

Beitrag zur Lehre von der Oxydation im Organismus.

von Dr. **Andreas Takács** aus Budapest.

(Aus dem physiologisch-chemischen Institute in Strassburg).

(Der Redaktion übergeben am 16. November.)

Weil wie bekannt die Oxydation in den thierischen Organen eine Zeit lang nach dem Tode fort dauert, — Beweis dafür ist das Steigen der Temperatur nach erfolgtem Absterben, — so wirft Professor Hoppe-Seyler die Frage auf: ob die Umwandlungsprocesse in den Geweben auch dann fort dauern, wenn alles Oxygen aus dem Blute entfernt ist? —

Bevor ich jedoch auf diese Frage selbst näher eingehe, bin ich genöthigt die diesbezüglichen Experimente in der Reihenfolge kurz aufzuführen, wie dieselben von mir angestellt wurden; es wird daraus dann der mich leitende Gedankengang zu Tage treten.

Zur Lösung dieser Aufgabe galt es zunächst zwei gleiche Organe im Körper auszuwählen, von denen das eine unter möglichst normalen Verhältnissen, das andere nach bestimmten Eingriffen untersucht werden konnte.

Diesen Anforderungen entsprechen am meisten die beiden Hinterläufe des Kaninchens; in denen ich die quantitative Bestimmung des Glycogens, Zuckers, der Milchsäure und der Fettsäuren ausführte.

Zur Wahrung des physiologischen Verhältnisses — also der angeführten Bestandtheile — habe ich demnach die Arteria cruralis eines Schenkels des Versuchstieres rasch unterbunden und denselben mittelst energischen Kreisschnitts abgetrennt.

Die Muskeln wurden hierauf aus der Haut und von den Knochen gelöst, gewogen und nun in siedendes Wasser geworfen, welche Procedur von der Unterbindung der Art. crur. an etwa $1\frac{1}{2}$ Minute in Anspruch nahm.

Hierauf blieben die Muskeln etwa durch 5 Minuten in der Siedflüssigkeit, wodurch erfahrungsgemäss die sonst eintretenden chemischen Prozesse aufgehhalten werden.

Der zweite Schenkel des Thieres wurde zur genaueren Beobachtung der durch die erste Procedur eingeleiteten Verhältnisse — ohne weitere Einflussnahme auf das Thier — nach 15 Minuten genau wie der erste abgetrennt und damit verfahren wie oben.

Die Muskulatur beider Schenkel wurde — jeder für sich — den folgenden chemischen Proceduren unterworfen.

Die gekochte Muskulatur wurde nach dem Abfiltriren der Flüssigkeit in einem Porcellanmörser fein verrieben; hierauf die filtrirte Flüssigkeit abermals aufgegossen, gekocht und dann durch 6—10 Stunden stehen gelassen.

Nun wurde die Flüssigkeit filtrirt, der Rückstand mit heissem Wasser vollkommen ausgewaschen, endlich die so gesammelten Extracte auf dem Wasserbade (von 1000—1500 auf 60—70 Ccm.) eingedampft.

1. Diese eingedampfte Flüssigkeit gab nach Zusatz von 3—400 Ccm. Alkohol einen Niederschlag, aus welchem ich das Glycogen — nach erfolgter Filtration und Lösen in Wasser — nach der Brücke'schen Methode bestimmte.

2. Die vom Glycogen abfiltrirte reine alkoholische Lösung wurde auf dem Wasserbade bis zu 30 Ccm. eingedampft, und in einen Kolben gegossen; 40 bis 50 Ccm. Wasser und 10 Ccm. diluirte Schwefelsäure hinzugefügt, um die organischen Säuren in Freiheit zu setzen, dann der Kolben mit einem Liebig'schen Kühlapparat verbunden und die Flüssigkeit auf freiem Feuer bis zur Hälfte abdestillirt. Das Destillat musste die Ameisensäure, die Essigsäure und Buttersäure enthalten. Von der Einzelbestimmung dieser Bestandtheile musste ich wegen der geringen Menge derselben absehen. Um sie zusammen zu wägen, wurde nun zur destillirten Flüssigkeit Barytwasser, wodurch die Fettsäure gebunden und fettsaures Baryum gebildet wurde, gefügt, das überschüssige Baryum durch eingeleitete Kohlensäure gefällt und nunmehr die abfiltrirte Flüssigkeit in einem Por-

cellantiegel gänzlich eingedampft. Das rückständige Baryumsalz wurde bei 110° C. getrocknet, gewogen.

