

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

## Ueber den Gehalt des Arterien- und Venenblutes an Trockensubstanz und Fett.

Von

**F. Röhmann und J. Mühsam.**

Nachdem Flüggé<sup>1)</sup> gezeigt hatte, dass die Fehler unserer Untersuchungsmethoden zu gross seien, um mit ihrer Hülfe Veränderungen, welche das Blut beim Durchströmen von Organen, speziell der Leber erfährt, nachweisen zu können, und er ganz allgemein zu dem Resultate gekommen war, dass „eine vergleichende Untersuchung des zu- und abführenden Blutes keine Methode sei, mittelst deren wir hoffen dürfen, einen Aufschluss über die Funktion der Leber zu erhalten“, gehörte ein gewisser Entschluss dazu, von neuem an Versuche heranzutreten, welche bezweckten, Urtheile über die Funktion eines Organs durch einen Vergleich seines Arterien- und Venenblutes zu gewinnen.

Wenn es trotzdem Herr Bornstein<sup>2)</sup>, einer Anregung von Herrn Geheimrath Heidenhain folgend, unternahm, den Fettgehalt der Carotis und Pfortader zu bestimmen, um einen Beitrag zu der Frage zu liefern, ob Fett ausser durch den Chylus auch noch direkt durch die Pfortaderwurzeln dem Organismus zugeführt werden, so bestimmten ihn hierzu, wie er in der Einleitung seiner Arbeit ausführt, eine Reihe theils mikroskopischer Untersuchungen der Darmschleimhaut, in denen sich angeblich der Uebertritt von Fett in die Darmcapillaren hatte verfolgen lassen, theils gewisse

1) Ueber den Nachweis des Stoffwechsels in der Leber. Zeitschr. für Biologie Bd. 13, 133.

2) Einiges über die Zusammensetzung des Blutes in verschiedenen Gefässprovinzen. Inaug.-Diss. Breslau 1887.

ältere mikroskopische und chemische Untersuchungen des Blutes, denen zufolge das Blut der Pfortader reicher an Fett als das anderer Gefässprovinzen sein sollte.

Bornstein kam zu dem überraschenden Resultat, dass „mehr Fett in der Carotis als in der Pfortader enthalten“ ist, dass sich also die an ihn gestellte Frage, ob Fett aus der Darmschleimhaut direkt in die Pfortaderwurzeln gelangt, durch die chemische Untersuchung des Blutes vor und nach seinem Durchtritt durch die Darmwand nicht entscheiden lasse.

Im Anschluss an diese Versuche vergleicht Bornstein das arterielle und venöse Blut der Unterextremitäten. Er schliesst aus seinen allerdings wenig zahlreichen Beobachtungen, dass auch hier das arterielle Blut reicher an Fett sei, als das venöse, dass also nicht nur in der Darmwand, sondern auch in den anderen Organen dem eintretenden Blute eine nachweisbare Menge Fett entzogen wird.

Eine bald nach der Arbeit von Bornstein veröffentlichte Untersuchungsreihe von S. Cohnstein und N. Zuntz<sup>1)</sup> liess es uns nothwendig erscheinen, die Angaben von Bornstein einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Cohnstein und Zuntz hatten nachgewiesen, dass im fließenden Blute der Gehalt an rothen Blutkörperchen sowohl im Arterien- wie im Venenblute der gleiche ist, dass aber sofort die Zahl der rothen Blutkörperchen im Venenblute zunimmt, wenn auf der venösen Seite der Blutstrom unterbrochen wird. Bleibt nach Unterbindung der Vene die Zufuhr des arteriellen Blutes unbehindert, so wird nur ein relativ kleiner Theil des Blutes durch Collateralen abgeführt, es tritt Blutstauung in dem betreffenden Organ ein, Flüssigkeit filtrirt aus den Capillaren in die Lymphe, die Menge der Blutkörperchen in der Volumenseinheit des Blutes nimmt zu. „Die aus dieser Untersuchung hervorgehende Erkenntniss, dass Behinderung des Venenstromes sehr leicht erhebliche Aenderungen in der Zusammensetzung des Blutes herbeiführt, dürfte wohl geeignet sein, gewisse ältere Versuche, welche das venöse Blut einzelner Organe erheblich abweichend vom arteriellen fanden, zu discreditiiren.“

1) Untersuchungen über den Flüssigkeits-Austausch zwischen Blut und Geweben unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Bedingungen. Dies. Arch. Bd. 42, 303.

Dieser Satz findet seine Anwendung auch auf die Versuche von Bornstein, welche den Vergleich des Arterien- und Venenblutes der Hinterextremität des Hundes zum Gegenstand haben. Das Blut wurde durch eine endständig in die Vene eingebundene Canüle gewonnen; die Blutentnahme war also stets mit Stauung verbunden.

