem Durchbruch durch das Zwerchfell, die Pleura und das Lungengewebe, mit einem Bronchienweig.

Die Ausscheidung der Galle erfolgte nicht ununterbrochen, während der ganzen Krankheitszeit durch die Lunge. Es wechselten Zeiten ab, in denen sie gänzlich durch den Darm stattfand, mit solchen, in denen offenbar kein Tropfen Galle in den Darm entleert wurde. In früheren Stadien der Krankheit war sehr starker Icterus mit dem Leiden verbunden, der während unserer Beobachtung verschwunden war.

Wurde die Galle in den Darm ergossen, so war der Darmkoth normal gefärbt, im anderen Falle hatte er die charakteristischen Zeichen des höchstgradigen icterischen Stuhls erdweiss, enorm fetthaltig, von fauligem Geruch, ohne eine Spur von Gallenbestandtheilen.

Der Mann war lange in poliklinischer Behandlung unter Herren Professor Dr. SEITZ, der zuerst das Bestehen der Leberlungenfistel diagnosticirte.

Später kam der Patient unter die klinische Behandlung des Herren Geheimrathes Professor Dr. VON GIETL im Münchener städtischen Krankenhause. Hier hatte der Verfasser Gelegenheit den Kranken näher zu beobachten.

Im Anhang zu diesem Capitel wird die Krankengeschichte und Section ausführlicher dargelegt werden.

Hier interessiren vor Allem die 5 vierundzwanzigstündigen Gallenmengeb Bestimmungen, die in einer Periode angestellt werden konnten, in denen die Untersuchung des Koths einen vollkommenen Abschluss der Galle von dem Darne ergab.

Nach der 5. Sammlung der Galle cessirte plötzlich die Gallenausscheidung durch die Lunge, der Koth wurde wieder normal gefärbt, die Sputa enthielten keine Spur Galle mehr, die Fistelöffnung hatte sich geschlossen. Der Mann verliess in diesem Zustande das Spital, so dass keine weiteren Untersuchungen möglich waren.

Nach einigen Monaten kam er zur Section durch Prof. BULL, der der Verfasser beiwohnte, und welche, wie gesagt, die Diagnose bestätigte.

Da die Gallenausscheidung durch die Lunge plötzlich aufhörte, konnte die



Menge des flüssigen Bronchialsecretcs bestimmt werden, welche bei dem Auswerfen der Galle zugemischt wurde.

Die Lungenausscheidung betrug nach dem Aufhören der Gallenbeimischung am ersten Tage :

135<sup>cc</sup>.

Die folgenden Tage ergaben niedrigere Werthe, so dass es vorzuziehen ist, lieber diese Maximalzahl von der durch die Lunge gelieferten Gallenmenge in Abzug zu bringen, als eine etwas kleinere Mittelzahl.

Von den Zahlen für die feste Galle kam etwas Eiweiss in Abzug, welches von dem Bronchialsecrete herrührte, welches auch Schleimkörperchen (Eiterkörperchen) enthielt.

Nach Abzug von 135<sup>cc</sup> für das beigemischte Lungensecret und des in jedem Falle direct bestimmten Albumins gaben die Bestimmungen der in 24 Stunden ausgeschiedenen, sorgfältig gesammelten Gallenmengen folgende Resultate.

Zu wiederholen ist noch, dass Icterus während der 5 folgenden Versuche nicht bestand, nur die Conjunctiva war sehr schwach gelblich gefärbt, im Urin kein Gallefarbstoff.

Das specifische Gewicht der Galle war im Mittel 1025.

### I. Bestimmung

der Gallenausscheidung des Menschen.

In 24 Stunden wurden ausgeschieden :

flüssige Galle . . . . .	(405 <sup>cc</sup> ) = 445 Gramm
feste Galle . . . . .	44,74 »

I. Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	6,32 Gramm
Fett mit Cholesterin . . . . .	4,67 »
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	2,04 »
Asche . . . . .	4,74 »

Summa 44,74 Gramm.

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	97,10%
feste Stoffe . . . . .	2,90%

100,00.

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	53,4%
Fett und Cholesterin . . . . .	44,2%
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	47,8%
Asche . . . . .	44,6%

100,0.



**II. Bestimmung**

der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

flüssige Galle . . . . .	(645 <sup>cc</sup> ) = 664 Gramm
feste Galle . . . . .	17,34 »

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	6,88 Gramm
Fett mit Cholesterin . . . . .	3,90 »
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	4,24 »
Asche . . . . .	2,32 »

Summa 17,34 Gramm.

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	97,31 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
feste Stoffe . . . . .	2,69 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	100,00.

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	40,00 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Fett mit Cholesterin . . . . .	22,50 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	24,11 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Asche . . . . .	13,39 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	100,00.

**III. Bestimmung**

der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

flüssige Galle . . . . .	(595,5 <sup>cc</sup> ) = 610 Gramm
feste Galle . . . . .	20,14 »

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	14,48 Gramm
Fett mit Cholesterin . . . . .	0,97 »
Gallenfarbstoff (mit Schleim) . . . . .	2,07 »
Asche . . . . .	2,65 »

Summa 20,17 Gramm.

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	96,61 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
feste Stoffe . . . . .	3,39 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	100,00.

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	71,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Fett mit Cholesterin . . . . .	4,80 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	10,28 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
Asche . . . . .	13,12 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	100,00.



## IV. Bestimmung

## der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

flüssige Galle . . . . .	(604 <sup>cc</sup> ) = 646 Gramm
feste Galle . . . . .	16,74 »

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	9,39 Gramm
Fett mit Cholesterin . . . . .	1,76 »
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	2,91 »
Asche . . . . .	2,68 »

Summa 16,74 Gramm

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	96,22%
feste Stoffe . . . . .	3,78%

100,00.

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	54,9%
Fett und Cholesterin . . . . .	10,5%
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	19,8%
Asche . . . . .	14,8%

100,0.

## V. Bestimmung

## der Gallenausscheidung des Menschen.

I. In 24 Stunden wurden ausgeschieden:

flüssige Galle . . . . .	(922 <sup>cc</sup> ) = 945 Gramm
feste Galle . . . . .	37,00 »

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	17,54 Gramm
Fett mit Cholesterin . . . . .	7,55 »
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	4,32 »
Asche . . . . .	6,59 »

II. Procentberechnung der Zusammensetzung:

Wasser . . . . .	95,99%
feste Stoffe . . . . .	4,01%

100,00.

Die festen Stoffe bestanden aus:

Gallensäuren . . . . .	47,39%
Fett und Cholesterin . . . . .	20,44%
Farbstoff (mit Schleim) . . . . .	44,35%
Asche . . . . .	17,85%

100,00.



Zur Erleichterung der Uebersicht sollen die erhaltenen Resultate noch tabellarisch neben einander gestellt werden.

In 24 Stunden wurde ausgeschieden:

		flüssige Galle: sp. G. 1025.	feste Galle:
Beobachtung	I.	405 <sup>cc</sup> = 445 Gramm.	11,74 Gramm
»	II.	645 <sup>cc</sup> = 664 »	17,34 »
»	III.	595 <sup>cc</sup> = 610 »	20,17 »
»	IV.	604 <sup>cc</sup> = 646 »	16,74 »
»	V.	922 <sup>cc</sup> = 945 »	37,00 »
<b>Im Mittel:</b>		<b>636<sup>cc</sup> = 652 Gramm:</b>	<b>20,62 Gramm.</b>

Der Mensch wog:

94  $\mathcal{Z}$ . = 47 Kilogramm.

Die Leber war durch den Echinococcus vergrößert, sodass das wahre Gewicht der Lebersubstanz nicht bestimmt werden konnte.

1 Kilogramm Mensch secernirte sonach

1) in 24 Stunden im Mittel:

flüssige Galle 43,52<sup>cc</sup> = 44,0 Gramm.

feste Galle 0,44 Gramm.

2) in 1 Stunde:

flüssige Galle 0,56<sup>cc</sup> = 0,574 Gramm.

feste Galle 0,02 Gramm.

1 Kilogramm Mensch secernirte

1) in 24 Stunden im Minimum:

flüssige Galle 8,61<sup>cc</sup> = 8,83 Gramm.

feste Galle 0,25 Gramm.

2) in 1 Stunde als Minimum:

flüssige Galle 0,36<sup>cc</sup> = 0,37 Gramm.

feste Galle 0,01 Gramm.

1 Kilogramm Mensch secernirte

1) in 24 Stunden im Maximum:

flüssige Galle 49,62<sup>cc</sup> = 20,11 Gramm.

feste Galle 0,8 Gramm.

2) in 1 Stunde als Maximum:

flüssige Galle 0,82<sup>cc</sup> = 0,84 Gramm.

feste Galle 0,033 Gramm.

Diese Werthe bleiben sehr bedeutend hinter denen zurück, die wir für Kaninchen gefunden haben, besonders dann, wenn wir uns nur an die Gallenausscheidung in der Ruhe vor dem Tetanus halten, was dadurch gerechtfertigt erscheint, dass durch den Tetanus die Gallensecretion nachhaltig vermindert wird. Die berechneten Gallenmengen für 24 Stunden sind für 1 Kilogramm Kaninchen nach unseren Beobachtungen folgende:



			feuchte Galle:
Versuch	I	.	106,2 Gramm
»	III	.	102,2 »
»	IV	.	152,4 »
»	V	.	188,2 »
»	VI	.	110,3 »

**Im Mittel:** . . . **132 Gramm.**

BIDDER und SCHMIDT fanden nach ihren Versuchen für dieselbe Grösse den Werth

**136,84,**

der von unserem also nicht verschieden ist.

Für trockene Galle fanden sie für 1 Kilogramm Kaninchen in 24 Stunden

**2,47 Gramm.**

Wir bei einem mittleren Gehalt an festen Stoffen von 1,84% nach den Ergebnissen der Versuche IV und V

**2,43 Gramm,**

also absolute Uebereinstimmung.

Ehe wir weitere Vergleiche der bei dem Menschen gewonnenen Resultate mit an Thieren erhaltenen vornehmen, fahren wir noch in der tabellarischen Zusammenstellung fort.

### Tabelle

**der in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedenen Gallenbestandtheile in Grammen.**

	I. Minimum.	II.	III.	IV.	V. Maximum.	Im Mittel.
Gallensäuren .	6,32	6,88	14,48	9,39	17,54	<b>11,0</b>
Fett } .	4,67	3,90	0,97	1,76	7,55	<b>3,2</b>
Cholesterin }						
Farbstoff } . .	2,01	4,24	2,07	2,91	4,32	<b>3,2</b>
Schleim }						
Asche . . .	1,74	2,32	2,65	2,68	6,59	<b>3,2</b>
Summa:	11,74	17,43	20,17	16,74	37,00	<b>20,6</b>



Tabelle  
der procentischen Zusammensetzung in fester Menschen-Galle.

	I. %	II. %	III. %	IV. %	V. %	Im Mittel: %
Gallensäuren .	53,4	40,9	71,8	54,9	47,4	53,45
Fett } .	44,2	22,5	4,8	10,5	20,4	14,48
Cholesterin }						
Farbstoff } . .	47,8	24,1	10,3	19,8	14,4	17,29
Schleim }						
Asche . . .	14,6	13,4	13,1	14,8	17,8	14,79
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00

Am auffallendsten sind unter diesen Ergebnissen die sehr bedeutenden Schwankungen im procentischen Fett- und Cholesteringehalt der verschiedenen Gallenportionen.

Es lässt diese Beobachtung auf eine bedeutende Beeinflussung der **Zusammensetzung der Galle** je nach der Nahrung schliessen, eine Frage, die bisher noch nicht exact in Angriff genommen worden ist, aber eine Erledigung verdient.

### Hauptresultat.

1) Ein Mann von 94 Pfund = 47 Kilogramm Körpergewicht secernirte in 24 Stunden

	flüssige Galle:	feste Galle:
im Mittel . . .	652 Gramm;	20,62 Gramm.
im Minimum	445 »	11,74 »
im Maximum	945 »	37,00 »

2) 1 Kilogramm Mensch secernirte in 24 Stunden

	flüssige Galle:	feste Galle:
im Mittel . . .	14,0 Gramm;	0,44 Gramm.
im Minimum	8,83 »	0,25 »
im Maximum	20,11 »	0,80 »

### §. 2.

**Vergleichung der direct gefundenen Werthe mit den für die Gallenproduction des Menschen bisher berechneten.**

Man pflegte bisher die vom Menschen gelieferten Gallenmengen zu berechnen nach den auf 1 Kilogramm Körpergewicht ausgeschlagenen Gallenmengen, die man bei fleischfressenden Thieren aus Fisteln gewonnen hat.

Man glaubte die Annahme machen zu dürfen, dass 1 Kilogramm Mensch in 24 Stunden ziemlich ebensoviel Galle ausscheide wie 1 Kilogramm Katze oder Hund in der gleichen Zeit.



Aus den Versuchen von BIDDER und SCHMIDT berechnet sich, dass 1 Kilogramm **Katze** in 24 Stunden im Mittel secernire bei gewöhnlicher Kost

**14,5 Gramm flüssige Galle.**

1 Kilogramm **Hund** in 24 Stunden

**13—28 Gramm flüssige Galle.**

Für den Hund stimmen die Beobachtungen NASSE's mit denen von BIDDER und SCHMIDT überein. NASSE fand für 1 Kilogramm Hund in 24 Stunden

**12,2—28,4 Gramm flüssige Galle.**

Die Zahlen ARNOLD's sind ziemlich viel kleiner, sie betragen nur 8,4 Gramm — 11,6 Gramm in 24 Stunden. Man hat darauf hingedeutet, dass diese geringen Gallenmengen sich vielleicht daraus erklären, dass bei den betreffenden Versuchen der Gallenabfluss nicht ganz ungehindert vor sich gehen konnte, wodurch bekanntlich eine Verminderung der Gallensecretion bis zu vollkommener Sistirung derselben hervorgerufen werden kann.

Nach der anderen Richtung weichen von den bisher betrachteten Werthen für die Gallenproduction der Hunde die Versuche von KÖLLIKER und H. MÜLLER ziemlich bedeutend ab.

Sie fanden für 1 Kilogramm Hund, auf 24 Stunden berechnet, im Minimum 21,5 Gramm flüssige Galle mit 0,75 Gramm festen Stoffen, im Maximum 36,46 Gramm mit 1,162 Gramm festen Stoffen<sup>1)</sup>.

Alle diese Versuche leiden mehr oder weniger daran, dass von einigen, kürzere Zeit andauernden Messungen der Gallenausscheidung auf den ganzen Tag gerechnet wurde. Die Gallenproduction steht jedoch bei Fleischfressern so sehr unter dem Einfluss der Verdauungs-Phasen und der Ernährung, dass eine derartige Berechnung selbstverständlich nicht ohne die grössten Willkürlichkeiten in den Annahmen angestellt werden kann. Die Berechnungen können sonach nicht auf volle Genauigkeit Anspruch machen.

Trotzdem ist es interessant, dass die von uns am Menschen gewonnenen Resultate, soweit sie sich auf flüssige Galle beziehen, mit den Ergebnissen der Versuche an Thieren ziemlich übereinstimmen, am besten mit den von BIDDER und SCHMIDT für die Katze gefundenen Werthen, mit denen sie, mit Rücksicht auf die natürlichen Schwankungen einer physiologischen Function, geradezu identisch erscheinen.

1 Kilogramm Katze :  
(berechnet)  
14,5 Gramm.

1 Kilogramm Mensch :  
(gemessen)  
14,0 Gramm.

FUNCKE berechnete aus den mitgetheilten Mittelzahlen für Fleischfresser (Katze und Hund) die Gallenproduction eines 60 Kilogramm schweren Menschen in 24 Stunden auf etwa 1000—1800 Gramm.

Dieser Rechnungsvoranschlag wird durch die directe Beobachtung ziemlich bestätigt, doch ist die beobachtete Gesamtmenge der Galle etwas geringer. Nach unseren Bestimmungen treffen auf einen Menschen von 60 Kilogramm in 24 Stunden

1) In einem jedoch pathologischen Falle fanden sie sogar 53,66 feuchte Galle mit 1,683 festen Stoffen.



im Mittel . . . 840 Gramm flüssige Galle  
 im Maximum 1207 „ „ „

Von den bisher mitgetheilten Gallebestimmungen an Hunden unterscheiden sich die Beobachtungen von TH. L. W. VON BISCHOFF mit C. VOIR's wesentlich dadurch, dass sie sich auf viel grössere Beobachtungszeiten erstrecken, somit die Gallenquantitäten mit grösserer Genauigkeit angeben<sup>1)</sup>.

Nach ihren Versuchen schied ein 20 Kilogramm schwerer Gallenfistelhund 4—12 Gramm feste Galle in 24 Stunden aus, im Mittel 9 Gramm.

Diese Zahlen sind sehr viel geringer als die Angaben der oben angeführten Autoren.

1 Kilogramm Hund scheidet in 24 Stunden nach BISCHOFF und VOIR aus im Mittel

**0,43** Gramm feste Galle.

1 Kilogramm Mensch nach unserer Bestimmung in derselben Zeit im Mittel

**0,44** Gramm feste Galle.

Die Werthe passen vollkommen auf einander.

Ebenso genau stimmt die Berechnung mit der Beobachtung überein, wenn wir nicht auf 1 Kilogramm Körpergewicht rechnen, sondern auf das gleiche Lebergewicht.