3. Den im Kolben nach Destillation der Fettsäuren gebliebenen Rückstand zog ich nach erfolgter Abkühlung mit überschüssigem Aether aus. Hierauf wurde der Aether aus dem Extrakt abdestillirt und der Rückstand mit Zinkoxyd gesättigt; dann filtrirt. Im so gewonnenen reinem Filtrate war nunmehr das milchsaure Zink enthalten, welches im kleinen Becherglase nach Verdampfung aller Flüssigkeit und gänzlichem Trocknen gewogen wurde.

4. In der — nach Aetherextraction zurückgebliebenen schwefelsauren Lösung musste nun der Zuckergehalt bestimmt werden. Dies geschah — nach Saturation der Schwefelsäure — mittelst Titrirung mit Fehling'scher Lösung.

Da aber bei der ersten Analyse sich ergab, dass die chemischen Bestandtheile der zweiten — also nach Verlauf einer Viertelstunde — abgetrennten Extremität eine geringere Menge ergaben, als die des ersten Schenkels, so musste vor allem entschieden werden, ob hiebei nicht ein zufälliges Zusammentreffen obwalte, obschon vom Glycogen bekannt ist, dass es bei erhöhter Muskelaction schwindet. — Aus diesem Grunde wurde das geschilderte Verfahren noch an zwei anderen Versuchsthieren ausgeführt.

Die Resultate von diesen drei Untersuchungen sind aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich.

Die Zahlen I. II. III bezeichnen die Versuchsreihen; α) die erste Extremität; die danebenstehende Ziffer gibt das Gewicht der betreffenden Muskel an; β) die zweite — nach 15 Minuten abgetrennte Extremität; die danebenstehende Ziffer wie bei α). — (Zur leichten Uebersicht habe ich die Procentsätze derselben Verbindung in beiden Extremitäten — mittelst Klammern verbunden.)

A.

Untersuchte Bestandtheile	Schenkel.	I.		II.		III.	
		$\alpha = 58$ gr. $\beta = 60$ gr. gefundene Menge.	%	$\alpha = 51$ gr. $\beta = 50$ gr. gefundene Menge.	%	$\alpha = 67$ gr. $\beta = 76$ gr. gefundene Menge.	%
Glycogen.	α	0.069	0.119	0.021	0.041	0.100	0.149
	β	0.053	0.088	0	0	0.011	0.013
Zucker.	α	0.085	0.146	0.068	0.133	0.091	0.135
	β	0.070	0.116	0.054	0.108	0.074	0.097
Milchsäure.	α	0.525	0.905	0.350	0.686	0.391	0.583
	β	0.251	0.418	0.230	0.460	0.438	0.577
Fettsäuren.	α	0.102	0.175	0.023	0.045	0.024	0.036
	β	0.090	0.150	0.028	0.056	0.020	0.026

Aus dieser Zusammenstellung erhellt, dass die Mengen der genannten Stoffe in den zuerst abgeschnittenen Schenkeln entschieden grösser sind, als in den zugehörigen — nach 15 Minuten — abgetrennten zweiten Schenkeln.

Eine Ausnahme von diesem allgemeinen Ergebnisse machen bloss die fetten Säuren in der Versuchsreihe II. Der Grund dafür liegt aber in dem Umstande, dass nach Abfiltriren des kohlensauren Baryts die sich bei der Destillation gewöhnlich bildenden kleinen Flocken von kohlensaurem Baryt dieses einmal durch Abfiltriren nicht entfernt wurden.

Nun schritt ich zur Lösung der Eingangs aufgestellten Frage und zwar dadurch, dass ich auf den Rath von Prof. Hoppe-Seyler nach der Amputation des einen Schenkels das Versuchsthier mittelst Schwefelwasserstoffgas vergiftete, bekanntlich einer Substanz, die im Blute Oxygen mit grosser Vehemenz absorbiert.