Etwas anders liegt die Sache in denjenigen Versuchen, bei denen es sich um einen Vergleich des Arterien- und Pfortaderblutes handelt. Hier wurde die Canüle in eine Milzvene eingeführt, das Blut floss ohne Unterbrechung der Circulation aus der Pfortader ab. Eine Stauung ist also nicht ohne weiteres wahrscheinlich.

Nur mit der ersten Gruppe von Versuchen wollen wir uns im Folgenden eingehender beschäftigen. Wir wollen, ebenso wie dies Bornstein beabsichtigte, sehen, ob sich der Fettgehalt des Blutes beim Strömen durch die Hinterextremität nachweisbar ändert d. h. abnimmt.

Hierfür ist es nach dem soeben Gesagten in erster Linie notwendig, dass wir eine Methode befolgen, welche uns gestattet, die zur Analyse erforderlichen Mengen Blutes der Arterie und Vene ohne wesentliche Störung der Circulation zu entziehen.

Ob eine solche in einem gegebenen Falle eintritt, könnte man nach dem Vorgange von Cohnstein und Zuntz durch eine vergleichende Zählung der rothen Blutkörperchen des Arterien- und Venenblutes zu ermitteln versuchen. Wir thaten dies nicht, sondern benutzten hierzu die Bestimmung des Trockenrückstandes des Blutes.

Dieses Vorgehen wäre im Prinzip mit dem Zählen der rothen Blutkörperchen identisch, wenn wir auf Grund der Beobachtungen von Cohnstein und Zuntz annehmen könnten, dass nachweisbare Aenderungen im Trockenrückstand des Venenblutes bei unseren Versuchen im Wesentlichen nur durch eine Aenderung des Verhältnisses zwischen rothen Blutkörperchen und Blutflüssigkeit eintreten können. Da das specifische Gewicht der rothen Blutkörperchen grösser als das des Blutplasmas ist, so müsste der Trockenrückstand des Blutes bei der Stauung in dem Maasse zunehmen, als Blutflüssigkeit aus dem Gefässsystem austritt. Eine Differenz im Trockenrückstand des Arterien- und Venenblutes, bei welcher der Trockenrückstand des letzteren grösser als der des ersteren ist, würde uns umgekehrt ein Beweis für Stauung sein.

Ehe wir aber aus Veränderungen des Trockenrückstandes auf Störungen in der Circulation schliessen, müssen wir zuerst die stillschweigend gemachte Voraussetzung, dass bei normaler Circulation kein Unterschied im Trockenrückstand des Arterien- und Venenblutes nachweisbar ist, einer experimentellen Prüfung unterziehen.

Das arterielle Blut wurde durch die Carotis entnommen. Die Methode, welche sich zur Gewinnung von Blut aus der Vena femoralis als die geeignetste erwies, war folgende.

Bei Hunden wurde die Vene, welche an der inneren Fläche des Oberschenkels, etwa in seiner Mitte, oft schon durch die Haut sichtbar, von innen nach aussen verläuft und sich, nachdem sie von der Tiefe her einige Zweige aufgenommen, in die Vena femoralis einsenkt, sorgfältigst präparirt. Sämmtliche in den Weg kommenden Zweige wurden unterbunden. Die Scheide der Vena femoralis wurde nur soweit eröffnet, dass die Einmündungsstelle unserer Vene sichtbar und zugänglich wurde. Nachdem die letztere peripher unterbunden und ein Faden unmittelbar vor ihrer Einmündung in die Vena femoralis umgelegt worden war, wurde sie unter vorsichtigem Anziehen dieses Fadens nahe an der Einmündungsstelle angeschnitten und eine kurzgeknöpfte, etwa 4 bis 5 mm dicke und 13 mm lange, an ihrem freien Ende stumpfwinklig abgebogene Canüle eingeführt und mit dem Faden möglichst so eingebunden, dass die Spitze unmittelbar der Einmündungsstelle in die Vene entsprach. Das Blut tropfte nicht, sondern strömte sofort aus der Canüle. Die an der Einmündungsstelle liegenden Klappen bildeten meist kein Hinderniss.

Die zuerst ausfliessenden Mengen wurden sowohl bei der Vene (Femoralis) wie bei der Arterie (Carotis) nicht zur Analyse benutzt.

Das Auffangen des Blutes aus Arterie und Vene geschah selbstverständlich möglichst gleichzeitig.

Wurden mehrere Proben nach einander entnommen, so wurde der Blutstrom während des Wechsels der Gefässe nicht unterbrochen.