Die Leber des Gallenfistelhundes, an dem BISCHOFF und VOIR beobachteten, wog nach E. BISCHOFF 777 Gramm, sie producirt im Mittel nach der obigen Angabe 9 Gramm feste Galle.

Die Leber eines erwachsenen Menschen wiegt z. B. nach den Wägungen E. BISCHOFF's bei einem Hingerichteten 1600 Gramm. Da das Lebergewicht unseres Gallenfistelmanne nicht exact zu bestimmen ist, können wir uns an diese Zahl halten. Es würden demnach im Mittel, gleiche Secretionsintensität für das gleiche Lebergewicht von Hund und Mensch vorausgesetzt, vom Menschen in 24 Stunden nach der Rechnung

**20** Gramm feste Galle

ausgeschieden werden.

E. BISCHOFF berechnet in seiner Untersuchung: Ueber den Nachweis der Gallensäuren mittelst der PETTENKOFER'schen Probe und über das Vorkommen dieser Säuren im icterischen Harn<sup>2)</sup>, der wir auch die Angaben über die von BISCHOFF und VOIR bestimmten Gallenmengen entnehmen, die gleiche Grösse für die vom Menschen gelieferte Gallenmenge.

Unsere oben mitgetheilte beobachtete Mittelzahl stellt sich, ganz dieser Berechnung entsprechend, auf

**20,62** Gramm feste Galle.

Die Uebereinstimmung der Resultate könnte nicht grösser sein. Sie zeigt uns, dass die Berechnungsmethoden auf gleiches Körper- und Lebergewicht, auf die BISCHOFF-VOIR'schen Beobachtungen am Gallenfistelhund gestützt, auch für

1) SCOTT's Zahlen für den Hund erscheinen auffallend gross.

2) 1864. Zeitschrift f. rat. Med.



den Menschen ein der Wahrheit sich vollkommen annäherndes Resultat ergeben. Die a priori gegen die Berechtigung einer derartigen Berechnung sich ergebenden Zweifel sind dadurch beseitigt.

In der oben citirten Abhandlung E. BISCHOFF's finden wir noch folgende, hierher zu beziehende, wichtige Stelle.

»Herr Professor VOIT hat vorgeschlagen, noch auf eine andere Weise weitere Aufschlüsse zu gewinnen. Es hat sich bei den oben angeführten Untersuchungen herausgestellt, dass ein Hund beim Hunger 4 Gramm, bei der grössten Nahrungsmenge 42 Gramm feste Galle im Tage bildet, die mittlere Menge bei ausreichender Nahrungszufuhr betrug 9 Gramm. — Die Respirationsversuche der Prof. PETTENKOFER und VOIT ergeben nun ganz die gleichen Schwankungen für die Kohlenstoffausscheidung durch Haut und Lungen beim Hunde, nämlich beim Hunger 78 Gramm, bei reichlichster Nahrungszufuhr 220 Gramm, die mittlere Menge bei zureichender Nahrung beläuft sich etwa auf 160 Gramm Kohlenstoff. Es ist auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Gallenausscheidung steigt und fällt mit der Menge des durch die Athmung entfernten Kohlenstoffs. Bei Fütterung mit 1600 Gramm Fleisch finden sich im Tag 42 Gramm feste Galle; bei der gleichen Nahrung werden 450 Gramm Kohlenstoff exspirirt. — Nach den Beobachtungen von Dr. J. RANKE scheidet ein ausgewachsener Mensch bei gewöhnlicher Diät im Tag 240 Gramm Kohlenstoff durch Haut und Lungen aus; daraus würden sich also 17 Gramm trockene Galle berechnen.«

E. BISCHOFF berechnet sonach nach der angegebenen, auf vollkommen anderen Voraussetzungen beruhenden Methode aus der vom Verfasser bestimmten Respirationsgrösse des Menschen für die Gallenausscheidung 17 Gramm, dieselbe Grösse, die wir unter unseren V directen Bestimmungen der Gallenmengen **zweimal** antreffen im II. und IV. Versuch (II. 47,34 Gramm; IV. 46,74 Gramm). Nach E. BISCHOFF berechnet VOIT die in 24 Stunden vom Menschen ausgeschiedene Menge von Gallensäuren im Mittel zu 11 Gramm, die gleiche Zahl, die wir durch Beobachtung gefunden haben.

So bestätigt ein Resultat das andere.

**Die direct beobachteten Werthe der Gallenproduction des Menschen für 24 Stunden entsprechen den auf richtigen Voraussetzungen beruhenden Beobachtungen dieser Grösse nach Beobachtungen an Thieren vollkommen.**

Mit aller Bestimmtheit kann ausgesagt werden, dass der Mensch in 24 Stunden zum wenigsten die oben mitgetheilten Gallenmengen ausscheidet, wenn wir Rücksicht nehmen auf den minimalen Verlust, der durch die Gelbfärbung der Conjunctiva angedeutet wird.

### §. 3.

**Vergleichung der chemischen Zusammensetzung der Menschengalle nach den vorstehenden und älteren Bestimmungen.**

Am bedeutendsten sind, wie zu erwarten, die Unterschiede zwischen dem Wassergehalte der von anderen Autoren untersuchten Blasengalle und des von uns beobachteten frischen Lebersecrets.



Bei einem durch Verwundung gestorbenen 22jährigen Manne fand FRERICHS die Zusammensetzung der Blasengalle

Wasser .	85,92%
festе Stoffe	14,08%

v. GORUP-BESANEZ fand bei normalen, von Hingerichteten stammenden Blasen-  
zellen als grösste Differenzen

Wasser .	82,27%
festе Stoffe	17,73%

und

Wasser .	90,87%
festе Stoffe	9,13%

Als Mittelwerth für die Zusammensetzung der Blasengalle berechnet sich daraus

Wasser . . .	86,35%
festе Stoffe .	13,65%

Die von uns für das frische Lebersecret gefundene mittlere Zusammensetzung ist

Wasser . . .	96,84%
festе Stoffe .	3,16%

Als Grenzwerthe fanden wir

Wasser . . .	97,31%
festе Stoffe . .	2,69%

und

Wasser . . .	95,99%
festе Stoffe . .	4,01%

Alle unsere Trockenbestimmungen sind bei 110° C. gemacht.

Die festen Stoffe unterscheiden sich sonach zwischen Blasengalle und Lebersecret wie

$$3,16\% : 13,65\%,$$

also etwa um das 4fache ist die menschliche Blasengalle reicher an festen Stoffen als das frische Lebersecret.

Die Zusammensetzung der festen Stoffe der frischen Menschenblasengalle wurde von FRERICHS und v. GORUP-BESANEZ ebenfalls untersucht.

Unsere Bestimmungen wurden nach der gleichen Methode angestellt, welche von den genannten Autoren verwendet wurde, sodass die gewonnenen Resultate direct vergleichbar sind. In einem Falle, Nr. I, wurde das Resultat für die Gallensäuren controlirt nach der HORRE'schen Methode, die Zahlen stimmten gut überein, sie waren nach der letzteren nur wenig geringer, sie ergaben im Ganzen für 24 Stunden

$$6,3 : 6,4 \text{ Gallensäuren,}$$

eine Differenz, welche noch in die Fehlergrenzen zu fallen scheint.

Die Berechnungen der vorstehenden Resultate sind auf 100 der festen Stoffe ausgeführt.

In derselben Weise berechnet, ergeben die berechenbaren Bestimmungen der genannten Autoren bei Blasengalle:



	I. (FRERICHS.)	II. (v. GORUP.)	III.
Gallensaure Alkalien	64,9	60,8	55,4
Fett	8,4	26,7	30,3
Cholesterin)			
Farbstoff)	24,2	12,5	14,3
Schleim)			
Asche . . . . .	5,5	6,4	6,4

Diese Werthe differiren etwa ebenso von einander, wie die von uns gefundenen, zum Beweise, dass, wie schon oben erwähnt, auf die Zusammensetzung der Galle wahrscheinlich die Nahrungsverhältnisse sehr bedeutend Einfluss ausüben.

Im Mittel verhalten sich die Zusammensetzungen der verschiedenen Gallen vom Menschen in Hinsicht ihrer organischen Stoffe in folgender Weise. Nr. I. sind die Beobachtungen an der Blasengalle nach FRERICHS und v. GORUP, Nr. II. unsere Beobachtungen an dem Lebersecret des Gallenfistelmannes.

	I.	II.
Gallensäuren . . .	54,0 <sup>1)</sup>	53,45
Fett	21,8	14,48
Cholesterin)		
Farbstoff)	16,0	17,29
Schleim)		

Die Zusammensetzungen differiren danach in Betreff der organischen Gal-  
lenbestandtheile nicht.

Sehr viel bedeutender stellt sich der Aschengehalt des Lebersecrets heraus als der Blasengalle. Das frische Lebersecret enthält im Mittel nach unseren Bestimmungen

44,79% anorganische Stoffe,  
während hier die Blasengalle nur enthält  
6%.

Danach scheint die Verminderung des **Wassergehaltes** des Leber-  
secrets in der Gallenblase auch mit einer Verminderung sei-  
ner **anorganischen Salze** Hand in Hand zu gehen. —

Folgenden

Sectionsbericht,

welcher die Diagnose vollkommen bestätigte, verdanken wir der Freundlich-  
keit des Herren Geheimrath Professor Dr. v. GIETL.

<sup>1)</sup> Gallensaure Alkalien berechnen sich im Mittel zu 60,4, nach Abzug von 100% Asche bleiben 54,0.



A. S., Bahnaufseher, 41 Jahr alt.

*Echinococcus alveolaris*, *Tuberculosis pulmonum*.

Bei der äusseren Besichtigung zeigte die Leiche grosse Abmagerung, Schwund der Muskulatur und des *Paniculus adiposus*.

Die Section ergab vollkommene Verwachsung der Lungen beiderseits mit der *Costalpleura*. Die Lungen zeigen sich durchsetzt von theilweise abse-  
cirenden Tuberkelherden. Im rechten Oberlappen eine grössere Caverne.

Im rechten Unterlappen befinden sich mehrere haselnuss- bis wallnuss-  
grosse Cavernen, deren untere Wand zum Theil von der Zwerch-  
fellpleura gebildet wird. Dasselbst finden sich auch mehrere erbsen-  
grosse Herde von *Echinococcus alveolaris*.

Die Leber war ziemlich klein. An der *Porta hepatis* fand sich eine kno-  
tische Verdichtung des *Glisson'schen* Gewebes, welches die grösse-  
ren Gallengänge ringförmig umschnürte und sich ebenfalls als  
*Echinococcus* erwies. Entsprechend dem Verlaufe der Pfortader- und Leber-  
arterienäste im oberen Theile des rechten Lappens, zeigen sich von der *Porta*  
*hepatis* ausgehende und gegen das Zwerchfell verlaufende, theilweise 0,5 CM.  
dicke derbe Stränge, ebenfalls *Echinococcus*.

In der Peripherie der Convexität des rechten Lappens  
mehrere grössere und kleinere *Echinococcus*herde, die un-  
mittelbar an das Zwerchfell angrenzen, welches theils fibrös ver-  
dichtet, theils ebenfalls mit *Echinococcus* infiltrirt ist. Eine offene Communi-  
cation zwischen den correspondirenden Cavernen im Unterlappen der  
rechten Lunge und den *Echinococcus*höhlungen ist nicht mehr nach-  
weisbar.

Die übrigen Organe zeigen sich ausser geringer Fettdegeneration des Herz-  
muskels gesund.

### Anhang.

Als Anhang möge hier ein Auszug aus der Inauguraldissertation des Herren  
Dr. med. ADAM RAPP aus Bamberg:

#### Eine Leber-Lungenfistel,

Würzburg 1867, Platz finden, welche unseren Fall in der Zeit beschreibt, ehe  
er unter unsere Beobachtung kam.

Leber-Lungenfisteln sind so selten beobachtet und wenig besprochen, dass ich  
es für interessant genug erachte, den von mir in dem poliklinischen Institute zu  
München beobachteten und behandelten Fall der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Der Fall wurde zuerst in der medicinischen Poliklinik zu München, der auch  
ich als Praktikant angehörte, behandelt und ist mir durch die Güte des Vorstandes  
derselben, Herrn Professor Dr. SEITZ, in späterem Verlaufe zur Behandlung und  
Verwendung zu meiner Dissertation überlassen worden.

J. S., 38 Jahr alt, verheiratheter Eisenbahnarbeiter und Vater von zwei Kin-  
dern, gibt an, früher ein sehr kräftiger, frischer Mann gewesen zu sein und sich



stets der besten Gesundheit erfreut zu haben, die nur höchst selten durch vorübergehende Unpässlichkeiten getrübt worden sei. In Mitte des Monats December 1865 bemerkte Patient, dass er ungewöhnlich gelb aussehe und suchte desshalb in der hiesigen Poliklinik ärztliche Hülfe. Der Kranke soll ein gut genährtes und kräftiges Aussehen gehabt haben, die ikterische Färbung der Haut war stark ausgesprochen. Er klagte über Appetitlosigkeit, Kopfschmerz, Jucken der Haut, grosse Ermattung und war sehr verstimmt. Fieber war keines vorhanden, Körpertemperatur nicht erhöht, Puls etwas verlangsamt. Bei genauer Untersuchung der Leber konnte nichts Abnormes nachgewiesen werden, auch keine Schmerzhaftigkeit derselben war vorhanden. Der Unterleib war nicht aufgetrieben, die Milz nicht vergrössert. Der Stuhl träge und entfärbt, Urin bierbraun. Es wurde die Diagnose, zumal Erscheinungen eines Magenkatarrhs vorausgegangen waren, auf Icterus catarrhalis gestellt und zuerst dagegen Laxantia, später Roberantia und Bäder verordnet. Patient wurde so zwei Monate lang ambulant behandelt, ohne dass sich die Krankheit eigentlich wesentlich besserte. Nach Ablauf dieser genannten Zeit stellten sich Fieber, sehr hochgradige Erschöpfung ein und der Kranke wurde bettlägerig. Die Lebergegend war etwas schmerzhaft, sonst aber nichts Besonderes zu bemerken. Nachdem nun dieses Fieber in mässigem Grade ungefähr 8 Tage angedauert hatte, stellte sich plötzlich ein sehr heftiger Schüttelfrost ein, begleitet von Husten, Athembeklemmung und einem sehr lebhaften Schmerze, entsprechend dem Zwerchfellsstande rechterseits. Die Perkussion ergab nach 4 Tagen auf der rechten Seite eine absolute Dämpfung, beginnend am oberen Rande der vierten, später der dritten Rippe und hinreichend bis zur gewöhnlichen Grenze der Leberdämpfung. Die Dämpfung begann in derselben Höhe nach rückwärts, seitlich und vorne. Die Auskultation ergab entsprechend der Dämpfung aufgehobenes Athmen und nach oben Rasselgeräusche. Die ganze linke Lunge befand sich im Zustande katarrhalischer Reizung. Der Husten wurde quälend, der Auswurf war zäh und konnte nur mit Mühe expectorirt werden. Ikterische Färbung bestand immer noch fort; ebenso die Stuhlentfärbung und die gallige Färbung des Urins. Es wurde Nitrum und Salmiak gereicht. Der Zustand des Patienten besserte sich allmählich etwas, das Exsudat begann resorbirt zu werden, allein im Ganzen zog sich die Krankheit noch immer mit den Erscheinungen von Ikterus neben Stechen auf der Brust bis Anfang Juni fort. Zu dieser Zeit entleerte Patient plötzlich auf freier Strasse unter heftigen Hustenstössen grosse Massen grüner, ganz wie Galle aussehender Sputa. Die chemische Untersuchung soll auch damals ergeben haben, dass beträchtliche Mengen von Galle darin enthalten waren. Patient fühlte sich nach dieser Entleerung etwas leichter, die Schmerzhaftigkeit in der rechten Thoraxhälfte wurde geringer, er entleerte jedoch von dieser Zeit an täglich 4—2 Mass solcher Sputa. Der Ikterus hielt sich dabei auf derselben Stufe, der Stuhl war retardirt, die Faeces blieben vollkommen entfärbt und der Urin immer vollkommen concentrirt und bierbraun. Der Kräftezustand des Kranken sank ausserordentlich; dabei hatte derselbe einen wahren Heisshunger und konnte auch Alles ganz gut vertragen mit Ausnahme fetter Speisen. Patient bekam Morphinum, um den Hustenreiz zu mindern, wurde nach Möglichkeit gut genährt, und es nahm dabei die Expektoration, nachdem sie 2 Wochen lang so massenhaft angedauert, allmählich ab, so dass das Auswerfen von Galle nach 4 Wochen fast ganz verschwunden war. Eines Tages jedoch verzehrte Patient gierig eine sehr fette und reichliche Eierspeise, worauf heftiges Erbrechen erfolgte und sich wieder die Expectoration von Galle einstellte. Auch davon erholte sich Patient wieder; die Sputa waren zwar noch gallig gefärbt, allein sie wurden sehr sparsam ausgeworfen.