Durch solches Vorgehen sollte das im Thier zurückgebliebene Blut seines disponiblen Oxygens gänzlich verlustig gemacht werden und somit sich die chemischen Prozesse im zweiten noch erhaltenen Schenkel vom Blutoxygen unabhängig abspielen, wenn sie eintraten.

Das eingeschlagene Verfahren bestand in Folgendem:

Das im gewöhnlichen Entwicklungsapparate dargestellte, mit Wasser gewaschene Gas wurde in eine mit

mit Wasser abgesperrte Glasglocke geleitet, aus welcher das Gas durch ein Uförmiges Rohr dem Versuchsthier zur Athmung zugeleitet wurde, indem das Rohr aussen in einer Kautschukkappe mündete, die dem Thiere über die Schnautze gezogen wurde. Die Gasglocke war mittelst Aufhängung an einem Faden, der über eine Rolle ging und ein Gewicht an der anderen Seite trug, im Gleichgewicht erhalten.

Sobald dem Thiere das eine Bein amputirt war, wurde ihm die Kappe aufgesetzt. Schon nach 10 Secunden Schwefelwasserstoffgasathmen verfiel es in tonischen, dann clonischen Krampf, schliesslich trat Zittern ein und nach weiteren 15—20 Secunden lag es ohne jedes weitere Lebenszeichen.

Das Thier lebte also vom Beginne der Vergiftung an ungefähr noch 25—30 Secunden.

Der zweite Schenkel wurde nach dem Absterben erst in 10 Minuten abgetrennt. Das bei dieser Gelegenheit aus dem Thiere entströmende Blut war dickflüssig und beinahe schwarzbraun.

Die Untersuchungen der Muskulatur von den — auf obige Weise entfernten — Schenkeln zweier Thiere ergaben folgende tabellarisch zusammengestellte Resultate.

Die Bezeichnungen wie bei Tafel A.

B.

Untersuchte Bestandtheile	Schenkel.	IV. $\alpha = 60$ gr. $\beta = 61$ gr.		V. $\alpha = 92$ gr. $\beta = 88$ gr.	
		gefundene Menge.	%	gefundene Menge.	%
Glycogen.	α	0.014	0.023	0.042	0.046
	β	0.011	0.018	0.039	0.044
Zucker.	α	0.066	0.110	0.062	0.067
	β	0.063	0.108	0.048	0.054
Milchsäure.	α	0.194	0.323	0.189	0.205
	β	0.220	0.360	0.116	0.132
Fettsäuren.	α	0.028	0.046	0.192	0.208
	β	0.037	0.060	0.153	0.174

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass die in Vergleich gezogenen chemischen Stoffe der beiden Schenkelpaare eine

minimale Differenz in dem Procentgehalte aufweisen, dass also trotz den während der Vergiftung aufgetretenen Krämpfen die chemischen Verbindungen in gleichen Verhältnissen fort dauern, und zwar in beiden Schenkeln; die gefundene minimale Differenz ist unzweifelhaft auf Rechnung der Krämpfe zu setzen.

Weiter habe ich einen Controlversuch ausgeführt und zwar derart, dass nach Entfernung des einen Schenkels das betreffende Thier erst nach Verlauf von 15 Minuten vergiftet wurde, worauf die Entfernung des zweiten Schenkels erfolgte.

Die chemische Analyse dieser Schenkel findet in der folgenden Zusammenstellung Ausdruck.

(Bezeichnungen wie bei A. und B.)

C.

Untersuchte Bestandtheile.	Schenkel.	VI.	
		$\alpha = 64$ gr.	$\beta = 76$ gr.
		gefundene Menge.	%
Glycogen	α	0.171	0.267
	β	0.071	0.092
Zucker.	α	0.084	0.131
	β	0.090	0.118
Milchsäure.	α	0.312	0.487
	β	0.333	0.450
Fettsäuren.	α	0.043	0.067
	β	0.026	0.035

Die Zahlen der vorliegenden Tabelle (somit das Verhältniss der Procentuation der Verbindung beider Schenkel zu einander) stimmen abermals mit denen der ersten drei Versuchsreihen (I. II. III.) überein, woraus erhellt, dass die Vergiftung das Verhältniss der Verbindungen nicht alterirt hat.

Die Antwort auf die Eingangs gestellte Frage wird also — gestützt durch die Versuchsreihe IV. V. — bejahend erfolgen müssen.