Das Blut wurde nicht in Porcellantiegeln getrocknet. Fängt man das Blut in diesen auf, so erhält man stets einen dicken Klumpen, der in seinem Innern leicht etwas Feuchtigkeit einschliessen kann. Wir benutzten deswegen ein System von zwei Schälchen aus dünnem Glase, von denen das eine etwa 5 cm breit

und  $2\frac{1}{2}$  cm hoch, das andere  $5\frac{1}{2}$  cm breit und 2 cm hoch war, in beiden waren mit dem Diamant zur Bezeichnung Zahlen eingeritzt. In das erste Schälchen liessen wir soviel Blut einfliessen, dass der Boden eben bedeckt war, dann wurde, um Verdunstung zu vermeiden, schnell das zweite über das erste gestülpt und gewogen. Man erhält so eine dünne Blutschicht mit grosser Oberfläche, welche leicht und sicher zu trocknen ist.

Auf diese Weise wurden für den Trockenrückstand des gleichzeitig aufgefangenen Blutes der Arteria carotis und Vena femoralis folgende Zahlen erhalten.

Tabelle I.

Versuchs-Nr.	C a r o t i s				Vena femoralis				Differenz der proc. Trocken- substanz v. Car. u. Vena fem.
	Blut- menge	Trockensubst.		Differenz d. Trocken- substanz	Blut- menge	Trockensubst.		Differenz d. Trocken- substanz	
		absol.	proc.			absol.	proc.		
	g	g	g	%	g	g	g	%	
I.	5,8082	1,2918	22,76	—	6,4220	1,4431	22,47		
	—	—	—		4,2222	0,9497	22,49	0,02	+ 0,23
II.	5,4066	1,0174	18,82		3,2955	0,6210	18,84		
	4,0370	0,7596	18,82	0,00	3,2505	0,6129	18,85	0,01	— 0,03
III.	4,2420	0,8912	20,99		2,9372	0,6168	20,92		
	7,7825	1,6297	20,92	0,07	3,8160	0,7764	20,79	0,13	+ 0,11
IV.	8,3504	1,7607	21,00		4,1574	0,8746	21,04		
	4,5505	0,9634	21,11	0,11	3,7011	0,7808	21,10	0,06	— 0,01
	im Mittel			0,06	im Mittel			0,05	

In diesen Versuchen wurden sowohl in der Arterie wie in der Vene jedesmal zwei Blutproben nach einander aufgefangen. Die Bestimmung der zweiten Carotisportion in Versuch I verunglückte.

Die Differenzen im Trockenrückstand zweier nach einander aufgefangener Blutproben von 3—8 ccm derselben Blutart schwanken zwischen 0,00 und 0,13 % und betragen im Mittel etwa 0,06 %. Sie geben einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der mit der Trockenbestimmung an sich verbundenen Fehler.

Die Unterschiede im Trockenrückstand von Arterie und Vene liegen in den angeführten 4 Versuchen drei Mal innerhalb dieser Fehler, ein Mal ist der Trockenrückstand der Arterie grösser als der der Vene.

Die Zahl dieser Versuche ist zu gering, um ein Urtheil über das gegenseitige Verhalten des Trockenrückstandes von Arterie und Vene zu gestatten. Es kommen aber aus den weiter unten anzuführenden Versuchen noch folgende hinzu.

Tabelle II.

Versuchs-Nr.	Trockenrückstand der		Unterschied
	Carotis %	Vena fem. %	
XII.	20,92	20,79	+ 0,13
XIII.	23,58	23,61	— 0,03
XIV.	21,12	21,23	— 0,11
XV.	21,17	22,22	— 0,05
XVI.	22,88	22,87	+ 0,01
XVIII.	23,36	23,40	— 0,04
XVII.	20,82	20,76	+ 0,06
XIX.	21,13	21,29	— 0,16

Hier wurde in Arterie und Vene nur je eine Trockenbestimmung gemacht. Die Differenzen liegen sämtlich innerhalb der Fehlergrenzen.

Aus diesen und den vorhergehenden Versuchen ergibt sich, dass sich kein Unterschied im Trockenrückstand des Arterien- und Venenblutes nachweisen lässt, wenn die Blutentnahme ohne Unterbrechung der Circulation erfolgt.