Der Ikterus dauerte noch immer so ziemlich in demselben Masse fort; der Stuhl war immer noch entfärbt, Urin tiefbraun und wurden damals in demselben



Gallensäuren nachgewiesen. Die Kräfte des Kranken nahmen wieder zu, und derselbe konnte, nachdem er 2 Monate bettlägerig gewesen war, ins Freie gehen und reiste im Monat September zu seinen Verwandten, wo er sich nach Nachrichten sehr wohl befand. Sein Arzt berichtete, dass die Expektoration ganz normal geworden sei und Patient sich ohne Nachtheil körperlich ziemlich anstrengen könne. Dieser Zustand dauerte 4 Wochen. Plötzlich bekam Patient wieder einen Schüttelfrost, zugleich grün gefärbte diarrhöische Stühle und zwar in Massen. Die Diarrhöen dauerten bloss 2 Tage, allein sie schwächten den Kranken ausserordentlich. Aber auch davon erholte sich Patient ziemlich rasch, die ikterische Färbung der Haut verschwand jetzt sehr auffallend, die Stühle blieben seit dem Eintritte der Diarrhöen gefärbt und die Expektoration wurde vollkommen normal. Patient erfreute sich eines guten Allgemeinbefindens, und als er sich im Oktober in der Poliklinik wieder vorstellte, wurde er als sehr gut aussehend anerkannt. Die objektive Untersuchung soll damals eine nicht vollkommene Dämpfung auf der rechten Seite beginnend am oberen Rande der dritten Rippe ergeben haben. Diess war die erste Zeitperiode, in der die Expektoration von Galle vollkommen sistirte. Im November trat plötzlich wieder die Expektoration ein, und zwar in grossen Massen, dann allmählich abnehmend. Der Stuhl wurde wieder farblos, die ikterische Färbung nahm wieder zu, der Urin wurde dunkel gefärbt und der Kranke fühlte sich entsprechend schwach und krank. In diesem Zustande bekam ich denselben im Monate Dezember, also gerade ein Jahr seit dem Beginne der ganzen Erkrankung, zur Beobachtung und Behandlung. Das Resultat der Anamnese habe ich bereits durch die bis hieher mitgetheilte Krankengeschichte, die mir von den behandelnden Aerzten geliefert wurde, gegeben und ich gehe desshalb gleich zu der objektiven Untersuchung des Kranken über, wie sie sich, als ich den Patienten zum erstenmale sah, ergab. Ich fand denselben zu Bette liegend, er zeigte einen kränklichen, leidenden Gesichtsausdruck und eine ziemlich starke gelbe Färbung der ganzen Körperoberfläche. Der Körperbau ist ein kräftiger, wohlproportionirter und die Muskulatur gut entwickelt, wenn auch durch das Verhalten der Haut nicht zu verkennen ist, dass Patient bedeutend magerer geworden ist. Was zunächst die Untersuchung des Thorax anbelangt, so ist auch dieser wohlgebaut zu nennen. Bei Beobachtung der Athembewegungen bemerkt man, dass die rechte Thoraxhälfte sich etwas weniger hebt, als die linke. Die Auskultation und Perkussion der linken Lunge ergibt nichts Abnormes, bloss an einigen Stellen etwas verschärftes, vesikuläres Athmen. Rechts dagegen beginnt vorne am oberen Rande der dritten Rippe der Perkussionsschall leerer zu werden und reicht diese relative Dämpfung bis zum oberen Rande der sechsten Rippe, wo sie ganz plötzlich in eine absolute Dämpfung übergeht. Zieht man eine circuläre Linie um die rechte Thoraxhälfte, entsprechend der relativen Dämpfung, so stellt sie so ziemlich eine gerade dar; die absolute Dämpfung dagegen beginnt hinten um 3 Centimeter tiefer als vorne. Die Auskultation ergibt ganz oben rauhes vesikuläres Athmen, da wo die relative Dämpfung beginnt, wird es schwächer, lautet entfernter, und da, wo die absolute Dämpfung beginnt, vorne und hinten, ist es ganz aufgehoben; ebenso verhält sich der Stimmfremitus. Das Herz zeigt in allen seinen Durchmessern keine Vergrösserung, der Herzchoc ist an der normalen Stelle, die Bewegungen desselben sind ruhig und die Töne deutlich und rein. Was die Untersuchung der Leber betrifft, so beginnt, wie schon erwähnt, die absolute Dämpfung in der Mammillarlinie am oberen Rande der sechsten Rippe und reicht 5 Centimeter über den freien Rippenbogen herab; die Länge dieser Dämpfung beträgt 16 Centimeter. In der Axillarlinie beginnt die absolute Dämpfung in derselben Höhe, reicht 5 Centimeter über die elfte Rippe herab und beträgt im Ganzen 17 Centimeter.

In der Parasternallinie haben wir gleichfalls denselben Anfang der Dämpfung;



sie reicht hier bis 4 Centim. oberhalb des Nabels herab und beträgt in ihrer ganzen Länge 45 Centimeter. Die Dämpfung des linken Leberlappens endlich reicht 40 Centimeter vom Processus Xiphoideus nach links hinüber. Der Beginn der Dämpfung bleibt derselbe bei der In- und Expiration, der Unterleib ist etwas aufgetrieben und die Lebergegend gegen Druck empfindlich. Bei der Palpation stellt sich die Oberfläche der Leber glatt dar, sie zeigt nirgends Erhabenheiten und das ganze Organ scheint sehr consistent zu sein. Der untere Leberrand fühlt sich ziemlich stumpf und sehr hart an; hinter demselben nach aufwärts zu gehen, gelang nur eine ganz kleine Strecke und war dabei kein Tumor zu entdecken. Die Milz war nicht vergrößert. Diese Untersuchung wurde von Zeit zu Zeit wiederholt, ergab aber bis zum Monat April keine nennenswerthe Veränderung. Ueber die Erscheinungen und das Befinden des Kranken vom Dezember 1866 bis zum April 1867 ist Folgendes zu berichten. Die ikterische Färbung dauerte ununterbrochen fort und zeigte ganz unbedeutende Schwankungen. Diese Schwankungen traten ganz unregelmässig ein; manchmal war die Färbung intensiver nach einer reichlichen Expektoration, manchmal war diess der Fall, wenn die Expektoration ganz schwach vor sich ging. Patient klagte fortwährend über heftiges Jucken am ganzen Körper; namentlich aber an der Glans schilderte er diese Affektion als äusserst quälend. Ferner gab er, ohne darnach gefragt zu werden, an, dass er öfters gelb sehe. Der Schweiss färbte hie und da die Wäsche gelb. Auf der rechten Lunge war fortwährend, auf der linken bloss von Zeit zu Zeit Bronchialkatarrh vorhanden. Die katarrhalische Reizung auf der rechten Seite zeigte bedeutende Schwankungen, so dass zu mancher Zeit der Kranke einen ganz schwachen Husten und Auswurf hatte, zu mancher Zeit ihn diese Tag und Nacht quälten. Der Bronchialkatarrh und die Expektoration von Galle standen natürlich in innigem Zusammenhange und war eine profuse Expektoration auch immer mit einem hochgradigen Katarrh verbunden. Wie früher, so differirte auch jetzt die Menge des Expektorirten zu verschiedenen Zeiten sehr von einander und war dabei ein einigermaßen periodisches Auftreten zu beobachten. Nachdem Patient gewöhnlich während 4—5 Tagen ungefähr täglich einen halben Schoppen ausgeworfen hatte, nahm die Expektoration allmählich zu und erreichte gewöhnlich binnen 2 Wochen ihr Maximum, wo dann der Kranke des Tages ungefähr 2 Mass (nach seiner Schätzung) expektorirte. Von dem Maximum sank die Expektoration meistens sehr rasch zum Minimum. Natürlich kamen Ausnahmen von diesem periodischen Verlaufe vor und hielt sich die Expektoration manchmal längere Zeit, namentlich auf dem Maximum entweder in Folge von Diätfehlern oder schlechten Witterungsverhältnissen oder sonstigen ungünstig einwirkenden Momenten. Genau während einer bestimmten Zeit die Menge des Expektorirten zu bestimmen, war desshalb nicht möglich, weil Patient, wie noch erwähnt werden wird, seit Monat Dezember des Tags sich mehrmals erbrach und also auch auf diese Weise Sputa mit entleert wurden. Die Sputa selbst wurden immer unter heftigen Hustenstößen expektorirt und waren zu verschiedenen Zeiten verschieden concentrirt und gefärbt, und zwar hing diess nicht, wie es nahe liegt anzunehmen, von der Menge des Expektorirten ab, so dass geringere Mengen concentrirter und dunkler gefärbt gewesen wären als grössere, sondern es war hier durchaus kein Zusammenhang zu bemerken. Die Farbe der Sputa wechselte zwischen hellgelb und grüngelb. Die Sputa wurden auch chemisch untersucht und erwiesen sich dieselben bei der ersten Untersuchung durch Dr. J. RANKE, welche nur qualitativ gemacht wurde, als jedenfalls der Hauptmasse nach aus reiner Galle bestehend. Mikroskopisch nachgewiesen enthielten die Sputa öfters Tyrosin und Leucin. Bei einer zweiten Untersuchung, welche auch quantitativ gemacht wurde, enthielten 840 cc. Sputa  $2\frac{0}{10}$  feste Bestandtheile und 6 Gramm Gallensäuren.



Seit Monat December 1866 stellte sich auch öfters des Tages nach der Aufnahme von Speisen Erbrechen ein. Das Erbrochene zeigte eine schwach saure Reaction, eine grünliche Färbung und bestand zum grössten Theil aus unverdauten Speiseresten; etwas Blut, Schleim und gallige Sputa waren beigemischt. Das Erbrechen selbst ging ohne bedeutende Beschwerden für den Kranken vor sich, auch klagte Patient niemals über Schmerz in der Magengegend und reagirte nicht im Mindesten bei Druck auf dieselbe. Der Appetit war gut, ja Patient hatte meistens einen wahren Heiss hunger, der ihn öfters zu grossen Diätfehlern verleitete. Das grösste Verlangen hat der Kranke nach Mehlspeisen, auch sehr mageres, von Fett genau gesäubertes Fleisch isst er gerne, während er Widerwillen gegen Fett hat, das er früher am liebsten gegessen zu haben behauptet. Als beste Nahrung für ihn stellte sich eine stärkemehltreiche heraus. Patient nimmt des Tags gewöhnlich etwas mageres Fleisch, möglichst einfach zubereitetes Gemüse und 10—12 Kreuzersemmel zu sich. Ebenso wird der Kranke von grossem Durst geplagt und trinkt desshalb sehr viel. Seine Getränke bestehen in Wasser, Milch, Zuckerwasser, Limonade, Thee und Bier. Patient hat fortwährend einen bitteren Geschmack im Munde, der ihn beim Genuisse von Speisen und Getränken am meisten belästigt.

Urin wurde sparsam gelassen; derselbe war concentrirt, trübe, bierbraun und hatte meistens einen sehr starken Bodensatz. Oefters wiederholte Untersuchungen wiesen in demselben beträchtliche Mengen von Gallenfarbstoffen und Gallensäuren nach. Mikroskopisch wurde nichts Besonderes in demselben beobachtet.

Der Stuhl war meistens retardirt, die Faeces hatten thonartiges Aussehen, und gelang es niemals, durch chemische Untersuchungen in denselben Gallenbestandtheile nachzuweisen. Hie und da waren sie etwas mit Blut untermengt.

Was das Allgemeinbefinden des Kranken betrifft, klagt er hauptsächlich über grosse Schwäche, Abgeschlagenheit und Eingenommensein des Kopfes, und hie und da über Rückenschmerzen. Relativ am besten befindet er sich nach einer reichlichen Expektoration; dann ist er ausser Bett und geht bei günstigem Wetter ins Freie, während er unmittelbar vor oder während einer solchen Expektoration sehr schwach und bettlägerig ist. Der Puls ist im Allgemeinen klein und hart zu nennen und bewegt sich im Durchschnitt zwischen 70 und 80 Schlägen in der Minute; nur höchst selten wurde er etwas frequenter. Die Körpertemperatur hält sich zwischen 37° und 38°. Nachts hat Patient manchmal profuse Schweisse, die seine Wäsche gelb färben. Der Schlaf ist gut, wenn nicht der Husten stört. So blieb der Zustand des Patienten bis Mitte April.

Am 14. des genannten Monats machte der Kranke, weil er sich gerade etwas besser fühlte, einen Spaziergang ins Freie, obwohl der Boden feucht war und ein kalter, rauher Wind wehte. Zu Hause angelangt, merkte er sogleich, dass ihm der Spaziergang nicht gut bekommen sei; er fühlte sich sehr unwohl und begab sich zu Bette. In der Nacht trat heftiges Stechen auf der rechten Seite und grosse Athemnoth ein, so dass Patient die ganze Nacht schlaflos hinbrachte. Sein Befinden verschlimmerte sich immer mehr, und die am folgenden Morgen vorgenommene objektive Untersuchung ergab eine absolute Dämpfung auf der rechten Brusthälfte bis hinauf zur Clavicula reichend und vollständig aufgehobenes Athmen. Patient athmete rasch, kurz und oberflächlich, und war deutlich zu erkennen, wie schmerzhaft ihm jeder Athemzug war. Das Fieber war mässig. Der Puls etwas unregelmässig, klein, hart und zählte 90—100 Schläge in der Minute; die Körpertemperatur unbedeutend erhöht. Die Dyspnoë und das Stechen auf der Brust nahmen im Laufe des Tags eine immer grössere Intensität an, Patient musste aufrecht im Bette sitzen und war bis zum Tode ermattet. Es wurden feuchtwarme Umschläge und wegen



der zu heftigen Schmerzen Morphium angewendet. Gegen Abend trat starker Husten mit massenhafter Expektoration der schon oft erwähnten Sputa ein. Dieser Husten nun erhöhte die Beschwerden des Kranken bedeutend, und derselbe stöhnte und jammerte wie ein hilfloses Kind. Auch die kommende Nacht wurde vollkommen schlaflos hingebracht, allein so quälend und schmerzhaft der Husten für den Kranken war, so merkte er doch, dass mit der zunehmenden Expektoration die Athemnoth abnahm und dem entsprechend ergab auch die am andern Morgen vorgenommene Untersuchung eine Abnahme der Dämpfung um  $1\frac{1}{2}$  Fingerbreite. Die Beschwerden des Patienten wurden immer geringer, nur das Stechen blieb zurück, wesshalb die feuchtwarmen Umschläge und das Morphium fortgesetzt wurden. Am 17. April fühlte sich der Kranke wesentlich besser, die Dämpfung hatte wieder etwas abgenommen und, der Husten und Auswurf wurden immer mässiger.

Am 18. April reichte die Dämpfung bis zur dritten Rippe, das Fieber war vollkommen verschwunden, und es stellte sich grosser Appetit ein. So erholte sich Patient immer mehr und mehr, und sein Zustand besserte sich dermassen, dass J. S. zu jetziger Zeit, Mitte des Monat Mai, sich so relativ wohl fühlt, wie es schon seit langer Zeit bei ihm nicht mehr der Fall war. Husten und Auswurf sind sehr mässig, und das Erbrechen ist seit 8 Tagen vollkommen sistirt, seit welcher Zeit Patient ausschliesslich von Milch und Brod sich nährt.

Die Sputa unterscheiden sich dadurch etwas von den früheren, dass sie verhältnissmässig mehr Blut enthalten, das manchmal ein ganz helles, manchmal ein mehr dunkles, schwärzliches Aussehen hat. Die ikterische Färbung ist so gering, wie ich es während der ganzen Zeit meiner Beobachtung noch nie bemerkt habe; die Faeces sind dabei jedoch noch immer vollkommen entfärbt und der Urin noch immer sehr stark gallig gefärbt. Allgemeine Körperschwäche ist noch immer in hohem Grade vorhanden. Die Gemüthsstimmung ist in Anbetracht der grossen Beschwerden der Krankheit und der dürftigen Verhältnisse, in die Patient als Familienvater durch seine Krankheit gerathen ist, eine sehr gute zu nennen, und hofft der Kranke immer noch auf vollkommene Genesung.

Am 20. Mai verliess derselbe München, um bei seinen Verwandten einen längeren Landaufenthalt zu geniessen.

Durch Ausschluss wird der Verfasser der Dissertation zur Annahme eines Leberabscesses geführt, was sich durch die oben mitgetheilte Section nicht bestätigte. Folgendes ist der Schluss der an diese Meinung angeknüpften Bemerkungen, welche mit den nöthigen Aenderungen auch für die Entstehung der Lungenfistel durch den Echinococcus Geltung behält:

Von dem entzündeten Lebergewebe ist mehr und mehr eiterig zerflossen, es haben sich vielleicht im weiteren Verlaufe neue kleine Abscesse gebildet und sind später in einen grossen zusammengefloßen; es wurden grössere Gallengänge durch den Eiterungsprocess corrodirt, es kam dadurch zum Ergüsse von Galle in die Abscesshöhle, diese wurde in Folge dessen immer grösser, es wurden das Zwerchfell und die durch die vorhergegangene Pleuritis mit demselben verwachsene Lungenbasis in das Bereich des Abscesses gezogen, und endlich erfolgte die Entleerung des Inhaltes der Abscesshöhle durch Perforation in einen grösseren Bronchus nach aussen.

Dass so grosse Mengen Galle expektorirt werden, spricht dafür, dass sowohl grössere Gallengänge als auch grössere Bronchien in die Abscesshöhle münden, und wir haben auf diese Weise eine vollkommene Leber-Lungenfistel vor uns. Das fortwährende Einströmen der Galle in die Abscesshöhle hindert die Heilung des Abscesses, auch wenn Tendenz dazu vorhanden ist.