Denn, wenn die gesuchten chemischen Verbindungen der Versuchsreihe I. II. III. VI. erwiesenermassen im zweiten

Schenkel eine beträchtliche Verminderung aufweisen, hingegen dies in der Reihe IV. V. nicht der Fall ist, obschon die Zeit der erfolgten Amputation des zweiten Schenkels so ziemlich bei allen Fällen übereinstimmt, so ist der Grund dafür lediglich in der Vergiftung zu suchen.

Wenn aber weiter die Vergiftung die Verminderung der gesuchten chemischen Bestandtheile aufhielt, hinwieder aber die Vergiftung die Absorption des Oxygens bewirkte, so kann es nur die Entziehung des Oxygens veranlasst haben, dass eben die Bestandtheile nicht vermindert erschienen. Mit anderen Worten: Die Entziehung des Oxygens im Blute hebt die bezeichneten chemischen Prozesse in den Muskeln (Zersetzung des Glycogens etc.) auf.

Um etwaigen Einwürfen zu begegnen, sah ich mich bewogen, noch einige Untersuchungen mit Rücksicht auf die folgende Frage anzustellen: Wie viel Zeit braucht das Glycogen um nach dem Tode in den Muskeln zu verschwinden? Wie verhält sich das Glycogen im zweiten Schenkel, wenn das Thier vor der Abnahme des ersten mit Schwefelwasserstoffgas getödtet wird?

Die folgenden (VII. VIII. IX.) Untersuchungen wurden deshalb so angestellt, dass nach Tödtung (durch Schlag auf den Kopf) des Kaninchens alsogleich der erste Schenkel abgenommen wurde, der zweite aber in VII. und VIII. erst nach 15 Minuten, in IX. dagegen erst nach 30 Minuten.

Diese Versuche ergaben folgende Resultate;

D. (Die Bezeichnungen wie oben.)

Untersuchte Bestandtheile	Schenkel.	VII.		VIII.		IX.	
		$\alpha = 71$ gr. $\beta = 82$ gr. gefundene Menge.	%	$\alpha = 76$ gr. $\beta = 83$ gr. gefundene Menge.	%	$\alpha = 79$ gr. $\beta = 87$ gr. gefundene Menge.	%
Glycogen.	α	0.113	0.159	0.089	0.117	0.051	0.066
	β	0.079	0.096	0.026	0.030	0	0
Zucker.	α	—	—	0.065	0.085	0.079	0.143
	β	—	—	0.065	0.078	0.065	0.123
Milchsäure.	α	—	—	0.389	0.512	0.306	0.387
	β	—	—	0.397	0.478	0.378	0.435
Fettsäuren.	α	—	—	0.059	0.077	0.041	0.052
	β	—	—	0.079	0.095	0.050	0.057

Aus dieser Tabelle ergibt sich also: 1. dass das Glycogen im zweiten — nach 15 Minuten amputirten (in VII. VIII.) — Schenkel sich bedeutend verminderte, ebenso — mit Ausnahme der Fettsäuren — alle übrigen Stoffe; 2. dass im (in IX.) erst nach 30 Minuten abgenommenen zweiten Schenkel das Glycogen total verschwunden ist, der Zucker sich etwas vermindert hat, dagegen die Milchsäure und Fettsäuren vermehrt sind.

Es ist also ersichtlich: dass das Glycogen in den Muskeln nach dem Tode rasch abnimmt und schon in 30 Minuten verschwindet (in unserem Fall), ferner dass die Milchsäure und Fettsäuren sich dagegen vermehren.

Die Resultate der Untersuchungen nach Schwefelwasserstoffgasvergiftung sind folgende:

(Der zweite Schenkel wurde immer erst nach 30 Minuten entfernt.)

E.