Man kann hierin eine Bestätigung der Ansichten von Flüge sehen. Prinzipiell müssen wir annehmen, dass das Blut bei seinem Durchtritt durch die Gewebe feste Substanzen an dieselbe abgibt. Nach Flüge können wir trotzdem keine Unterschiede finden, weil unsere Untersuchungsmethoden hierzu nicht ausreichend sind. Die Differenzen, welche in der Zusammensetzung des Arterien- und Venenblutes unter dem Einfluss der Gewebe in der Zeiteinheit entstehen, sind infolge der grossen Geschwindigkeit des Blutstromes so klein, dass sie sich dem Nachweis entziehen. Es darf jedoch, wie uns scheint, für unseren Fall — Bestimmung des Trockenrückstandes — nicht vergessen werden, dass, auch wenn unsere Methode der Trockenrückstandsbestimmung ausreichend genau wäre, die Abgabe von festen Substanzen an die Gewebe unter Umständen durch einen entsprechenden Eintritt von festen Substanzen ins Blut verdeckt werden könnte.

Wiedem auch sei, wir halten uns nur an die Thatsache, dass unter den von uns gewählten Bedingungen ein Unterschied im Trockenrückstand des Arterien- und Venenblutes nicht zu erkennen ist.

Im Gegensatz hierzu hatte Bornstein den Trockenrückstand der Vene grösser als den der Arterie gefunden (s. d. S. 396 angeführten Versuche). Auf Grund der vorstehend mitgetheilten Erwägungen war es an sich wahrscheinlich, dass dies die Folge der mit der Blutentziehung verbundenen venösen Stauung war.

Wir überzeugten uns hiervon direct durch folgende zwei Versuche: In dem einen wurde der Blutstrom in der Vena femoralis während 5 Minuten, in dem anderen während 10 Minuten durch Anlegen einer Klemme unterbrochen. Das hierauf aus der Vena femoralis aufgefangene Blut wurde mit dem gleichzeitig entnommenen Blute der Arteria carotis verglichen.

Trockenrückstand		Unterschied
Arteria carotis	20,61 %	0,35 %
Vena femoral.	20,96 %	
Arteria carotis	21,86 %	0,27 %
Vena femoral.	22,13 %	

In diesen Fällen ist in der That, wie in den Versuchen von Bornstein, der Trockenrückstand in der Vene grösser als in der Arterie. Die Unterschiede liegen weit ausserhalb der Fehlergrenzen.

Während also bei ungestörter Circulation kein Unterschied im Trockensrückstand von Arterie und Vene vorhanden ist, wird bei Stauung im Venensystem der Trockenrückstand in der Vene grösser als in der Arterie.

Unsere Ansicht, dass man aus dem Verhalten des Trockenrückstandes einen Schluss auf das Verhalten der Circulation machen kann, ist demnach thatsächlich begründet.

Bei der Gewinnung des Blutes zum Zweck der Analyse ist noch ein Punkt zu berücksichtigen.

In den bisherigen Versuchen entnahmen wir zur Bestimmung des Trockenrückstandes nur kleine Blutproben; für die später anzustellenden Fettbestimmungen bedürfen wir aber erheblich grösserer Blutmengen. Nun ist es eine längst bekannte Thatsache, dass sich das Blut unter dem Einfluss grosser Aderlässe in seiner Zusammensetzung ändert. Man weiss, dass es in diesen Fällen an Farbstoff ärmer, an Wasser reicher wird. Es war deswegen für uns von Werth, zu wissen, wie gross die Abnahme des Trockenrückstandes ist und ob sie, wenn das Blut der Arterie und Vene

gleichzeitig in grösseren Mengen entzogen wird, in beiden in derselben Weise erfolgt.

Zu diesem Zweck wurden unmittelbar vor und nach dem Aderlass Trockenbestimmungen gemacht. In den auf Tabelle III mitgetheilten Versuchen V und VI wurde nur der Carotis, zum Theil in recht ansehnlicher Menge, Blut entzogen. Die Abnahme des Trockenrückstandes ist eine stets sehr deutliche.

Die Versuche XIV bis XIX sind dieselben, in denen das Blut, wie später mitgetheilt werden wird, zur Fettbestimmung benutzt wurde.

Tabelle III.

Versuchs-Nr.	Arteria carotis			Vena femoralis		
	Menge des entzogenen Blutes	Trockenrückstand a) vor, b) nach der Blutentziehung	Unterschied des Trockenrückstandes a und b	Menge des entzogenen Blutes	Trockenrückstand vor (a) der Blutentziehung	Unterschied des Trockenrückstandes nach (b) der Blutentziehung
	g	‰	‰	g	‰	‰
V.	87	a. 20,02 b. 19,92	0,10			
	20 Minuten nach einem Aderlass von 200 ccm					
	85	a. 19,67 b. 19,38	0,29			
VI.	280	a. 22,03 b. 20,77	1,26			
	30 Minuten später					
	110	a. 21,16 b. 20,72	0,44			
XIV.	44	a. 21,12 b. 21,12	0,00	70	a. 21,23 b. 21,06	0,17
XV.	53	a. 21,17 b. 20,75	0,42	46	a. 21,22 b. 20,99	0,23
XVI.	51	a. 22,88 b. 22,67	0,21	50	a. 22,87 b. 22,77	0,10
XVIII.	57	a. 23,36 b. 22,69	0,67	56	a. 23,40 b. —	—
XVII.	53	a. 21,13 b. 20,89	0,24	50	a. 21,29 b. 21,03	0,26
XIX.	54	a. 20,82 b. 20,76	0,06	46	a. 20,76 b. 20,59	0,17