Ferner wird durch die Einwirkung der Galle auf die Bronchialschleimhaut beständig ein Bronchialkatarrh mit heftigen Hustenparoxysmen unterhalten, welche gleichfalls verhindern, dass die entzündeten Abscesswandungen sich nähern und



mit einander verwachsen können. Dieser Zustand bestand einige Monate und in Folge dessen auch der Ikterus mit all seinen Erscheinungen und die Expektoration der Galle, bis Patient plötzlich grün gefärbte Diarrhöen bekam. Es scheint sich zu dieser Zeit eine Partie des schleimreichen, zähen, concrementartigen Sekrets, vielleicht ein Schleimpfropf, der einen grösseren Gallengang verstopfte, durch irgend eine veranlassende Ursache losgelöst und sich nun sehr reichliche Mengen Galle in den Darmkanal ergossen zu haben, woraus sich auch gleich der diarrhöische Stuhl und dessen rasches Verschwinden erklärt. Dass die grüne Färbung des Stuhls wirklich durch den jetzt wieder möglichen Abfluss der Galle in den Darm bedingt war, beweisen uns die von diesem Momente an eine Zeit lang andauernde Färbung des Faeces und das ebenso lange Sistiren der Expektoration der Galle. Es verschwanden auch die übrigen Symptome, die durch die Gallenstauung hervorgerufen worden waren, und es hätte ganz gut in diesem Zustande eine vollkommene Heilung des Abscesses und damit Verschluss des Fistelganges aus der Leber in die Lunge eintreten können, da alle bis jetzt die Heilung verhindernden Momente wenigstens zum grössten Theil beseitigt waren. Allein es traten wieder nach einiger Zeit Entfärbung der Faeces, Expektoration der Galle und alle früher beschriebenen Symptome in demselben Maasse ein.

Der Ductus hepaticus oder choledochus, oder beide zusammen sind durch immer grössere Anhäufung von schleimreichem Sekret, theils durch Entzündung und Verwachsung gänzlich und wahrscheinlich für immer unwegsam geworden (hat sich im Verlaufe nicht bestätigt J. R.). Die Perforation des Abscesses in die rechte Lunge weist darauf hin, dass der Abscess im rechten Leberlappen sich befindet und ursprünglich seinen Sitz in den obersten Partien des Lappens hatte. Dass auch der linke Lappen vergrössert ist, kann uns durchaus nicht befremden, da die das ganze Organ begleitende Hyperaemie auch eine Vergrösserung desselben in seiner ganzen Ausdehnung hervorrufen muss.

Wir haben nach unten in der Mammillar-, Axillar- und Parasternallinie eine Vergrösserung der Dämpfung um 5 Centimeter und nach links hinüber eine solche um 3 Centimeter. Nach oben lässt sich in diesem Falle wegen der Residuen des pleuritischen Exsudats sehr schwer bestimmen, wie viel die Vergrösserung beträgt. Die absolute Leberdämpfung beginnt statt am unteren Rande der sechsten Rippe schon am oberen derselben und entspricht jedenfalls der Stelle, wo die Leber der Thoraxwand unmittelbar anliegt, indem rückwärts der Eintritt dieser Dämpfung um 3 Centimeter tiefer stattfindet und die ganze Umgrenzung derselben den Lebercontouren entspricht. Wir haben ferner an der vorderen Thoraxwand eine relative Dämpfung, beginnend am oberen Rande der dritten Rippe. Dass diese Dämpfung nicht bloss durch eine Vergrösserung der Leber bedingt ist, beweist uns das Verhältniss, dass dieselbe sowohl hinten als vorne in derselben Höhe beginnt; ein Theil derselben wird allerdings durch die Vergrösserung der Leber nach oben und die dadurch bewirkte Compression der Lunge erzeugt sein. Die absolute Dämpfung an der hinteren Thoraxseite entspricht vielleicht der Abscesshöhle an der Lungenbasis; dass dadurch nicht die gewöhnlichen Erscheinungen der Cavernenbildung hervorgerufen werden, lässt sich daraus erklären, dass dieselbe möglicherweise mehr oder minder central gelagert, eine bedeutende Verdichtung des Lungengewebes in der Umgebung vorhanden ist und ohnedem schon die untere Partie der rechten Lunge durch die abgelaufene Pleuritis und durch die Lebervergrösserung sich im Zustande hochgradiger Compression befindet. Ein zurückgebliebenes pleuritisches Exsudat kann allerdings auch diese Dämpfung ganz oder theilweise bedingen, und geben uns die Athmungsgeräusche keinen Anhaltspunkt zur Unterscheidung, weil das aufgehobene Athmen so gut für die eine oder andere Ansicht spricht.

Dass die Section die Diagnose im Wesentlichen bestätigte, ist schon im Text einleitend angeführt worden.



## Capitel IX.

### Einige Versuche über die physiologische Wirkung der Galle.

Naturgemäss reihen sich an die Beobachtung über die Gallenausscheidung bei Thieren und Menschen einige Versuche an, welche zum Theil an jene sich anschliessend ausgeführt wurden.

#### §. 1.

#### Ueber die Ursachen des plötzlichen Todes bei Einspritzung concentrirter Gallenlösungen ins Blut.

Vom Verfasser und Dr. med. Baldauf.

Wenn man einem Kaninchen concentrirte Lösungen gereinigter Galle oder Lösungen gallensaurer Alkalien in die Vena Jugularis einspritzt, so sterben die Thiere meist fast momentan unter heftigen Erstickungsanfällen und Athemkrämpfen.

Spritzt man die gleich concentrirten Lösungen in Venen ein, die weiter vom Herzen entfernt sind, z. B. Vena saphena magna oder vena cruralis, so bemerkt man zunächst keine oder doch weniger stürmische Erscheinungen, es bedarf meist einer grösseren Menge der Gallenlösung, um Erstickungszufälle zu erzeugen, die hier und da auch wieder vorübergehen, ohne den Tod des Thieres herbeizuführen.

Ehe die Beobachtung über die verschiedene Wirkung von verschiedenen Venen aus von uns gemacht war, rief die anscheinende Gleichheit der Symptome den Verdacht wach, ob wir es bei dieser heftigen Wirkung der Galle und der gallensauren Alkalien nicht vielleicht mit einer Kaliwirkung zu thun haben.

Dieser Verdacht war leicht zu beseitigen.

In einer Portion der filtrirten Galle wurde eine Gesamttaschenbestimmung ausgeführt.

In den reinen gallensauren Alkalien aus Ochsen-galle, welche zumeist zu den Versuchen dienten, wurde weiter eine Bestimmung des Kaligehaltes an-gestellt.

Die trockene Ochsen-galle enthielt anorganische Stoffe:

10,747<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Asche, meist Alkalisalze.



100 trockene gallensaure Alkalien der Ochsen-galle gaben:

10,025% Alkalisalze.

In 100 Asche = Alkalisalzen der gallensauren Alkalien sind nach unserer Bestimmung enthalten

3,06% Kali.

Nach diesen Ergebnissen kann der vorliegende Gedanke über die Ursache der tödtlichen Wirkung der Galleneinspritzung sogleich näher geprüft werden.

Nach directen Bestimmungen betrug die tödtliche Dosis von Galle und gallensauren Alkalien bei der Einspritzung in die Jugularis meist nur

15 Milligramm.

In 15 Milligramm sind enthalten, wenn wir den Gehalt der gallensauren Alkalien nach unseren Bestimmungen zu 10,025% annehmen, höchstens

1,6 Milligramm Asche mit

0,00005 Gramm Kali.

Schon diese Berechnung zeigt, dass wir uns in unserer ersten Voraussetzung getäuscht haben, da eine derartige Minimalmenge von Kalisalz auf den lebenden Organismus kaum einen erkennbaren Einfluss ausübt, geschweige ihn tödtet.

Unter den folgenden Versuchen sind einige enthalten, die theils über diese Minimaldosis, theils über die Wirkung grösserer Aschenmengen der Galle Aufschluss ertheilen.

Es gelang uns, in einer ganz anderen Einwirkung der Galle auf die Functionirung des Organismus die wahre Todesursache aufzufinden.

Die angewendeten Lösungen von Galle und gallensauren Alkalien war stets von gleichem Gehalte und zwar von 20% in destillirtem Wasser gelöst. Die Lösung war filtrirt.

Die Einspritzungen geschahen mit einer Wood'schen Spritze, deren Inhalt genau, wie schon oben angegeben,

15 Milligramm

festen gallensauren Alkalien betrug.

Es sollen einige ganze Versuchsprotocolle als Beispiele mitgetheilt werden:

### Versuch I.

Versuchsthier: Starkes männliches Kaninchen.

Nach Einführung der Canüle in die Vena jugularis

10 hor. 49' in  $\frac{1}{4}$  Minute 44—47 Pulse.

Nach der Einspritzung von 1 Wood'schen Spritze voll 20% filtrirter Ochsen-galle sofort Stillstand des Herzens, dann

in  $\frac{1}{4}$  Minute 16 Pulse.

Nach 1 Minute todt, seit der Einspritzung nur zwei krampfartige Athembewegungen.

Sofort Section. Nach der Oeffnung des Thorax pulsirt das Herz noch ab und zu.

Blut der rechten Herzkammer geronnen, Gerinnsel zieht sich in die Vena cava fort, der Stamm, der Arteria pulmonalis durch Gerinnsel dicht verschlossen, das Blut in den Lungen noch flüssig. Im linken Herzen keine Gerinnung.



Lungen stark congestionirt, Eingeweide in der Bauchhöhle zeigen nichts Besonderes, starke peristaltische Bewegungen, Blut in der Vena cava inferior geronnen.

### Versuch II.

Kaninchenweibchen, kräftig.

Vena jugularis präparirt.

9 hor. 40' Puls in 1 Minute 212.

9 hor 42' Injection von 4 Wood'schen Spritze Gallenasche von der Concentration der Gallenlösung.

Puls in 1 Minute 224.

Die Injection hat keine weitere Wirkung, das Thier ist losgebunden ganz munter und bleibt es bis

10 hor. 18' Puls in 1 Minute 246.

10 hor. 20' Injection der Gallenlösung in gewöhnlicher Concentration und Menge, sofort heftige Krämpfe.

Puls in 1 Minute 148,

dann Herzstillstand, heftige Respiration, dann wieder einige kräftige Herzbewegungen.

10 hor. 24' Puls in 1 Minute 64,

nun steht die Respiration still.

Section. Das Thier macht bei dem Hautschnitt eine zuckende Athembewegung, das Herz macht noch Contractionen; das ganze rechte Herz mit seinem Vorhof mit Blutgerinnsel erfüllt, das linke Herz enthält flüssiges Blut.

In den kleinen Lungenvenen kein Thrombus, im unteren Abschnitt der Lungenarterie ein fortgesetzter Thrombus, der obere Theil frei. Aorta leer. Lungen congestionirt.

Der Harn ist neutral, blutig mit Blutkörperchen. Er ist eiweiss-frei, zeigt schwache, aber deutliche Reaction auf Gallefarbstoff.

### Versuch III.

Kaninchenbock, stark.

#### A. Injection von Gallenaschelösung.

In 4 Wood'schen Spritze je 0,05 Gramm von Gallenasche mit 0,00453 Gramm Kali. Bei solchen Concentrationen treten bei Kalisalzen schon erkennbare Wirkungen auf, es ist 30mal mehr als im ersten Versuch mit Gallenasche in jeder Spritze enthalten, entsprechend etwa 0,45 Gramm Galle, auch 30mal mehr als gewöhnlich die tödtliche Dosis.

Nach dem Aufbinden des Thieres etc.:

10 hor. 10' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 62,58.

1. Injection von 4 Wood'schen Spritze Gallenaschelösung in die Vena jugularis externa:



10 hor. 13' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 57

» 16'	»	»	55	leichter Krampfanfall, gemischt mit freiwilligen Bewegungen.
» 16,5'	»	»	44	
» 20'	»	»	59	

2. Injection von 1 Wood'schen Spritze Gallenaschelösung.

10 hor. 24' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 62

» 25'	»	»	65	leichte krampfhaftes Bewegungen.
» 28'	»	»	59	
» 29'	»	»	56	
» 30'	»	»	54	
» 32'	»	»	62	
» 33'	»	»	62	

3. Injection von Gallenaschelösung:

10 hor. 34' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 59

» 35'	»	»	52
» 36'	»	»	53
» 37'	»	»	50
» 38'	»	»	53
» 38,5'	»	»	51

stärkerer Krampfanfall.

10 hor. 39' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 45

» 40'	»	»	45
» 40,5'	»	»	50
» 41'	»	»	53
» 41,5'	»	»	64

Der Zustand des Thieres erscheint danach wieder vollkommen normal.

Die Injection der schwachen Kalilösung bringt, wie sich aus dem Versuche ergibt, schwache krampfhaftes Anfälle mit einer geringen Pulsverlangsamung hervor, die rasch wieder verschwindet und einen normalen Zustand zurücklässt. Nur bei der 2. Injection wurde eine geringe Pulsbeschleunigung als Anfangsstadium der Kaliwirkung beobachtet, auf welche sich dann eine minimale Verlangsamung einstellte.

Damit ist nun experimentell die primäre Frage entschieden. Die Kalisalze können an dem plötzlichen Tode keine Schuld tragen, da sie sogar noch in einer 30fach verstärkten Concentration als die tödtliche Gallendosis nur sehr schwache Reactionen des Organismus hervorrufen.

B. Injection von 20% Lösung von Galle.

11 hor. 39' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 62.

Um 11 hor. 40' Injection einer Wood'schen Spritze mit der Gallelösung.  
Sofort Stillstand des Herzens.

11 hor. 42' einige krampfhaftes Athembewegungen, schwache Herzcontractionen in  $\frac{1}{4}$  Minute 18.

Section. Herz pulsirt noch. Rechtes Herz mit flüssigem Blute stark gefüllt, am Septum und an der Einmündungsstelle der Arteria pulmonalis ein Thrombus, die Arteria pulmonalis mit Gerinnsel fest verstopft. Lungen sehr stark hyperämisch.



Der Harn gibt die Gallenfarbstoffreaction nicht, es bildet sich nur ein schwach rother Ring an der Grenze des Harns und der Säure.

#### Versuch IV.

Mittelgrosses weibliches Kaninchen. Um 9 hor. 0' Morgens aufgebunden. Herzschlag schwach, kaum zählbar. 9 hor. 8' Einspritzung von 1 Spritze voll Gall-Lösung. Noch ehe die ganze Spritze injicirt, heftige Krämpfe, Athemkrämpfe. Ohne den Eintritt des Todes abzuwarten, wurde der Thorax geöffnet. Das Herz schlägt ziemlich rasch und regelmässig. In der Jugularis viel flüssiges Blut, das rechte Herz stark gefüllt, an den Klappen und der Einmündungsstelle der Arteria pulmonalis ein festes Gerinnsel, das sich in die A. pulmonalis fortsetzt und diese ganz verstopft.

Das linke Herz ziemlich blutleer. Die Lungen, besonders die rechte, stark hyperämisch.

Sonst nichts Auffallendes, lebhafte peristaltische Darmbewegungen.

Harnblase gefüllt, Harn (wie immer) trübe, mit Säuren brausend und eiweissfrei. Enthält viel Gallefarbstoff.

#### Versuch V.

Kaninchen.

Von der gewöhnlichen Concentration der Gallenlösung wurde 1 Spritze injicirt.

Der Tod erfolgte sofort unter Krämpfen. Es wurde keine Pulszählung vorgenommen, die Canüle sofort aus der Vena jugularis externa entfernt, wobei Blut abfloss.

Die sofort angestellte Section ergab:

Das rechte Herz, die Vena cava inferior und superior, sowie die Arteria pulmonalis mit geronnenem Blute erfüllt. Das linke Herz und die Aorta bluten. Unterhalb des Zwerchfelles enthalten die Venen noch Blut, ebenso die Venen der oberen Körperhälfte. Das Herz reagirte noch auf mechanischen Reiz.

Die Lungen sehr blutreich.

#### Versuch VI.

Kaninchen.

Galleninjection in die beiden Venae crurales.

Es mussten 3 Wood'sche Spritzen injicirt werden, dann erfolgte der Tod in der gewohnten Weise unter Athemkrämpfen.

Section. In beiden Herzventrikeln flüssiges Blut, ebenso in der Vena cava inferior oberhalb des Zwerchfelles. Mehrere Thromben in den kleineren Aesten der Arteria pulmonalis, die Vena cava inferior von den Einspritzungsstellen an bis zur Leber hinauf mit Gerinnsel vollkommen verschlossen.



**Versuch VII.**

Injection reiner gallensaurer Alkalien aus Ochsen-galle.

10 Uhr 40'. Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 60. Injection einer Woon'schen Spritze voll Lösung gallensaurer Alkalien von  $33\frac{0}{10} = 0,025$  Gramm.

Die Herzbewegung wird sofort sehr träge: 15 Pulse in  $\frac{1}{4}$  Minute, dann heftige Krämpfe mit Herz- und Respirationsstillstand. Dann fing das Herz wieder langsam an zu schlagen: 8 Pulse in  $\frac{1}{4}$  Minute. Respiration blieb aus. Also Tod nach 1 Minute.

Section. Das Herz bewegt sich noch auf mechanischen Reiz, Coronar-venen stark gefüllt, rechtes Herz sehr erweitert, namentlich der Vorhof, erfüllt mit flüssigem Blut und wandständigem Gerinnsel. Herz bewegt sich wieder lebhafter nach Entleerung des Blutes. Die Vena jugularis externa, in welche injicirt wurde, vollkommen thrombosirt, die entgegengesetzte mit flüssigem Blute stramm gefüllt. Lungen hyperämisch. Die Arteria pulmonalis in ihrem Anfangstheile thrombosirt, nach links setzt sich der Thrombus nicht weiter fort, aber rechts reicht er weit in die feineren Aeste: in den andern Gefäßen ist das Blut flüssig.