Untersuchte Bestandtheile	Schenkel.	X.		XI.		XII. (Katze).	
		$\alpha = 82$ gr. $\beta = 81$ gr. gefundene Menge.	%	$\alpha = 150$ gr. $\beta = 142$ gr. gefundene Menge.	%	$\alpha = 115$ gr. $\beta = 130$ gr. gefundene Menge.	%
Glycogen.	α	—	—	0.100	0.066	0.133	0.116
	β	—	—	0.089	0.062	0.139	0.108
Zucker.	α	0.068	0.083	0.077	0.052	0.050	0.044
	β	0.066	0.081	0.072	0.050	0.057	0.044
Milchsäure.	α	0.353	0.430	0.534	0.356	0.330	0.287
	β	0.463	0.571	0.450	0.317	0.413	0.318
Fettsäuren.	α	0.104	0.127	0.082	0.054	0.064	0.055
	β	0.083	0.102	0.075	0.052	0.079	0.068

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich: dass, obgleich der zweite Schenkel erst nach 30 Minuten entfernt wurde (während welcher Zeit in einfach getödteten Thieren das Glycogen ganz verschwand), das Glycogen sich gar nicht vermindert hat; ferner dass die übrigen Stoffe beinahe unverändert blieben, mit Ausnahme der Milchsäure, welche im X. u. XII. Versuch bedeutend zunahm.

Demzufolge kann man jetzt mit noch grösserem Nach-

druck sagen: dass die Entziehung des Sauerstoffes im Blute chemische Prozesse in den Geweben aufhebt, sogar die Umsetzung des Glycogens — (was in manchen Beziehungen die bedeutendste ist).

Wie wir ferner sahen, verschwindet das Glycogen in den Muskeln, wenn der Sauerstoff im Blute nicht entfernt ist, rasch, (in unserem Falle schon nach 30 Minuten) bevor noch die Todtenstarre völlig ausgebildet ist.

Die beschriebenen Experimente liefern auch abgesehen von der oben gestellten Aufgabe noch wichtigen Aufschluss bezüglich anderer Fragen.

Während ich auf Grund meiner Experimente die von Chandelon¹⁾ und Weiss²⁾ bei Nervenreizung, Nervendurchschneidung und Arterienunterbindung ausgeführten Beobachtungen und die daraus resultirenden Schlüsse vollinhaltlich anzunehmen vermag, möchte ich dieselbe noch dahin erweitern, dass Qual und Schmerz der Thiere bei den Oxydationen vielleicht auch die hierdurch herbeigeführte beschleunigte Blutcirculation die Zerlegung des Glycogens ebenfalls beschleunigen. Es vermindern sich ferner ausser dem Glycogen — unter den erwähnten Verhältnissen — auch die übrigen untersuchten Bestandtheile (Zucker, Milchsäure und Fettsäuren.)

Eine zweite gewichtige Frage, die seit dem letzten Jahrzehnt vielfach discutirt; aber noch nicht als definitiv erledigt angesehen werden kann, die Frage nämlich, ob die Oxydation im Wesentlichen in den Geweben oder im Blute erfolgt, wird durch meine geschilderten Versuchsergebnisse ihrer Entscheidung näher geführt. Bevor ich jedoch auf diese Beziehungen meiner Versuche näher eingehe, wird es zweckmässig sein, in Kürze die einzelnen Phasen dieses Streites nochmals zu beleuchten.

Auf Grund seiner diesbezüglichen Untersuchungen erklärte Hoppe-Seyler³⁾ im Jahre 1866, dass: «das Oxyhä-

¹⁾ Archiv f. ges. Physiol. Bd. XIII.

²⁾ Jahresb. von Maly, Bd. I. p. 31.

³⁾ Medicinisch-chem. Unters., Berlin, 1876, p. 133.

moglobin und durch dieses das arterielle Blut nur Sauerstoffträger sind,» und ferner: «dass sie (Oxyhämoglobin und Blut Ref.) an die Gefässwandungen Sauerstoff abgeben, dass in der Haut der Arterien, sowie in den Muskeln Oxydationsprocesse erfolgen, welche diese Organe stets frei von Sauerstoff erhalten.»

Hoppe-Seyler tritt also in dieser Abhandlung ganz entschieden dafür ein, dass die Gewebe den Sitz für die Oxydation abgeben, dass die Oxydation im Blute untergeordnete Bedeutung hat, dass das Blut nur Sauerstoffträger, und endlich dass das Blut an die Gewebe den Sauerstoff abgibt und von ihnen die Kohlensäure übernimmt.