Aus ihnen ergibt sich, dass schon nach einer Blutentziehung von etwa 50 ccm bei Hunden von 8—10 Kilo fast stets eine Abnahme des Trockenrückstandes deutlich nachweisbar ist. Dieselbe ist in Berücksichtigung der Menge des Gesamttrockenrückstandes nur gering und erfolgt in Arterie und Vene in dem gleichen Sinne. Sie ist also, wenn es sich nur um einen Vergleich des Arterien- und Venenblutes in Bezug auf eine in demselben enthaltene Substanz handelt, ohne Bedeutung.

Wir können nunmehr zur vergleichenden Fettbestimmung des Arterien- und Venenblutes übergehen.

Die Methode der Fettbestimmung war im Wesentlichen die von Bornstein beschriebene: In einen 500 ccm 96 % Alcohol enthaltenden, gewogenen Kolben lässt man unter Umschütteln bis zu einer vorher angebrachten Marke annähernd 50 ccm Blut einfließen. Die darauf folgende Wägung ergibt das genaue Gewicht des entnommenen Blutes. Das Blut bleibt bis zum folgenden Tage unter Alcohol stehen. Es wird durch Glaswolle filtrirt. Das auf dem Trichter bleibende Gerinnsel wird mit 200 ccm Aether gewaschen, Alcohol und Aether werden in tiefen Porcellanschalen auf dem Wasserbade verdunstet. Man nimmt den Rückstand mit Aether auf, wobei unter Anderem Salze (Chloride, Phosphate und Sulfate) sowie Zucker ungelöst zurückbleiben und giesst die ätherische Lösung in ein Erlenmeyer'sches Kölbchen. Inzwischen hat man den Blutkuchen auf dem Wasserbade vorsichtig getrocknet und in einer Reibschale zu einem feinen Pulver zerrieben. Man bringt dasselbe behufs vollständiger Extraction in den Soxhlet'schen Apparat, an welchem man das erwähnte, die Hauptmenge des Blutfettes bereits enthaltende Erlenmeyer'sche Kölbchen befestigt. Nach drei- bis vierstündiger Extraction wurde der Aether verdunstet, der im Kölbchen bleibende Rückstand im Vacuum über Schwefelsäure völlig getrocknet, mit über Natrium destillirtem Aether aufgenommen, in ein kleines, einen Glasstab enthaltendes, gewogenes Becherglas filtrirt, der Aether unter Umrühren mit dem Glasstabe über dem mit Baumann'schem Drahtnetz geschützten Wasserbade verdunstet und das Zurückbleibende eine halbe Stunde bei 100° C. getrocknet. Nach dem Abkühlen über Chlorealcium werden Becherglas nebst Aetherextract („Fett“) gewogen.

Zur Controlle der Methode wurde der Fettgehalt in

zwei Blutproben bestimmt, welche der Carotis durch ein Gabelrohr gleichzeitig entzogen worden waren.

#### Versuch V.

- 6,5904 g Blut geben 1,3206 g Trockensubstanz: 20,0231 %  
 a) 45,7 g Blut enthalten 0,4179 g Fett: 0,9144 %  
 41,7 g „ „ 0,4011 g „ 0,9619 %  
 6,2602 g Blut geben 1,2471 g Trockensubstanz: 19,9211 %  
 ca. 200 ccm Blut werden abgelassen, nach 20 Min.  
 b) 4,2215 g Blut geben 0,8305 g Trockensubstanz: 19,6741 %  
 42,2 g Blut enthalten 0,4073 g Fett: 0,9652 %  
 43,4 g „ „ 0,4017 g „ 0,9256 %  
 5,0329 g Blut geben 0,9742 g Trockensubstanz: 19,3762 %

#### Versuch VI.

- a) 3,4147 g Blut geben 0,7523 g Trockensubstanz: 22,0312 %  
 57,0 g Blut enthalten 0,4259 g Fett: 0,7470 %  
 47,0 g „ „ 0,3490 g „ 0,7430 %  
 ca. 200 ccm Blut werden abgelassen  
 3,6559 g Blut geben 0,7594 g Trockensubstanz: 20,7719 %  
 30 Minuten später  
 b) 3,5580 g Blut geben 0,7528 g Trockensubstanz: 21,1579 %  
 55,3 g Blut enthalten [0,3908<sup>1)</sup>] Fett: 0,7067 %  
 54,8 g „ „ 0,4007 g „ 0,7191 %  
 3,3901 g Blut geben 0,6984 g Trockensubstanz: 20,7191 %

Die Werthe für den Fettgehalt zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle IV.