Alle die vorstehenden Versuche haben das Uebereinstimmende, dass in ihnen sich eine

**Thrombose der Arteria pulmonalis**

nachweisen liess.

Es wurden zwei Fälle beobachtet, in denen der Tod nach der Einspritzung der Galle oder der gallensauren Alkalien nicht sofort, sondern erst später auch unter Krämpfen eintrat.

In diesen beiden Fällen zeigte sich **keine** Thrombose der Lungenarterie und keine ausgedehntere Blutgerinnung.

In dem ersten Falle wurde nach der Todesursache nicht weiter geforscht, es wurde nur eine feste Gerinnung in jener Vena jugularis externa und deren Zweigen nachgewiesen, in welche direct injicirt war.

Der Tod war nicht momentan, sondern erst nach  $5\frac{1}{2}$  Minuten nach der Einspritzung von 0,045 Gramm filtrirter Ochsen-galle erfolgt und zwar nicht mit plötzlichen Erstickungsanfällen, sondern in länger andauernden Krämpfen. Die Athembewegungen waren vor dem Tode sehr rasch.

In dem zweiten Ausnahmefalle gelang es, bei sorgfältiger Beobachtung die Thrombosirung anderer wichtiger Venen als Todesursache aufzufinden. Wir theilen diesen Fall ausführlich mit, da er auch noch die grosse Menge der bis zum Tode eingespritzten Lösung von gallensauren Alkalien sich auszeichnet.

**Versuch VIII.**

Mit Lösung von gallensauren Alkalien aus Ochsen-galle.

Je 0,045 Gramm in 1 Spritze eingespritzt.

10 hor. 44' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 58.

1. Spritze voll injicirt:

10 hor. 45' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 36

» 46' » » 35,



## 2. Spritze voll injicirt:

10 hor. 47' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 35.

Der Puls wird unregelmässig, Krämpfe.

10 hor. 49' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 64

» 50' » » 53.

## 3. Spritze voll injicirt.

Während der Injection wurden die Herzbewegungen unregelmässig und langsamer, beschleunigen sich aber rasch wieder. Das Thier macht schwache zuckende Bewegungen.

10 hor. 54' Puls in  $\frac{1}{4}$  Minute 50

» 52' » » 50

» 53' » » 53.

## 4. Spritze voll injicirt.

10 hor. 45' Pulse in  $\frac{1}{4}$  Minute 53.

Krämpfe, Tod unter fortdauernden Krämpfen.

Section. Bei dem Hautschnitt treten noch Respirationen ein, die sofort sistiren, sobald das Messer abgesetzt wird.

Das Herz contrahirt sich noch, es ist bedeutend ausgedehnt, voll von schwarzem flüssigem Blute, nach dem Aufschneiden pulsirt es fort. Auch in den Vorkammern ist das Blut flüssig. In der Lungenarterie kein Thrombus. Auch in den meisten übrigen Gefässen ist das Blut flüssig.

Die Vena jugularis externa, in welche injicirt wurde, ist dagegen vollständig, sogar bis in ihre kleinsten Zweige thrombosirt, ebenso die grösseren Venen auf der Oberfläche des Gehirns und die beiderseitigen Venae vertebrales.

Der Harn zeigte keine Gallenfarbstoffreaction.

Auch bei der Einspritzung von filtrirter Ochsen-galle in der gewohnten Concentration waren in einem Falle bis zum Tode 3 Wood'sche Spritzen, sonach 0,045 Gramm trockene Galle erforderlich.

Auf jede der Einspritzungen traten Pulsverlangsamung und Athemkrämpfe ein, aber der Tod erfolgte erst durch Verschluss der pulmonalis in Folge Gerinnung nach der 3. Spritze.

Nach der 3 Einspritzung zeigte sich bei demselben Falle primär eine Herzbeschleunigung von

192 Pulsen in der Minute auf

216 » » »

dann folgte die gewohnte Verlangsamung:

192 Pulse in der Minute auf

172 etc. » » »

## Resultate.

Unsere Gallenjectionen und Injectionen von gallensauren Alkalien bestätigen die älteren Resultate.

1. Nach Injection von Galle und gallensauren Alkalien tritt eine Verlangsamung der Herzbewegung ein. In einem Falle sahen wir dieser



Verlangsamung eine kurzdauernde Beschleunigung der Herzbewegung vorausgehen, sodass sonach auch die erste Einwirkung dieser Substanz, wie so vieler anderer, auf Nerven und Muskeln, speciell auf das Herz, eine erregende, dann erst eine deprimirende zu sein scheint.

2. Nach der Injection von Galle in die Venen sahen auch wir Gallenfarbstoff im Harn auftreten.

Nach Injection von Gallensäuren wurde diese Harnveränderung von uns nicht beobachtet.

In Beziehung auf den durch Galleinjection rasch eintretenden Tod meist unter Erscheinungen heftiger Athemnoth mit Krämpfen gelang es uns, die bisher noch nicht erkannte Ursache aufzufinden.

3. Der Tod tritt bei Injection von Galle und Gallensäuren in die Venen ein in Folge der dadurch hervorgerufenen Blutgerinnungen, welche für das Leben wichtige Gefässprovinzen, zumeist die Arteria pulmonalis, verstopfen.

Es ist nicht eine Wirkung der Galle oder der gallensauren Alkalien auf das Herz oder seine Ganglien, welche direct den Tod herbeiführt. Das Herz hat bei dem Eintritt des Todes seine Bewegungsfähigkeit noch nicht verloren, es schlägt entweder freiwillig nach dem Aufhören der Athmung noch fort oder ist wenigstens auf directen Reiz noch erregbar.

Der momentane, primäre Herzstillstand in Diastole nach Galleinjection hat meist einen mechanischen Grund in der übermässigen Ausdehnung des Herzens, zunächst des rechten, durch Blut, dem der normale Ausweg durch Trombose der Art. pulmonalis versperrt ist, eine häufige Ursache des Herzstillstandes, welche jedem Experimentalphysiologen geläufig ist. Nach der Entleerung des Blutes oder Blutgerinnsels fingen die Herzen wieder lebhafter zu schlagen an.

Offenbar haben wir hier als Todesursache dieselbe Erscheinung, die vor Kurzem auch bei der Injection von Blut beobachtet wurde, bei welchem man durch Gefrieren die Blutkörperchen zerstört, das Hämoglobin frei gemacht hatte<sup>1)</sup>.

Die Galle und gallensauren Alkalien lösen die Blutkörperchen ebenso wie der Gefrierprocess. In den Portionen Blut, mit denen diese Stoffe direct in Berührung kommen, werden die Körperchen zerstört; dieses Blut wirkt dann auf weitere Blutportionen ein, wodurch die Gerinnung erfolgt. Fibrinogene und fibrinoplastische Substanz vereinigen sich zu Fibrin, die dadurch entstehenden Gerinnsel von grösserer oder geringerer Ausdehnung sind die directe Ursache des Todes in der oben angeführten Weise.

Durch unsere Versuche wird auch noch Licht geworfen auf die alten Beobachtungen MAGENDIE's<sup>2)</sup>, welche ergeben, dass 1 Gramm Galle rasch in die Vena cruralis eingespritzt, innerhalb weniger Augenblicke den Tod herbeiführe,

1) B. NAUNYN, Beiträge zur Lehre vom Icterus, Archiv von REICHERT und DU BOIS-REYMOND, 1868, S. 404.

2) cfr. MAGENDIE, Grundriss der Physiologie, übersetzt von HUSINGER, 1820. II. Bd. S. 225.



dass aber dieselbe Quantität wirkungslos sei, wenn sie in die Vena portae, also direct in die Leber, eingespritzt wurde.

Die Ursache für diese verschiedene Wirkung der Galle geht aus unserem Versuch Nr. VI hervor. Gerinnsel, die in weiter vom Herzen abgelegenen Gefässprovinzen entstehen, können nicht so momentan tödten wie Gerinnsel, welche sogleich die Arteria pulmonalis verstopfen. Pfortaderzweige können ganz verschlossen sein, ohne dass bei Thieren dadurch ein äusserlich erkennbares Symptom auftreten müsste, erst wenn losgerissene Gerinnsel etwa in die Lungenarterie gelangen, oder wenn solche, wie Versuch VIII lehrt, Gehirn und Rückenmarksgefässe verstopfen, wird von solchen entfernten Gefässprovinzen aus der Tod erfolgen können, wie er in unserem Versuch Nr. VI wirklich erfolgte.

Wir haben hier sonach keine spezifische Verschiedenheit der Wirkung der Galle, je nach den verschiedenen Gefässprovinzen, in welche sie eingeführt wird, eine Vermuthung, die man zunächst auf das angeführte Versuchsergebniss gründen zu dürfen meinte, so lange die Todesursache durch Galle nicht bekannt war.

Es reihen sich diese unsere Versuche über die Gallewirkung auf das Herz und das Blut direct an die in Tetanus, Bd. I. S. 393 zusammengestellten an über den Einfluss des gallensauren Natrons auf die Erregbarkeit und Leistungsfähigkeit der Muskeln und Nerven, sowie an die an demselben Ort S. 444 und 445 veröffentlichten Resultate der Einwirkung derselben Substanz auf das electromotorische Verhalten des Muskels. Die electromotorische Wirkung von Muskeln, die mit Gallenauflösungen imprägnirt wurden, wurde zu 0 und erreichte sogar sehr bedeutende negative Werthe. Die Erregbarkeit stieg auch nach diesen älteren Versuchen etwas an.

Unsere dort, a. a. O. S. 397, in Uebereinstimmung mit TRAUBE gegen RÖHRICH und LANDOIS ausgesprochene Ansicht, dass die gallensauren Alkalien eine Wirkung zunächst auf die Herzmuskulatur ausüben, wird durch unsere neueren Versuche nicht alterirt. Wir bleiben auf derselben stehen.

Der plötzliche Tod durch Galleinjection bei Kaninchen steht aber mit dieser Alternation der Herz- und Gesamtmuskulatur des Thieres in keiner directen Beziehung. Das Herz fanden wir hier stets noch gut erregbar nach Sistiren der Athmung.

Aus einem der Versuche am Frosch, welcher a. a. O. S. 396 zuerst mitgetheilt wurde, ist ersichtlich, dass das Herz auch bei diesen Thieren noch kräftig seine Thätigkeit fortsetzen kann, wenn durch Galleinjection, die das Herz mit getroffen hat, die Muskeln des Stammes schon alle Reizbarkeit verloren haben.

Nachdem wir den Grund des plötzlichen Todes durch Galleinjection in einer Gerinnung im Blute des lebenden Thieres aufgefunden hatten, war es natürlich, dass wir auf den Gedanken kamen, dass vielleicht auch noch eine Anzahl anderer Substanzen, welche plötzlich tödten, wenn sie ins Blut eingespritzt werden, auf die gleiche Weise wirken.

Zunächst dachten wir hier an die Kalisalze, nach deren Einspritzung



der Tod unter ganz ähnlichen Symptomen der Krämpfe und Erstickung eintritt, wie bei der Injection von Galle oder gallensauren Alkalien.

Diese Möglichkeit konnte a priori nicht von der Hand gewiesen werden, durch die Erinnerung daran, dass die Alkalisalze, und zwar auch die Kalisalze nach alter Erfahrung die Blutgerinnung verzögern.

Nach unseren Beobachtungen im »Tetanus« und den »Lebensbedingungen der Nerven« wird das endosmotische Verhalten der Gewebe durch die Kalisalze wesentlich verändert, und zwar analog wie durch das Absterben der Gewebe, welches bekanntlich auch unter ihrer Einwirkung sehr rasch erfolgt.

Es lag nahe, anzunehmen, dass die Blutkörperchen durch die Kalisalze ebenso getödtet werden, wie die anderen Gewebselemente, und dass sie dann die Gerinnung in derselben Weise wie sonst, nämlich durch Freigabe ihrer fibrinoplastischen Substanz auch im lebenden Organismus einzuleiten vermöchten.

Diese Annahme wurde durch die Beobachtung nicht bestätigt.

In den Herzen und Blutgefässen der durch Kaliinjection getödteten Thiere zeigte sich nirgends Gerinnung, die Arteria pulmonalis zeigte sich niemals verstopft: Dagegen war und blieb das Herz vollkommen bewegungslos und reagirte nicht mehr auf directen mechanischen oder electricischen Reiz.

Bei Kali erfolgt also die Erstickung durch momentanes Aufhören der Gesamtblutcirculation wegen Herzlähmung, im Gegensatz zu den Wirkungen der Galle und gallensauren Alkalien, welche den Tod zunächst herbeiführen durch Cessiren des Blutlaufes in einzelnen lebenswichtigen Organen. Der Erfolg ist äusserlich fast der gleiche.

Mit diesem einen negativen Resultate ist nicht ausgeschlossen, dass es nicht noch Agentien gebe, welche aus der gleichen Ursache wie die Gallenstoffe tödten. Die Frage verdient eine genauere Beleuchtung, vor Allem für die Zwecke der Pathologie und der Lehre von den Todesursachen.

## §. 2.

### **Einwirkung des frischen Lebersecretes des Kaninchens auf seine eigene Herzbewegung.**

Vom Verfasser und Dr. Sydney aus London.

Man hat vielfältig aus den Versuchen über Wirkung der Galleinjection auf die Herzbewegung im Zusammenhalt mit der bei starkem Icterus öfters, obwohl nicht constant zu beobachtenden Pulsverlangsamung den Schluss ziehen wollen, dass das frische Lebersecret, wenn es in den Blutkreislauf zurückkehrt, eine Pulsverlangsamung hervorrufen müsse.

Man glaubte wohl aus dem Mangel einer solchen Herzverlangsamung schliessen zu dürfen, dass keine Galle vom Darm aus, in den sie doch so reichlich ergossen wird, resorbirt werden könnte <sup>1)</sup>.

1) cfr. KÜHNE, Physiologische Chemie, S. 104.



Wir haben diese Frage direct experimentell in Angriff genommen.

Bei einem Kaninchen wurde das frische Lebersecret gesammelt und demselben Thiere in die Vena jugularis wieder eingespritzt.

Vor der Einspritzung hatte das Herz

154 Pulse in 1 Minute.

Nach der Einspritzung hatte dasselbe

153 Pulse in 1 Minute

155 » » »

Es wurden nach und nach 5 Woon'sche Spritzen seines eigenen Lebersecretres eingespritzt, ohne dass sich an der Bewegung des Herzens irgend eine Veränderung zeigte!

Das frische Lebersecret bringt sonach — wegen seiner geringen Concentration — keine der bei Injection concentrirterer Gallelösungen in das Blut beobachteten Symptome hervor, wenn es demselben Thiere in die Venen eingespritzt wird, dessen Leber es secernirte.

Der Harn des Thieres zeigte sich nicht gallefarbstoffhaltig.

Der Einwand, der aus dem Fehlen der Galleintoxicationserscheinungen gegen die von LIEBIG erschlossene Resorption des Lebersecretres im Darm gemacht wurde, ist also nicht stichhaltig, wie das schon die bekannten Beobachtungen von HOPPE-SEILER über die Grösse der Abscheidung von Gallenbestandtheilen durch die Faeces, sowie die analogen von E. BISCHOFF mehr als wahrscheinlich machen.

Bei diesem Versuche wurde auch die Einwirkung des Lebersecretres, resp. Flüssigkeitseinspritzung in die Venen auf die Galleabsonderung beobachtet.

Es war bei der Operation der Gallenfistel eine Blutung eingetreten. In Folge davon war die Gallenabsonderung sehr unregelmässig und verlangsamt, durch die Injection der Galle in die Vene stieg sie aber rasch an, sodass nun je in 1 Minute 2 Tropfen Galle aus der Fistel ausgegeben wurden, während sich vorher die Tropfen in 2 Minuten langen Pausen einander folgten.

Der Versuch beweist sonach auch die Abhängigkeit der Gallenproduction von der im Gefässsystem enthaltenen Menge Flüssigkeit. Er ist den Beobachtungen über Steigerung der Harnproduction durch Flüssigkeitsinjection in die Venen vollkommen analog.



## Schlusscapitel.

### §. 1.

#### Der Functionswechsel der Organe.

Blicken wir noch einmal in Kürze auf die durch nachstehende Untersuchung gewonnenen Resultate zurück.

Wir gingen von dem Gedanken aus, dass wir das Blut als einen der Hauptrepräsentanten zweier Stoffwechselfactoren im Sinne der Ernährungssetze von v. BISCHOFF und VOIT ansprechen dürfen.

Abgesehen von dem Nerven als vierten Stoffwechselfactor, statuiren v. BISCHOFF und VOIT wie wir schon in der Einleitung S. 2 und 3 in Erinnerung gebracht haben, als Hauptfactoren des Stoffwechsels: Organ, Plasma und Sauerstoff.

Das Blut ist der Träger des Sauerstoffs. Es strömt aber noch weiter theils selbst als Ernährungsflüssigkeit (Plasma) den Organen zu, theils regulirt es durch seinen Zufluss den »intermediären Säftekreislauf«, der in seiner Intensität in einem bestimmten Organ von dem Blutzufluss direct abhängig ist. Wir haben sonach in dem den Organen zuströmenden Blute

- 1) ein absolutes Maass für die dem Organ zur möglichen Verwendung zukommende Sauerstoffmenge,
- 2) ein relatives Maass für die dem Organ zuströmende Plasmamenge, der Menge des circulirenden oder Vorrathseiweisses nach C. VOIT. Das Blut ist ein Haupttheil des circulirenden Eiweisses, wie schon der Name des letzteren vermuthen liess.