Versuchs-Nr.	Fettgehalt in 100 g Carotis-blut	Unterschied zweier Bestimmungen	Bemerkung
V a	0,914 0,962	0,048	a vor, b nach einem Aderlass von etwa 200 ccm.
b	0,965 0,926	0,039	
VI a	0,747 0,743	0,004	
b	[0,707] 0,719	[0,012]	

In der folgenden Versuchsreihe wurden die beiden Blutportionen, deren Fettgehalt mit einander verglichen werden sollte, unmittelbar nacheinander aus der Carotis aufgefangen.

1) Geringer Verlust bei der Bestimmung.

Tabelle V.

Versuchs- Nr.	Blut aus Carotis g	F e t t		Unterschied zweier Bestimmungen des procentischen Fett- gehaltes
		absolute Menge g	Procentgehalt g	
VII.	51,5	0,3868	0,751	0,001
	52,2	0,3915	0,750	
VIII.	57,0	0,4368	0,706	0,010
	53,9	0,3868	0,716	
IX.	52,2	0,4898	0,938	0,029
	51,1	0,4942	0,967	
X.	39,4	0,3133	0,794	0,035
	46,8	0,3552	0,759	
XI.	40,8	0,3013	0,725	0,027
	45,9	0,3451	0,752	

Wir sehen aus diesen 8 Doppelbestimmungen, dass der procentische Fettgehalt zweier durch ein Gabelrohr gleichzeitig, oder durch eine einfache Canüle unmittelbar nacheinander aufgefangene Portionen desselben Butes einen Unterschied von 0,001 bis 0,048% zeigen kann.

Aus dem bisher Mitgetheilten folgt, dass es möglich ist, ohne wesentliche Störung der Circulation dem Arterien- und Venenblute die zur Analyse erforderlichen Mengen zu entziehen und dass wir über eine Methode verfügen, welche es uns gestattet, den Fettgehalt des Blutes mit grosser Genauigkeit zu bestimmen.

Erst jetzt sind wir im Stande, mit einer gewissen Sicherheit an die Frage, welche bereits Bornstein zu beantworten suchte, heranzutreten: Aendert sich der Fettgehalt des Blutes beim Strömen durch die Hinterextremität des Hundes?

Zu den diesbezüglichen Versuchen dienten 8—12 Kilo schwere Hunde, welche nach dreitägigem Hungern am Morgen des Versuchstages in den 5 ersten Versuchen 500 g Fleisch und 500 g Schweinefett, in den letzten dreien nur 250 g Butter erhalten hatten. In der 3. bis 6. Verdauungsstunde wurden sie morphinisirt. Das Blut wurde in der vorstehend beschriebenen Weise gleichzeitig der Arteria carotis und Vena femoralis entnommen und verarbeitet. Vor und nach jeder grösseren Blutentziehung wurde in kleineren Proben der Trockenrückstand bestimmt.

## Versuch XII.

Arterie	7,7825 g Blut	— 1,6281 g Trockensubstanz	= 20,9200 %
	47,1 g Blut	— 0,3648 g Fett	= 0,7440 %
		Fett im Trockenrückstand	3,55 %
Vene	3,8160 g Blut	— 0,7933 g Trockensubstanz	= 20,7861 %
	54,5 g Blut	— 0,3874 g Fett	= 0,7100 %
		Fett berechnet auf Trockenrückstand	3,41 %

## Versuch XIII.

Art.	7,1968 g Blut	— 1,6972 g Trockensubstanz	= 23,5828 %
	58,8 g Blut	— 0,4843 g Fett	= 0,8246 %
		Fett im Trockenrückstand	3,49 %
Ven.	3,7621 g Blut	— 0,8912 g Trockensubstanz	= 23,6091 %
	68,7 g Blut	— 0,4977 g Fett	= 0,7259 %
		Fett im Trockenrückstand	3,08 %

## Versuch XIV.

Art.	6,2358 g Blut	— 1,3170 g Trockensubstanz	= 21,1190 %
	44,5 g Blut	— 0,3009 g Fett	= 0,6761 %
		Fett im Trockenrückstand	3,20 %
	4,3270 g Blut	— 0,9138 g Trockensubstanz	= 21,1190 %
Ven.	4,0943 g Blut	— 0,8692 g Trockensubstanz	= 21,2290 %
	70,3 g Blut	— 0,4782 g Fett	= 0,6802 %
		Fett im Trockenrückstand	3,21 %
	4,0017 g Blut	— 0,8428 g Trockensubstanz	= 21,0620 %

## Versuch XV.

Art.	5,5646 g Blut	— 1,1780 g Trockensubstanz	= 21,1695 %
	53,3 g Blut	— 0,4892 g Fett	= 0,9183 %
		Fett im Trockenrückstand	4,39 %
	3,6546 g Blut	— 0,7584 g Trockensubstanz	= 20,7518 %
Ven.	5,1100 g Blut	— 1,0844 g Trockensubstanz	= 21,2231 %
	46,5 g Blut	— 0,4142 g Fett	= 0,8906 %
		Fett im Trockenrückstand	4,22 %
	3,5335 g Blut	— 0,7460 g Trockensubstanz	= 20,9910 %

## Versuch XVI.

Art.	6,0663 g Blut	— 1,3878 g Trockenrückstand	= 22,8772 %
	51,1 g Blut	— 0,3542 g Fett	= 0,6932 %
		Fett im Trockenrückstand	3,04 %
	3,4024 g Blut	— 0,7715 g Trockenrückstand	= 22,6751 %
Ven.	5,1476 g Blut	— 1,1773 g Trockenrückstand	= 22,8708 %
	50,2 g Blut	— 0,3557 g Fett	= 0,7016 %
		Fett im Trockenrückstand	3,07 %
	3,5525 g Blut	— 0,8091 g Trockenrückstand	= 22,7755 %

Versuch XVII.

Art. 4,9380 g Blut	— 1,1434 g Trockenrückstand	= 21,13 %
53,3 g Blut	— 0,3692 g Fett	= 0,693 %
4,8278 g Blut	— 1,0088 g Trockenrückstand	= 20,89 %
Ven. 2,7892 g Blut	— 0,6030 g Trockenrückstand	= 21,29 %
50,3 g Blut	— 0,3532 g Fett	= 0,702 %
7,6382 g Blut	— 1,6062 g Trockenrückstand	= 21,03 %

Versuch XVIII.

Art. 2,8866 g Blut	— 0,6744 g Trockenrückstand	= 23,36 %
57,5 g Blut	— 0,3848 g Fett	= 0,668 %
3,4412 g Blut	— 0,7810 g Trockenrückstand	= 22,69 %
Ven. 5,8234 g Blut	— 1,3626 g Trockenrückstand	= 23,40 %
55,9 g Blut	— 0,3760 g Fett	0,671 %

Beim Auffangen des Blutes zur zweiten Trockenbestimmung tritt Gerinnung ein.

Versuch XIX.

Art. 2,9752 g Blut	— 0,6194 g Trockenrückstand	= 20,82 %
53,9 g Blut	— 0,4636 g Fett	= 0,860 %
2,5624 g Blut	— 0,5320 g Trockenrückstand	= 20,76 %
Ven. 4,9834 g Blut	— 1,0346 g Trockenrückstand	= 20,76 %
46,3 g Blut	— 0,3976 g Fett	= 0,859 %
5,2208 g Blut	— 1,0754 g Trockenrückstand	= 20,59 %

In der folgenden Tabelle sind die Zahlen für das Fett zusammengestellt.

Tabelle VI.

Versuchs-Nr.	Fett in 100 g Gesamtblut Art. carotis %	Fett in 100 g Gesamtblut Vena femor. %	Unterschied
XII.	0,744	0,710	+ 0,034
XIII.	0,825	0,726	+ 0,099
XIV.	0,676	0,680	— 0,004
XV.	0,918	0,890	+ 0,027
XVI.	0,693	0,702	— 0,009
XVII.	0,693	0,702	— 0,009
XVIII.	0,668	0,671	— 0,003
XIX.	0,860	0,859	— 0,001

Unter diesen 8 Versuchen findet sich nur einer (Versuch XIII), bei welchem der Unterschied des procentischen Fettgehaltes ausserhalb der Fehlergrenzen liegt. Man wird denselben wohl als durch einen Versuchsfehler bedingt betrachten können.

Besonders in den letzten Versuchen sind die Unterschiede des Fettgehalts in Arterie und Vene noch kleiner als in den vor-

stehend angeführten Controllbestimmungen. Ob dies nur die Folge der mit der Zeit erlangten grösseren Sicherheit in der Beherrschung der Methode ist, oder ob der Zufall seine Hand im Spiele hatte, wagen wir nicht zu entscheiden. Jedenfalls ist so viel sicher, dass bei ungestörter Circulation ein Unterschied im Fettgehalt des Blutes der Arteria carotis und Vena femoralis nicht nachzuweisen ist.

Vergleichen wir hiermit die Versuche von Bornstein.