Denken wir uns zunächst den Einfluss, den das Organ selbst auf den Stoffwechsel ausübt, constant, so ist uns das dem Organ zukommende **Blut ein Maass des Organstoffwechsels.**

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend haben wir zunächst im ruhenden Thiere die Blutvertheilung in den Organen studirt. Wir haben, zum Theil ältere Beobachtungen bestätigend, gefunden, dass in Hinsicht auf den Blutreichthum und somit auch auf den Organstoffwechsel im ruhenden animalen Organismus die wesentlichsten Differenzen existiren. Wir konnten eine Scala aufstellen, nach welcher wir, von den blutärmsten Organen ansteigend bis zu den blutreichsten, den Hauptorganen ihren Platz je nach der relativen Intensität ihres Stoffwechsels anweisen konnten. Es stellte sich das wichtige, aber gewiss nicht unerwartete Resultat heraus, dass im ruhenden animalen



Organismus der Bewegungsapparat, der die Hauptmasse des Körpers ausmacht, einen relativ weit geringeren Stoffwechsel erkennen lässt als der Drüsenapparat.

Aus den Organstoffwechseln setzt sich der Gesamtstoffwechsel des Organismus zusammen. Aus der relativen Höhe jedes einzelnen Organstoffwechsels, für dessen Maass wir den Blutgehalt betrachteten, im Zusammenhalt mit dem relativen Organgewichte konnten wir einen Schluss machen auf die relative Betheiligung verschiedenen Organe am Gesamtstoffwechsel des ruhenden Thieres.

Nachdem wir für den ruhenden animalen Körper einen Einblick in die Grösse der verschiedenen Organstoffwechsel gewonnen hatten, wendeten wir uns der weiteren Frage zu, in welcher Weise unter dem Einfluss der Thätigkeit der Hauptmasse der Körperorgane, der Bewegungsapparate, sich die Einzelstoffwechsel der Organe verändern. Auch hier benützten wir vorerst die Blutmenge der Organe als Maass ihres Stoffwechsels.

Nachdem wir constatirt hatten, dass durch die Muskelarbeit nicht etwa mehr Blut erzeugt, sondern im Gegentheile zunächst Blut verbraucht wird, fanden wir weiter, wofür ältere Versuche schon sprachen, dass durch die Muskelthätigkeit die Blutvertheilung im Organismus und damit die Betheiligung der einzelnen, mehr oder weniger Blut als in der Muskelruhe erhaltenen Organe am Gesamtstoffwechsel eine wesentlichste Aenderung erfährt. Die Blutmenge in den **Bewegungsorganen** des Körpers und damit ihre Betheiligung am Gesamtstoffwechsel nimmt, **wenn sie Arbeit verrichten**, beträchtlich **zu**, die Blutmenge in dem **Drüsenapparate** und damit seine Betheiligung am Gesamtstoffwechsel nimmt dann gleichzeitig entsprechend **ab**.

Wir haben damit den Eingangs vermutheten **Thätigkeitswechsel oder Functionswechsel der Organe** erwiesen. Während eine Organgruppe oder ein Organ in gesteigerter Thätigkeit ist, ist die Thätigkeit der anderen (oder eines anderen) entsprechend vermindert. Die Menge des zersetzbaren Blastems (Plasmas, circulirenden Eiweisses) bleibt sich gleich, aber seine Zersetzung findet je nach der Ruhe oder Thätigkeit der einzelnen Organe abwechselnd an verschiedenen Orten in gesteigerter oder verminderter Intensität statt.

Wir waren im zweiten Abschnitte unserer Untersuchungen im Stande, die Gesichtspunkte, welche wir zur Beurtheilung der verschiedenen und je nach der Thätigkeit der Organe wechselnden Intensität des Organstoffwechsels aus dem Studium des Blutreichthums der Organe gewonnen hatten, nun auch direct an der Betheiligung der Hauptorgangruppen, Bewegungsapparat und Drüsen, am Gesamtstoffwechsel zu studiren. Die Resultate über die Betheiligung des Bewegungsapparates und der Drüsen an der Kohlensäureausscheidung des animalen Organismus, sowie an der Ausscheidung stickstoffhaltiger Stoffwechselproducte im Harne, die Organwägungen bei verschiedenen Thieren und Lebensaltern bestätigten vollkommen unsere für den ruhenden Organismus gewonnenen Resultate. Untersuchungen über die Leber- und Nierensecretion bei Ruhe und Thätigkeit der Bewegungsorgane des Körpers ergaben,



dass diese Drüsenfunctionen sinken und ansteigen, je nachdem die Thätigkeit der Bewegungsorgane zu- oder abnimmt.

Damit war der Beweis eines **Thätigkeitswechsels oder Functionswechsels der Organe** nach einer zweiten Methode erbracht.

Eine Anzahl weiterer mehr oder weniger wichtiger physiologischer Beobachtungen ergaben sich neben dem Hauptthema unserer Untersuchungen.

Als ein Hauptresultat unserer Forschung bleibt aber der geführte **Beweis** eines Wechselverhältnisses in der Thätigkeit der Organe, welches man bisher schon öfters aus einer Anzahl gelegentlicher Beobachtungen als vorhanden angenommen hatte.

Unsere nun definitiv bewiesene Anschauung kann z. B. in Beziehung auf den Thätigkeitswechsel der Organe hypothetisch kaum bündiger ausgesprochen werden, als das neuerdings von C. Vorr geschehen ist <sup>1)</sup>:

»Je nach der Intensität der Säfteströmung richtet sich die Zersetzung in jedem Organe. Indem durch eine Drüse, einen Muskel bei der Thätigkeit **mehr Blut** läuft als bei Ruhe, vertheilt sich das Blut und die **Zersetzung** zu verschiedenen Zeiten im Körper höchst ungleich. Wenn wir in voller Verdauung begriffen sind, finden wir die Gefässe des Darms und seiner Drüsen strotzend mit Blut gefüllt, ein ansehnlicher Bruchtheil des Gesamtblutes wird dahin abgeleitet, um die mannigfaltigsten Geschäfte zu übernehmen; wir sind dann nicht im Stande andere körperliche oder geistige Arbeit zu leisten, wenn wir nicht die Verdauung unterbrechen wollen. Bei anstrengender Thätigkeit der Muskeln kann die unseres Gehirns« (und setzen wir hinzu: unserer Drüsen) »nicht so lebhaft sein.«

## §. 2.

### Physiologische Consequenzen des Thätigkeitswechsels der Organe für die Anschauungen über den Gesamtstoffwechsel.

Der Thätigkeitswechsel der Organe, dessen Beweise die vorliegenden Untersuchungen zunächst erbracht haben, ist also eine alt-eingebürgerte, oft gemachte Annahme der Physiologen und Aerzte. Aus den angeführten Angaben geht hervor, dass schon vor uns Andere (z. B. C. Vorr) die wechselnde Blutmenge die einem jeden Organ je nach seiner Thätigkeit zur Verfügung steht, als den Hauptfactor für den Organstoffwechsel hypothetisch angesprochen haben. Um so leichter werden vielleicht die aus dem nun geführten Nachweis mit Nothwendigkeit sich ergebenden Folgerungen Eingang finden.

Schon in der Einleitung haben wir ausgeführt, welche wichtigen Consequenzen für die Fragen des Gesamtstoffwechsels der Nachweis des Thätigkeitswechsels oder Functionswechsels der Organe haben müsse.

1) In einer Rede zur Feier des 409. Stiftungstages der kgl. Akademie der Wissenschaften zu München am 28. März 1868 (»Ueber die Theorien der Ernährung«), S. 35.

Ranke, Functionswechsel d. Organe.



Der Nachweis des Thätigkeitswechsels der Organe spricht zunächst, wir wiederholen es, den allgemeinen Stoffwechselversuchen, wie sie bisher angestellt und verwerthet wurden, die Fähigkeit ab, an sich über die Grösse des Stoffwechsels der Einzelorgane irgend Etwas auszusagen.

Wir haben bisher aus den allgemeinen Stoffwechselversuchen nicht erfahren noch erfahren können, in welcher Intensität die Einzelorgane sich an dem Gesamtstoffwechsel betheiligen, aus welchen einzelnen Factoren sich derselbe zusammensetzt <sup>1)</sup>.

Diese negative Erfahrung gewinnt praktische Bedeutung, wenn wir nach ihr die bisher gemachten Versuche zur Bestimmung der Intensität des Organstoffwechsels aus den Resultaten des Gesamtstoffwechsels beurtheilen.

Hier sind nochmals vor Allem die Schlüsse zu nennen, die, wie in der Einleitung schon ausgeführt, aus der Intensität des Gesamtstoffwechsels auf die Intensität des Muskelstoffwechsels bei Ruhe und Arbeit der Muskeln gezogen wurden.

Alle diese Schlüsse, soweit sie allein auf die Resultate der allgemeinen Stoffwechselversuche basiren, müssen wir nun als unzulässig bezeichnen.

Die oft genannten Untersuchungen C. Voit's haben, im Gegensatz zu den bis dahin herrschenden Meinungen, den grundlegenden Nachweis geführt, dass der Gesamtstoffwechsel bei Muskelarbeit nicht der geleisteten Arbeit proportional gesteigert werde. Es ist uns gelungen, diese auffallende Thatsache zu erklären.

Die Erklärung für dieselbe liegt nun bewiesenermassen in der Abwechslung, welche die ruhenden und arbeitenden Organe in der Intensität ihres Stoffwechsels erkennen lassen, einestheils wegen der Veränderung der Zufuhr von Sauerstoff und Plasma (= circulirendes Eiweiss und Blut), die zu den arbeitenden Organen grösser, zu den zu gleicher Zeit ruhenden entsprechend geringer ist (allgemeine Compensation, Thätigkeitswechsel der Organe), anderen Theils wegen der schon in früheren Untersuchungen von uns erkannten localen Compensationen als Wirkung der ermüdenden Stoffe, welche letztere, wie wir zeigen konnten, in geringen Mengen die Intensität des Stoffumsatzes im Organe steigern, in grösseren Mengen sie dagegen herabsetzen <sup>2)</sup>.

Durch diese Compensationen muss nothwendig der Einfluss des gesteigerten Stoffwechsels der thätigen Organe auf den Gesamtstoffwechsel verwischt werden. Berücksichtigen wir noch weiter die Erfahrung, dass neben der Verminderung der Blutzufuhr und der dadurch herbeigeführten Herab-

1) Würden wir mit Bestimmtheit constatiren können, wo die einzelnen Stoffwechselproducte im Organismus entstehen, so wäre es theoretisch denkbar, dass wir aus der relativen Quantität derselben Etwas über die Einzelstoffwechsel der Organe erfahren könnten. Practisch ist aber dazu, etwa die Harnsäure ausgenommen, deren relative Zunahme im Harn mit der gesteigerten Betheiligung der Drüsen am Stoffwechsel (der Kinder) wir oben neuerdings nachgewiesen haben, vorerst wenig oder keine Aussicht.

2) J. RANKE, Tetanus, 18. Capitel, S. 450—459.



setzung des Organstoffwechsels der gleichzeitig ruhenden Organe bei der erhöhten Muskelthätigkeit auch eine allgemeine Beschleunigung der Blutcirculation, eine Steigerung der Frequenz und Tiefe der Athemzüge und damit eine schwankende allgemeine Steigerung des Gesamtstoffumsatzes aus Ursachen erfolgt, welche bis zu einem gewissen Grade unabhängig neben der Muskelthätigkeit hergehen und um so grösser sind, je weniger der Organismus an eine starke Muskelaction gewöhnt ist, so ergibt sich klar, dass die Verhältnisse, unter deren Einwirkung der Gesamtstoffwechsel steht, viel zu complicirt sind, um uns irgend welche berechtigte Schlüsse zu gestatten auf die schwankende Intensität der einzelnen Organstoffwechsel.

### §. 3.

#### Der Nerve als vierter Factor des Stoffwechsels.

Um speciell die Frage zu entscheiden, ob die Muskelaction mit einem Mehrverbrauch von Stoffen im Stoffwechsel zum Zweck der Erzeugung der Muskelkraft verbunden sei, erscheinen nun die allgemeinen Stoffwechselversuche, wegen der bestehenden positiv und negativ wirkenden Compensationen nicht mehr verwendbar, die nach dieser Richtung aus ihnen gezogenen Schlüsse haben ihre Tragweite verloren.

Dasselbe gilt von den Einwürfen, die man von Seite der allgemeinen Stoffwechselversuche vor dem Nachweis der wirksam werdenden Compensationen auf die Bedeutung

#### des Nerven als 4. Factor des Stoffwechsels

glaubte ableiten zu müssen.

C. Voit bestritt bekanntlich nach seinen Untersuchungen<sup>1)</sup> die Rolle des Nerven als Factor des Stoffwechsels, welche Rolle ihm in den Untersuchungen über die Ernährung des Fleischfressers von v. Bischoff und C. Voit gemeinschaftlich zuerkannt waren.

An letzterem Orte S. 46 heisst es über die Betheiligung der Nerven am Stoffumsatz: »dass dem Organismus keine zu Bewegungseffecten verwendbare Kraft zu Gebote steht, als eine solche, welche durch Umsetzung der betreffenden Organe frei wird.« — »Wollen wir also im Organ irgend einen Bewegungseffect hervorbringen, so müssen wir eine Umsetzung in der Materie des Organs bewirken, und unsere Erklärung des Zustandekommens der Bewegung muss auf die Erklärung des Zustandekommens der Umsetzung ausgehen.«

»Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, dass die Nerven diesen Einfluss ausüben. Durch ihre vom Willen oder anderartig hervorgerufene Action wird die Umsetzung des Organs herbeigeführt und bestimmt und dadurch die Kraft frei, welche nun in den Bewegungen sich manifestirt. Wir zweifeln nicht daran, dass diese Action der Nerven, dieser Einfluss, den sie auf die Umsetzung des Organs ausüben, in der Mittheilung einer Bewegung, gleichsam in einem Stosse besteht, der die Anordnung der Moleküle des Organs ändert. Wir sind

<sup>1)</sup> C. Voit, Untersuchungen über den Einfluss etc.



der Ansicht, dass diese Bewegung in den Nerven sich unter anderen in der veränderten Lagerung der electrischen Moleküle des Nerven manifestirt, die wir durch die vortrefflichen Untersuchungen du Bois' kennen gelernt haben.«

»Der Nerve ist also ein anderes Moment, ein **vierter Factor**, welcher auf die Umsetzung der stickstoffhaltigen Organe einwirkt, neben dem Sauerstoff, dem Blastem und der Masse des Organs selbst.«

Nach den mehrfach erwähnten Untersuchungen über Kochsalz, Kaffe und Muskelarbeit, welche einige oft behauptete Wirkungen der beiden letztgenannten Einflüsse auf den Gesamtstoffwechsel nicht bestätigen konnten, wurde von C. Vorr der Einfluss des Nerven auf die Grösse des Organstoffwechsels, wie schon bemerkt, geläugnet.

Seite 227 der oben angeführten Untersuchungen finden wir folgende hierher zu beziehende, bemerkenswerthe Stelle:

»Der Nerv, wenigstens der motorische, vermag also **nicht** auf die chemische Zersetzung im Körper zu influiren. Es hätte jedenfalls höchst complicirter Vorgänge dazu bedurft, da durch die Arbeit von den Hauptfactoren des Umsatzes nur der Sauerstoff in seiner Quantität geändert wird. Man hätte sich denken müssen, dass der Wille auf unbekannte Weise zuerst mehr Blastem und mehr Sauerstoff herzieht, dann die Verbrennung geschieht und daraus erst die Kraft für die Muskelcontraction verfügbar wird. Dieser Umweg wird nicht eingeschlagen, sondern es ist die bewundernswerthe Einrichtung getroffen, dass bei der Eiweisszerstörung immer ein bestimmter Theil des Spannvorrathes zu electrischen Strömen wird, die durch unseren Willen (?) eine andere Richtung annehmen und zur Bewegung der Materie dienen. Wenn wir andere Nerven ganz entschieden auf die Ernährung und Absonderung von Einfluss sehen, so geschieht dies wahrscheinlich nur secundär, indem sie primär die drei Factoren des Stoffwechsels ändern, vor Allem den Zufluss von Blastem, vielleicht durch eine Aenderung im Lumen der Gefässe oder durch eine Modification der physikalischen Eigenschaften der Membranen.«

Das, was im Vorstehenden nur für den Drüsenerven als möglich angenommen wird, ist nun auch für den motorischen Nerven erwiesen. Dieser zieht wirklich mehr Blastem und Sauerstoff (Blut) herbei und ermöglicht dadurch eine fortgesetzte Steigerung der Stoffzersetzung im arbeitenden Organ, die auch ohne Neuzufuhr und Ersatz vom Blute aus, aber natürlicher Weise dann nur in engeren Grenzen, erfolgt.

Der Nerve ist also vor Allem ein Factor der Organernährung, erst in zweiter Linie ein Factor des allgemeinen Stoffumsatzes. Er regulirt den localen Stoffwechsel, indem er die beiden beweglichen Stoffwechselfactoren (Plasma und Sauerstoff) je nach dem Arbeitsbedürfniss dem Organe in grösserer oder geringerer Menge zuführt. Doch dürfen wir nicht vergessen, dass er auch das Organ selbst durch chemische und physikalische Veränderungen, die er in ihm einleitet, umgestaltet und schon dadurch einen gesteigerten Stoffumsatz in demselben ermöglicht.