Tabelle VII.

Vers.-Nr.	Trockenrückstand %		Fett in 100 g Gesamtblut		Fett in 100 g Trockensubstanz		Bemerkungen
	Carotis	Vena cava	Carotis	Vena cava	Carotis	Vena cava	
12	22,47	24,87	0,562	0,577	2,50	2,32	} Bornstein's Tab. III.
13	20,72	21,84	0,938	0,884	4,53	4,05	
14	16,94	20,86	1,096	1,045	6,47	5,01	
	Art. fem.	Vena fem.	Art. fem.	Vena fem.	Art. fem.	Vena fem.	} Bornstein's Tab. IV.
15	22,96	23,79	0,833	0,647	3,63	2,79	
16	23,22	22,65	0,719	0,666	3,10	2,94	

Bei einer Betrachtung derjenigen Zahlen, welche den Fettgehalt des Blutes auf Trockenrückstand berechnet angeben, erscheint der Schluss Bornstein's nicht ungerechtfertigt, dass im Arterienblut mehr Fett enthalten ist, als in dem der Vene. Sehen wir uns die Werthe für den Procentgehalt des Gesamtblutes an Fett an, so finden wir für den Unterschied im procentischen Fettgehalt der Arterie und Vene folgende Zahlen.

Fettgehalt der Carotis minus Vena cava inf.

$$\begin{aligned} & - 0,015 \\ & + 0,054 \\ & + 0,051 \end{aligned}$$

Fettgehalt der Arteria femoralis minus vena femoralis.

$$\begin{aligned} & + 0,186 \\ & + 0,053 \end{aligned}$$

In einem Falle liegt die Differenz innerhalb der Fehlergrenzen, in dreien denselben sehr nahe, nur in einem mit Sicherheit ausserhalb der Fehlergrenzen.

Es ist die Frage, ob man diese Versuche in Anbetracht ihrer geringen Zahl und der kleinen gefundenen Differenzen überhaupt berücksichtigen soll. Wir wollen unsere Ansicht in folgender Weise ausdrücken: Wir würden es für sehr wahrscheinlich halten,

dass man, wenn die Versuche unter denselben Bedingungen, unter denen sie Bornstein anstellte, wiederholt würden, dasselbe Resultat wie Bornstein erhielte. Der Fettgehalt der Arterie würde grösser zu sein scheinen als der der Vene; und zwar aus folgendem Grunde: Die Blutentnahme erfolgte in Bornstein's Versuchen, wie wir gesehen haben, unter Stauung im Venensystem (Einführung eines Katheters durch das Herz bis in die Vena cava inferior, Einbinden einer Canüle in das periphere Ende der Vena femoralis). Dieselbe musste nach Cohnstein und Zuntz eine Anhäufung von rothen Blutkörperchen in der Vene zur Folge haben. Da nun das Fett zum allergrössten Theil im Blutplasma enthalten ist, so muss bei der Stauung nothwendiger Weise der procentische Fettgehalt des Venenblutes herabgedrückt werden, der Fettgehalt des Arterienblutes vergleichsweise höher erscheinen. Demnach wären die Beobachtungen Bornstein's, insofern sie sich auf das Stauungsblut beziehen, zwar richtig, der aus ihnen für das fliessende Blut gezogene Schluss dagegen nicht zutreffend.

Auf die Versuche von Bornstein, welche den Vergleich des Arterien- und Pfortaderblutes betreffen, kommen wir vielleicht bei späterer Gelegenheit zurück.

Das Resultat der vorstehend mitgetheilten Versuche ist zunächst nur ein negatives, insofern es nicht gelang, am narkotisirten Thiere, bei ungestörter Circulation, einen Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blut der Extremitäten in Bezug auf seinen Gehalt an Trockensubstanz und Fett aufzufinden. Es ist dies besonders bemerkenswerth für das Fett, welches alle anderen Extractivstoffe bei weitem übertrifft.

Mancher wird hierin, wie wir dies bereits oben andeuteten, nur eine Bestätigung der Ansicht von Flügge finden, dass es aussichtslos ist, durch einen Vergleich des Arterien- und Venenblutes Aufschluss über die Funktion eines Organs zu erhalten.

Wäre dieselbe aber in ihrer ganz allgemeinen Fassung richtig, so müssten Angaben wie die von Chauveau und Kauffmann, welche eine Abnahme von Zucker im Blut unter dem Einfluss der Thätigkeit fanden, einer Nachprüfung unterzogen werden.

Im anderen Falle würden die von uns angestellten Versuche die Basis für weitere Untersuchungen über Beziehungen zwischen Function der Organe, speciell der Muskeln, und Fettgehalt des Blutes geben können.