Vom motorischen Nerven wird zunächst ein Antrieb zur Zersetzung (ein Stoss BISCHOFF und Vorr) auf den Muskel ausgeübt, der zuerst zur Bildung von



Fleischmilchsäure führt (DU BOIS REYMOND), unter deren Einwirkung als Reiz die Muskelcontraction stattfindet. Die Kraft zur Muskelaction wird geliefert zum Theil durch eine direct ad hoc gesteigerte Zersetzung der Muskelstoffe. Die Milchsäure bewirkt, wie oben angegeben, neben der Reizung, in geringen Quantitäten im Protoplasma des Muskels sich anhäufend, auch eine Steigerung des organischen Stoffzerfalles (Gährung). Gleichzeitig steigert dieselbe Milchsäure im Muskel die Fähigkeit der Stoffaufnahme durch Diffusion und modificirt die physikalischen Eigenschaften der Membranen und des Protoplasma, wodurch nicht nur Bewegungskräfte zur Verwendung frei werden, sondern auch die unter der Nervenwirkung nun gleichzeitig reichlicher zuströmende Blastem- und Sauerstoffquantität in den thätigen Muskel in reichlicherer Menge einzudringen vermag als in den unthätigen. Das alkalische Blastem neutralisirt (wobei Kraft frei werden muss) die bei der Muskelaction entstandenen oder activ gewordenen Säuren; der gesteigerte Stoffaustausch führt die ermüdenden Stoffe, die gebildeten Neutralisationsproducte derselben fort. Neuer Nervenanstrieb bringt neue Thätigkeit des Muskels, und da nun nach der gesteigerten Zufuhr von Blut sogleich mehr Blastem und Sauerstoff zur Verfügung steht, kann es uns nicht verwundern, wenn wir durch die Muskelthätigkeit selbst die Fähigkeit zur Muskelaction gesteigert sehen.

Bei dem aus dem Organismus entfernten, ausgeschnittenen Muskel sind die Vorgänge principiell in Nichts von den eben geschilderten verschieden. In den Blutgefässen und Lymphbahnen, in seinem Protoplasma besitzt der Muskel noch einen Vorrath von Blastem und Sauerstoff, er ist auch im Stande, letzteren in geringeren Mengen aus der Luft zum Zweck seiner physiologischen Stoffzersetzung aufzunehmen<sup>1)</sup>. Sehr viel enger sind natürlicherweise die Grenzen der Thätigkeit gesteckt, bald häuft sich, bei mangelndem Stoff zur Neutralisation und bei Ausgleichung des Gehaltes des Muskelplasma und der Ernährungsflüssigkeiten an ermüdenden Stoffen und der Neutralisationsproducte derselben durch Diffusion, z. B. die Milchsäure in so reichlicher Menge an, dass die Reaction des Muskels eine saure wird, und dass die Säure, welche anfänglich die physiologische Stoffzersetzung (Gährung) erhöhte, nun sie vermindert. Dadurch nimmt zuerst die Thätigkeit des Muskels ab, dieser ermüdet, endlich hört seine Fähigkeit zur Contraction vollkommen auf. In dem ausgeschnittenen Muskel selbst sind aber noch Bedingungen zur Wiederherstellung der Bewegungsfähigkeit gegeben. Das neutrale Kreatin z. B. kann unter der Säurewirkung zum Theil in das alkalische Kreatinin übergehen und neutralisirt dabei einen grösseren oder kleineren Theil der ermüdenden Säure. Die wiederherstellende Wirkung des Kreatinins nach künstlicher Ermüdung der Muskeln wurde durch unsere Experimente bewiesen<sup>2)</sup>. Zu einer so vollkommenen Ermüdung kommt es bei Muskeln, die noch Blutzufluss besitzen, nur unter den extremsten Verhältnissen. Die extreme Ermüdung geht dann sofort in die ebenfalls durch die Säurewirkung verursachte Todtenstarre über. Wir sehen das bei

1) J. RANKE, Lebensbedingungen der Nerven, S. 28—34.

2) Tetanus, S. 369. Daraus, dass das Kreatinin im tetanisirten Muskel nicht vermehrt gefunden wird, kann kein Einwurf gegen diese Annahme erhoben werden, da, wie unten ausgeführt werden soll, das gebildete Kreatinin weiter zersetzt wird.



Froschmuskeln und ganzen Fröschen, die electricisch bei Sommertemperatur langsam bis zur Reactionslosigkeit electricisirt wurden. Dasselbe sah ich bei zu Tode tetanisirten Kaninchen. Es ist bekannt, dass unter starken Krämpfen Gestorbene die Todtenstarre rasch zeigen, dasselbe weiss man von gehetztem Wild. Die Beobachtungen auf den Schlachtfeldern von Todtenstarre, im Moment des Todes eingetreten, zeigt, dass auch bei dem Menschen die extremste Ermüdung, veranlasst durch Ueberanstrengung, die durch höchste Erregung in der Schlacht ermöglicht ist, direct in die Starre übergehen kann.

Von der Säure, welche wir bisher für die Lebenserscheinungen des Muskels so wichtig fanden, hängt nach den Untersuchungen des Verfassers <sup>1)</sup>, auch nicht nur die electricische negative Schwankung des Muskel- und Nervenstroms, sondern auch die Verminderung der electromotorischen Wirkung dieser Organe durch Tetanus (electricische Nachwirkung des Tetanus) sowie die definitive Vernichtung der electromotorischen Wirkung der electricischen Organe durch das Absterben ab. Durch die Untersuchungen von RÖBER <sup>2)</sup> aus dem Laboratorium E. DU BOIS-REYMOND's haben die experimentellen Angaben des Verfassers über die Wirkung der bei der Muskelaction entstehenden Säure auf das electromotorische Verhalten des Muskels in neuester Zeit volle Bestätigung erfahren.

SCHMULEWITSCH hat gezeigt, dass auch die Zunahme der Dehnbarkeit der Muskeln in Folge der Contraction eine Wirkung der im Muskel auftretenden ermüdenden Stoffe sei <sup>3)</sup>.

Alle Veränderungen, welche das physiologische Verhalten des Muskels bei und in Folge der Contraction zeigt, sind damit auf die Wirkung der ermüdenden Stoffe zurückgeführt, von denen die Milchsäure am wichtigsten erscheint und bis jetzt am genauesten in ihren Wirkungen untersucht ist.

Die Milchsäure selbst bildet sich im Muskel unter der Einwirkung des gereizten Nerven in der nothwendigen Menge, um die genannten Wirkungen, zuerst die Ausübung der Protoplasmareizung zu entfalten.

Nach unseren Untersuchungen unterliegt es nun keinem Zweifel mehr, dass auch der auf die Nerven von den Centralorganen ausgeübte Reiz ein chemischer ist und auch auf das Auftreten einer Säure in den Ganglienzellen zurückgeführt werden kann. Welcher Art diese Säure in den Nervencentralorganen ist, ist noch nicht erforscht. Manches spricht für die Anwesenheit des Myosins in dem Protoplasma der Nervenzellen, so dass man auch an analoge Zersetzungs Vorgänge wie im Muskel denken und das Auftreten von Fleischmilchsäure möglich finden kann. Bekannt sind die sauren Zersetzungsproducte des Protagons, von denen man sich unter Anderem ebenfalls die saure Reaction der Nervensubstanz ausgehend denken könnte. Jedenfalls ist aber festgestellt, dass bei der Erregung der motorischen Nerven der auf sie central ausgeübte Reiz ebenfalls eine Säure ist. Sie erregt in den Nerven die negative electricische Schwankung, wonach im Muskelprotoplasma (durch

1) Tetanus, S. 404—449 und Lebensbedingungen der Nerven, S. 424—484.

2) Archiv von REICHERT und DU BOIS-REYMOND, 1870, S. 645—644.

3) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften.



electrische Spaltung der Muskelsubstanz?), zunächst die reizende Säure gebildet wird, in deren Gefolge alle übrigen chemisch-physikalischen Erscheinungen der Contraction auftreten.

In dem Mitgetheilten finden sich einige Bausteine zu einer Theorie der Muskelaction, die als letztes Ziel unseren Studien über Tetanus vorschwebt. Zunächst werden sich unsere Experimente nun zur Erklärung der Ursachen und des Wesens der Gestaltsveränderung des gereizten Protoplasmas zu werden haben, sowie zu der Frage über die Art und Weise, wie dabei die Kraftübertragung in äussere Arbeit stattfindet.

#### §. 4.

#### Ueber Kraftquellen der Muskelaction.

##### a. Physikalische Kraftquellen.

Man hat bisher gewöhnlich die Kraftquellen der Muskelaction direct in chemischen Stoffumsetzungen zum Zwecke der Muskelarbeit gesucht <sup>1)</sup>.

Sicher werden aber die chemischen Umsetzungen, welche die Kraft der Muskeln liefern, zum Theil nicht erst in dem Augenblicke gemacht, in welchem die Muskelcontraction erfolgt. An der allgemeinen Kraftproduction des arbeitenden Muskels betheiligen sich auch Spannkkräfte, welche durch **physikalische Veränderungen der Organstructur der Muskelfaser** frei und verwendbar werden.

Das normale physikalische Verhalten des Muskels wie seine Elasticität und Dehnbarkeit, seine Imbibitionsfähigkeit sind als Folgen seines normalen Stoffumsatzes im ruhenden Zustande aufzufassen. In der Cohäsion der Moleküle des ruhenden Muskels ist eine Kraftsumme aufgespeichert, welche durch plötzliche Veränderung in Folge äusserer Einwirkungen — Säuerung in Folge der Nervenaction — ausgelöst werden und zur Verwendung kommen kann. Die stärkere Dehnbarkeit des contrahirten Muskels, seine von uns erkannte höhere Imbibitionsfähigkeit beweist uns, dass wirklich Veränderungen in der Cohäsion seiner Moleküle, wodurch Kraft lebendig wird, eingetreten sind. Die Imbibition selbst liefert Kräfte, die zur Muskelaction mit Verwendung finden können. Die Imbibition besteht nach den neuesten Versuchsergebnissen in einer Anziehung der Organtheilchen und der eindringenden Flüssigkeit gegen einander. Hierbei können ganz enorme Kraftmengen frei werden. Lufttrockene Stärke erwärmt sich mit Wasser von gleicher Temperatur um 2—3°C., woraus die Annahme gestattet scheint, dass das imbibirte Wasser sich verdichtet

1) Eine andere, mehrfach im Vorstehenden erwähnte Annahme, die man auf das annähernde Gleichbleiben des Gesamtstoffwechsels bei der Thätigkeit der Muskeln und Nerven zu gründen versucht hatte, ist die oben angeführte, dass zum Zwecke der Arbeitsleistung electrische Ströme zur Verwendung kämen.



(JUNGK in POGGEND. Ann. 1863, Bd. 125, pag. 292 ff.). Nach JAMIN kann die Imbibitionskraft der Stärke und des Holzes zu 5—6 Atmosphärendruck angeschlagen werden. H. QUINCKE fand auch für animale Stoffe: gekochtes Hühner-eiweiss, Rippenknorpel, Harnblasenwand, Sehnen, elastisches Gewebe, dass sie das imbibirte Wasser verdichten, was er auch für trockenen Leim, Gummi arabicum und pulverförmige Kieselsäure nachweisen konnte<sup>1)</sup>. Ueber die Höhe der anziehenden Kräfte bei der Imbibition lebender animaler Substanzen fehlen noch die Angaben.

Wir begnügen uns hier mit dem Hinweis auf bisher nicht oder wenig erörterte Kraftquellen für die Muskelaction, indem wir noch einmal direct darauf aufmerksam machen, dass auch sie »ausgelöst« werden durch das Auftreten der Milchsäure im Muskel, und dass die bekannte WEBER'sche Theorie, welche die Muskelcontraction auf die Veränderung der elastischen Kräfte des Muskels zurückführt, mit unseren Experimentalergebnissen direct sich vereinigen lässt.

### b. Chemische Kraftquellen.

In der Einleitung wurden die Hauptgesichtspunkte gegeben für die Beurtheilung der chemischen Vorgänge, welche bei der Muskelaction Kraft zu liefern vermögen.

Es kann nun keinem Zweifel mehr unterliegen, dass wir Aufschlüsse über diese Frage nur aus der directen vergleichenden Beobachtung am ruhenden und tetanisirten Muskel gewinnen können.

Durch die Untersuchungen einer grossen Anzahl namhafter Forscher an ausgeschnittenen, der Circulation entzogenen Muskeln sind gewisse Veränderungen festgestellt worden, welche der Chemismus des Muskels durch seine Arbeitsleistung erfährt<sup>2)</sup>.

Es ist theils eine Vermehrung gewisser Stoffe im Muskelsafte, theils ein Verbrauch von Stoffen in Folge des Tetanus nachgewiesen worden.

Mit voller Sicherheit ist Verminderung beobachtet, durch Controle verschiedener Beobachter bestätigt, und nie auf experimentelle Ergebnisse hin widersprochen worden:

1) des eiweissfreien Gesamtwassereextractes des Muskelsaftes: Entdecker ist HELMHOLTZ; bestätigt wurde die Entdeckung von J. RANKE und neuerdings von HEIDENHAIN mit F. NIEGETIET und S. HEPNER<sup>3)</sup>.

2) des Gesamteiweisses des Muskels: Entdecker ist J. RANKE; bestätigt wurde die Entdeckung nach einer vollkommen abweichenden Methode von NAWROCKI<sup>4)</sup>.

1) PFLÜGER'S Archiv III, S. 332 ff.

2) Die Resultate dieser Untersuchungen, die wir im Allgemeinen als bekannt voraussetzen dürfen, finden sich meist zusammengestellt in unseren früheren Untersuchungen über Tetanus, sowie in KÜBNE's Lehrbuch der physiologischen Chemie, S. 310 ff.

3) PFLÜGER'S Archiv III, S. 574 f., auch Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1874, S. 62.

4) Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1866, S. 385.



3) des Kreatins und Kreatinins<sup>1)</sup>: Entdecker dieser gemeinsamen Verminderung, die auch durch Todtenstarre und Fäulniss erfolgt, ist C. VOIT, die für Kreatin allein früher angegeben von SOROKIN (KÜHNE). NAWROCKI<sup>2)</sup> beobachtete unter HEIDENHAIN's Leitung, dass bei der Muskelarbeit keine Vermehrung des Kreatinins auf Kosten des Kreatins eintrete.

4) wird eine Verminderung behauptet: der flüchtigen<sup>3)</sup> Fettsäuren (SCZELKOW), was noch nicht bestätigt, aber auch nicht widerlegt wurde.

Dagegen wurden andere Stoffe bei Tetanus in Vermehrung gefunden. Diese Vermehrung kann einzig und allein in einer Umwandlung anderweitiger Muskelstoffe ihren Grund haben.

Vermehrt wurden gefunden:

1) die Fleischmilchsäure: Entdecker ist E. DU BOIS-REYMOND, bestätigt von FUNKE und allen sich mit diesen Fragen beschäftigenden Autoren. In jüngerer Zeit wurde diese Fleischmilchsäureproduction näher untersucht von HEIDENHAIN<sup>4)</sup> und J. RANKE.

2) des Gesamtalkoholextractes: Entdecker ist HELMHOLTZ; bestätigt wurde die Entdeckung von J. RANKE und neuerdings von HEIDENHAIN und F. NIEGETIET und S. HEPNER<sup>5)</sup>.

Behauptet wird eine Vermehrung:

3) des Aetherextractes (Fettes),

4) des Zuckergehaltes: Entdecker von 3 und 4 ist J. RANKE. Eine experimentelle Bestätigung oder Widerlegung durch einen anderen Autor ist bisher noch nicht erfolgt.

Hier müssen auch noch erwähnt werden die Veränderungen, die der ausgeschnittene Muskel bei Tetanus in den Verhältnissen seiner Muskelrespiration besonders der Kohlensäureabscheidung erfährt (MATEUCCI, VALENTIN u. v. A.), welche letztere von allen Autoren vermehrt gefunden wurde. Die schon mehrmals erwähnten Untersuchungen in LUDWIG's Laboratorium haben die ältere Behauptung erwiesen, dass auch der Sauerstoffverbrauch des contrahirten Muskels aus dem Blute ein grösserer ist als des ruhenden.

Auch die Vermehrung von Muskelstoffen bei Tetanus des ausgeschnittenen Muskels muss, wie gesagt, einer Verminderung der Muttersubstanzen der vermehrten Stoffe, einem Verbrauch derselben entsprechen.

Danach sehen wir bei Tetanus des Muskels zu Verlust gehen:

1) Eiweissstoffe,

2) (Eiweissfreie) Wasserextractivstoffe,

3) Milchsäure bildende Stoffe,

4) Kohlensäure bildende Stoffe,

5) Alkoholextract bildende Stoffe,

6) Kreatin und Kreatinin,

1) Zeitschrift für Biologie, Bd. IV, 1868, S. 87 ff.

2) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1865, S. 417 f.

3) REICHERT's und DU BOIS-REYMOND's Archiv, 1864, S. 672.

4) Mechanische Leistung, Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit. Ein Beitrag zur Theorie der Muskelkräfte. Leipzig 1864.

5) Cfr. oben Wasserextract.



- 7) Zucker und Fett bildende Stoffe,
- 8) Flüchtige Fettsäuren bildende Stoffe.

Diese Zusammenstellung scheint mit aller Bestimmtheit dafür zu sprechen, dass im Muskel Stoffe der verschiedensten Art zum Zwecke der Kraft-erzeugung verbraucht werden:

- 1) Albuminate (vielleicht sind sie zum Theil die Alkoholextract bildenden, Fett bildenden und Zucker bildenden Stoffe),
- 2) krystallisirbare stickstoffhaltige Zersetzungsproducte der Albuminate (Kreatin und Kreatinin),
- 3) Milchsäure bildende und Zucker bildende Stoffe (wahrscheinlich zum grössten Theil Kohlehydrate, Glycogen, cf. Albuminate),
- 4) flüchtige Fettsäuren und flüchtige Fettsäuren bildende Stoffe, vielleicht zum Theil Fette.

**Alle Stoffgruppen**, welche überhaupt im Muskel vorkommen, betheiligen sich also nach den bisherigen Ergebnissen der Untersuchung an dem gesteigerten Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit, wie wir es schon in der Einleitung theoretisch am wahrscheinlichsten fanden.

Das Experiment selbst widerlegt sonach die Meinung, als ob den einzelnen Stoffgruppen, Albuminaten oder stickstofffreien Stoffen, eine besondere geheimnissvolle Fähigkeit zukomme, die bei ihrer organischen Stoffmetamorphose frei werdenden Kräfte in Muskelarbeit übertragen zu können.

Besonders beachtenswerth ist der Nachweis Vorrs, dass auch **Kreatin** und **Kreatinin**, Stoffe, denen man von der einen Seite einen hohen Werth für die Ernährung zuerkennt, von der anderen allen Ernährungswerth absprechen möchte, sich nachgewiesenermaassen an der Kraftproduction im arbeitenden Muskel betheiligen.

## §. 5.

### Modificationen der Ernährungstheorie.

Durch die neuen Beobachtungen in der Muskel- und Nervenphysiologie im Zusammenhalt mit den Ergebnissen der physikalischen Wärmetheorie werden wir zu Modificationen der älteren Anschauungen über Ernährung gedrängt.

Nach den neuen Auseinandersetzungen von J. von LIEBIG, welche mit den von A. FICK und VIERORDT gegebenen <sup>1)</sup> vollkommen übereinstimmen, hat der Begriff der »plastischen und respiratorischen Nahrungsmittel«, namentlich in Beziehung auf die letzteren, eine Erweiterung zu erfahren.

J. v. LIEBIG geht in seinen neueren Darlegungen zunächst davon aus, dass in den sogenannten stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten der primären Muskelbestandtheile, den stickstoffhaltigen Extractivstoffen, z. B. dem Kreatin, noch eine grössere oder geringere Kraftsumme enthalten sei, die zu den Zwecken der Muskelleistung noch theilweise Verwendung finden könnte.

<sup>1)</sup> FICK, Medicinische Physik, II. Auflage, S. 203 ff. — VIERORDT, Physiologie des Menschen, 4. Aufl., S. 70.



C. Vorr's angeführte Versuche über den Verbrauch von Kreatin und Kreatinin bei der Muskelthätigkeit liefern für diese Ansicht den experimentellen Beweis. Dass auch bei der Einführung des Kreatins und Kreatinins in den Magen und das Blut dieselben zum beträchtlichen Theil umgesetzt werden, beweisen die Versuche MEISSNER's für das Kreatinin, das ins Blut eingespritzt bald gänzlich verschwindet, und für beide Stoffe Vorr's Fütterungsversuche, bei denen in 3 Versuchen von den verfütterten Stoffen verschwanden: I. 40%; II. 40%; III. 27%.

FICK beschränkt dagegen zunächst seine Angaben über Nahrungsmittel auf die Eiweissstoffe, Kohlehydrate und Fette, kommt aber im Allgemeinen zu denselben Schlüssen wie LIEBIG, VIERORDT und wir.

Gehen wir noch etwas näher auf die vorliegenden Fragen ein.

Die Ernährung hat zwei verschiedene Zwecke, welche, wenn sie auch oft zusammenfallen, doch nicht immer zusammenfallen müssen.

Der eine Zweck ist:

der Aufbau und die Erhaltung des Organs, des Arbeitsinstruments,

der andere:

die Zufuhr und Verwendbarmachung von Spannkraften zur Unterhaltung der Kraftproductionen im Organe (Erzeugung von Wärme, Electricität, mechanische Arbeit etc.).

Nicht nothwendig müssen die Stoffe, welche den Organen verwendbare Spannkraften liefern, auch zur Erhaltung und dem Aufbau des Organs beitragen.

Beide Ernährungsaufgaben sind aber von gleicher Wichtigkeit. Wir müssen die Stoffe, welche, ohne an dem Aufbau des Organes sich mitzubetheiligen, für die Organarbeit Kräfte zuführen und sich an dem Freimachen der Kräfte im Organe betheiligen, mit demselben Recht Nahrungsmittel nennen als die anderen, dem Organaufbau dienenden Substanzen.

Jedem Physiologen ist bekannt, dass das keine neue Lehre, dass das im Wesentlichen die alte LIEBIG'sche Theorie ist von den plastischen und respiratorischen Nahrungsstoffen, von den organbildenden und wärmebildenden Nährsubstanzen. Jetzt wird nur die Wärme als Gesamtrepräsentant aller vom Organismus erzeugten Kräfteformen betrachtet. FICK trennt in demselben Sinn wie wir die Nährstoffe in Brennmaterial und Material zum Ersatz abgenutzter Maschinentheile, indem er den Körper wesentlich als kalorische Maschine auffasst.

Die neuen Darstellungen LIEBIG's, VIERORDT's und FICK's<sup>1)</sup> sind also in Consequenz mit LIEBIG's älterer Ernährungstheorie, wie es FICK direct ausspricht. Indem wir diese Theorie den neueren Erfahrungen der theoretischen Mechanik anpassen, der solche principielle Unterschiede für die Beurtheilung der einzelnen Kräfteformen und ihre Wirkungen vollkommen fremd sind, wie wir sie in den in der Einleitung dargelegten physiologischen Hypothesen antreffen, kommen wir zu diesen Modificationen.

Wir definiren jetzt:

1) a. a. O. S. 203.



Alle Stoffe, welche Spannkkräfte enthalten, die der Organismus für seine Kräfteproduction frei machen kann, so wie die, welche diese Befreiung ermöglichen, sind **Nahrungsstoffe**.

Alle Substanzen, die sich an dem normalen Organaufbau betheiligen, auch wenn sie dem Organismus direct **keine** verwendbaren Spannkkräfte liefern sollten, müssen ebenfalls als Nahrungsstoffe bezeichnet werden.

Unter diese Gesichtspunkte lassen sich alle organischen und anorganischen Nährstoffe vereinigen.

Differenzen in der Auffassung über den Nahrungswerth sind bekanntlich zunächst wegen der verschiedenen Beurtheilung des Nährwerthes des LIEBIG'schen Fleischextractes entstanden.

Nach den gegebenen Gesichtspunkten kann die Entscheidung dieser Streitfrage nun nicht mehr zweifelhaft sein.

Oft hört man neuerdings eine entgegengesetzte Ansicht aussprechen. Das Fleischextract verdanke seinen auffallenden Einfluss auf den Kräftezustand Geschwächter der Wirkung seiner Stoffe auf das Nervensystem: nur die Nerventhätigkeit werde durch den Genuss von Fleischextract oder Fleischbrühe gesteigert.

Dieser Einwurf scheint an jene jetzt doch wohl überwundene Zeit zu erinnern, in welcher man die Thätigkeit des Nervensystems von einem unbekannten, den Gesetzen der übrigen Natur nicht gehorchenden Agens, etwa von einer Lebenskraft ableitete.

E. DU BOIS-REYMOND's Entdeckungen der thierischen Electricität haben uns gelehrt, dass die im Nerven entstehenden Kräfte den allgemeinen Gesetzen der Kräfteerzeugung und Kraftumwandlung gehorchen. Die Nervenkräfte entstehen im letzten Grunde auf dieselbe Weise durch Stoffumsatz aus den dadurch verwendbar werdenden Spannkkräften, wie die Kräfte im Muskel, wie alle Kräfte im Organismus.

Man hat häufig die Erhöhung des Kraftgefühls durch gewisse Substanzen, z. B. durch die Fleischbrühe, falsch verstanden. Man will dem Fleischextract keine wirkliche Steigerung der für die Organe verwendbaren Kraftsumme, sondern eben nur eine Steigerung des mysteriösen »nervösen Kraftgefühls« zuschreiben. Was ist aber das Wesen des gesteigerten Kraftgefühls?

Es gibt zwei Momente, durch welche, abgesehen von dem Fleischextract, in ausgezeichneter Weise das »Kraftgefühl« des Menschen gesteigert wird; das ist erstens nach längerer Muskelruhe eine frische körperliche Bewegung, z. B. Fusswandern, Turnen etc., welche nach der Ueberwindung der ersten Müdigkeit ein allbekanntes, wohlthuendes Kraftgefühl hervorruft. Ein zweites Moment ist der Genuss des Kaffee's, der, vorzüglich nach Tisch getrunken, das Müdigkeitsgefühl zu vertreiben vermag.

Aber beide Momente wirken im gleichen Sinn: die Steigerung des Kraftgefühls ist in beiden Fällen verbunden mit einer **Steigerung** der Blutzufuhr (Plasma und Sauerstoffzufuhr) zu den Muskeln und damit mit einem gesteigerten Organstoffwechsel



derselben. Für den Kaffee sind die betreffenden Beobachtungen Vorr's oben S. 92 angeführt.

Das gesteigerte Kraftgefühl beruht auf einer localen Steigerung der Ernährung und des Stoffwechsels, es entspricht also einer wirklich gesteigerten Leistungsfähigkeit der Muskeln und ihrer Nerven. Schon oben S. 93 wurde darauf hingewiesen, dass in analoger Weise die Entstehung des gesteigerten Kraftgefühls wohl immer aufgefasst werden müsse. Der Kaffee führt den Muskeln, wenn sie z. B. nach der Mahlzeit ihren relativen Mangel an Ernährungsmaterial zum Bewusstsein bringen, gesteigerte Mengen von Blut zu und steigert dadurch ihre Leistungsfähigkeit wie das Kraftgefühl; offenbar thut dasselbe die Fleischbrühe, wie sich schon aus der etwas erhöhten Hautwärme und der allbekannten Steigerung der Transpiration nach Fleischbrühegenuss ergibt.

Gerade in dem anormalen Darniederliegen des Organstoffwechsels der Muskulatur und des Herzens, wodurch in extremen Fällen fettige Degeneration, übermässige Anhäufung von Zersetzungsproducten mit allen daran sich knüpfenden Consequenzen (ermüdende Stoffe) erfolgt<sup>1)</sup>, ist oft ein Hauptmoment der Gesundheitsstörung zu suchen. Der Mangel an der zur Gesundheit nöthigen Muskelaction ist viel häufiger, als man das bisher angenommen hat, eine mehr oder weniger gefährliche Complication anderer Krankheiten, die den Patienten ans Bett oder an die Stube fesseln. Fleischbrühe, Kaffee und gewiss noch eine Reihe anderer Heilnahrungsmittel ersetzen in Etwas die mangelnde Muskelbewegung, indem sie, wie diese, die Blutvertheilung regeln, die Blutmenge inneren Organen relativ entziehen.

In dieser Hinsicht darf auch noch auf die allgemeine Steigerung der Blutcirculation unter dem Einfluss derselben und anderer Agentien hingewiesen werden, welche bei einem (krankhaft) darniederliegenden Stoffwechsel eine vortheilhafte Steigerung desselben bewirkt durch reichlichere Durchströmung aller Organe, reichlichere Sauerstoffaufnahme, gesteigerte Abfuhr der schädlichen Zersetzungsproducte aus den Organen.

Wie schon oben angedeutet, hängt von der reichlicheren Blutzufuhr zu irgend einem Organe auch dessen Fähigkeit zu einer vorwiegenden Ernährung und gesteigertem Wachsthum ab. Eine local gesteigerte Blutzufuhr zu den Bewegungsorganen wird ebenfalls in diesem Sinne wirken, worauf zum Theil die von KEMMERICH constatirte Wirkung des Fleischextractes auf die Fleischbildung beruhen mag. Umgekehrt ist das abnorm gesteigerte Wachsthum der Unterleibsdrüsen, vor Allem der Leber bei Muskelruhe auch als Resultat einseitig gesteigerter Ernährung zu betrachten.

So ist es uns denn auch durch diese Untersuchungen gelungen, scheinbar unvereinbare Beobachtungsergebnisse mit einander zu einer befriedigenden Einheit zu verbinden. Wir schliessen mit dem Satze, der keines Beweises bedarf, dass die wahren Ergebnisse exact angestellter Untersuchungen sich niemals widersprechen können.

1) Der Verfasser hat nachgewiesen, dass Muskeln, die mehr ruhen als andere, in demselben Organismus reicher an Extractivstoffen sind. Tetanus Bd. I. S. 423.



## Anhang zu §. 2. (Capitel V.)

Um den beobachteten Einfluss des Blutverlustes, welcher von uns bisher nur gelegentlich bei verunglückten Operationen bemerkt worden war, noch direct zu constatiren, wurde ein Versuch am Meerschweinchen angestellt, dessen Galleproduction ohne Blutverlust bestimmt wurde. Im Folgenden wird das Resultat mitgetheilt, das sich den bekannten Ergebnissen HEIDENHAIN'S anschliesst.

### Versuch

über Gallenproduction unter dem Einfluss von Blutverlust.

Versuchsthier: Meerschweinchen.

Rohgewicht: 243,5 Gramm.

Reingewicht: 190,5 Gramm.

Lebergewicht: 9,5 Gramm.

Gewicht des Bewegungsapparates: 135,5 Gramm.

Gesamtblutmenge: 11,113 Gramm  $= 5,84\% = \frac{4}{47,1}$ .

Nach einer vollkommen ohne Blutverlust geglückten Operation entleerte das Thier in der Ruhe

in 11 Minuten 0,210 Gramm feuchte Galle.

Nun wurde eine kleine Arterie am Mesenterium angeschnitten, aus welcher das Thier langsam blutete. Ohne Unterbrechung wurde die Galle fortgemessen. Während der ersten Zeit der Blutung schied das Thier aus

in 11 Minuten 0,120 Gramm feuchte Galle.

Die Gallenproduction ist also gesunken über die Hälfte, genau um  $56,1\%$ .

Nach diesen 11 Minuten hört die Gallenausscheidung vollkommen auf!

Die ausgeflossene Blutmenge wurde bestimmt, sie betrug

absolut 4,294 Gramm.

Der Gesamtblutgehalt des Thieres war

absolut 11,113 Gramm.

Die Galleproduction hörte also auf, als das Thier im Maximum verloren hatte  $38,6\%$ , d. h.

$\frac{1}{3}$  seiner Gesamtblutmenge.

Das Thier bewegte sich noch ganz lebhaft, sodass seine Muskel- und Nerven-thätigkeit zur Zeit, als seine Leberfunction vollkommen sistirte, noch fast ungeschwächt vorhanden war.

Dieses Versuchsergebniss bestätigt sonach unsere zufälligen Beobachtungen über die Wirkung des Blutverlustes auf die Leberthätigkeit vollkommen.

Berechnen wir noch die Ausscheidungsmengen der Galle bei unserem Versuchsthier nach den ersten 11 Ausscheidungsminuten.



Das Meerschweinchen schied danach aus:

in 1 hor.	. . . . .	4,340	Gramm	feuchte Galle.
		0,027	»	trockene Galle.
in 24 Stunden	. . . . .	34,46	»	feuchte Galle.
		0,62	»	trockene Galle.

1 Kilogramm Meerschweinchen schied aus:

in 24 Stunden	. . . . .	464	Gramm	feuchte Galle.
		3,28	»	trockene Galle.

1 Kilogramm Meerschweinchenleber schied aus:

in 24 Stunden	. . . . .	3281	Gramm	feuchte Galle.
		7,561	»	trockene Galle.





Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.





( 3.75 / Cgs<sup>n</sup> cd



Bei Wilh. Engelmann in Leipzig erschien ferner:

# **Grundzüge der Physiologie des Menschen**

mit Rücksicht  
auf die Gesundheitspflege und das praktische Bedürfniss des Arztes.

Bearbeitet von

**Dr. Johannes Ranke,**

Privatdocent der Physiologie in München.

Mit 207 Holzschnitten und einem vollständigen Register.

gr. 8. 1868. brosch. 4 Thlr. 10 Sgr.

---

## **Tetanus. Eine physiologische Studie.**

Von

**Dr. Johannes Ranke,**

Privatdocent der Physiologie etc. in München.

gr. 8. 1865. br. 2 Thlr. 20 Ngr.

---

## **Die Lebensbedingungen der Nerven.**

Nach Untersuchungen

aus dem

Laboratorium des Reisingerianums

in München

als Fortsetzung der Studien über Tetanus

herausgegeben von

**Dr. Johannes Ranke,**

Privatdocent der Physiologie in München.

gr. 8. 1868. br. 1 Thlr. 10 Ngr.

---

## **Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Für Aerzte und Studirende.**

Von

**Dr. A. Kölliker,**

Professor der Anatomie in Würzburg.

Fünfte Auflage. Mit 524 Holzschnitten.

gr. 8. 1867. br. 4 Thlr.

---