Im Gegensatze hierzu behauptete Pflüger¹⁾ — die Ansicht Hoppe-Seyler's entschieden bekämpfend, wonach die Oxydation in's Gewebe verlegt wird —: «dass das lebendige Blut für sich einen recht bedeutenden Stoffwechsel besitzt.» Ferner: «es ist durch diese Untersuchung festgestellt, dass das frische Blut sich nicht indifferent gegen Sauerstoff verhält.»

Aus dem Jahre 1868 lesen wir — gegen Lothar Meyer²⁾ (der gleichfalls behauptet hat, dass das Oxygen durch die Gewebe gebunden werde) gerichtet — die Stelle³⁾: «Wenn das Blutroth die Substanz ist, durch deren Zerlegung die Säuren eine feste Verbindung des freien Sauerstoffes erzielen, so kann das neugefundene Princip nicht zur Erklärung von Oxydationsprocessen im Gewebe herangezogen werden, da das Hämoglobin sich eben nur im Blute und nicht in den Geweben befindet . . .»

Wir ersehen daraus, dass zu dieser Zeit Pflüger ein entschiedener Gegner der Oxydation in den Geweben, und ein Vertheidiger der im Blute sich abspielenden Oxydationsprocesse war.

Auf der Seite Pflüger standen viele; für seine Behauptung trat Zuntz⁴⁾ am energischesten ein.

¹⁾ Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1867, Nr. 21.

²⁾ Zeitschrift f. rat. Med. 1867, VIII, p. 21.

³⁾ Arch. f. ges. Physiol. 1868, p. 361.

⁴⁾ Centralblatt f. med. Wiss. 1867, Nr. 51.

Von diesem Zeitpunkt an wurde vieles für und wider die bisherigen Theorien veröffentlicht; bis 1872 Pflüger ¹⁾ — gegen Ludwig und Schmidt auftretend — und zur Rechtfertigung seiner früheren Angaben zu Anfang der betreffenden Abhandlung folgenden Ausspruch thut: «Was schien unter so bewandten Umständen natürlicher, als die Annahme, dass aus den Geweben sehr leicht oxydirbare Stoffe in das Blut diffundiren, und den Sauerstoff binden, nachdem man erst wusste, dass solche im Körper vorkommen.» — Seiner neueren Ueberzeugung verleiht er in den Worten Ausdruck: «dass trotz alledem die alte Vorstellung die richtige ist, derzufolge der Sauerstoff nach den Geweben wandert und die Kohlensäure von ihnen abstammt.»

Es ist diese Schrift erfüllt von ähnlichen, für die Oxydation in den Geweben eintretenden Stellen, aus denen ich nur noch eine hervorheben will, in der Pflüger zur Stütze dieser Theorie (auf p. 64) den Mangel der Sauerstoffspannung der Gewebe aufführt: «und endlich der die oft vielleicht ebenfalls verschwindende Sauerstoffspannung der Gewebe nicht ausser Acht lässt, . . . noch Niemand Sauerstoff in denselben aufzuweisen vermocht.»

Wenn dieses nicht genügend Beweis dafür wäre, dass Pflüger sich zu der von Hoppe-Seyler aufgestellten Theorie bekannte, so lieferten denselben Stellen aus der 1875²⁾ erschienenen Arbeit, die den nunmehrigen Standpunkt dieses hervorragenden Forschers kennzeichnen.

In dieser Abhandlung — in der er von physiologischen Verbrennungsprozess im lebenden Organismus spricht, — bezeichnet er direkt die Zellen als Sitz der Oxydation und negirt — wie es scheint — jede Theilnahme des Blutes an Oxydationsvorgänge. — Er sagt diesbezüglich: «sobald diese Einfügung (von Eiweiss) in verschiedenen Zellen (Muskel, Gehirn, Drüsen, Ref.) stattgefunden hat, hat es seine Indifferenz gegen Sauerstoff verloren, d. h. beginnt zu athmen, zu leben.» «Das Eiweiss des Blutes ist im lebendigen Körper todt, so lange es nicht Zellensubstanz ist.»

¹⁾ Archiv f. ges. Physiol. VI. «Ueber d. Diffusion d. Sauerstoffs etc.

²⁾ Arch. f. ges. Phys. Bd. X. p. 300.

Dann fährt er fort: «Das Hämoglobin ist somit für den Körper der lebhaft respirirenden Vertebraten nur ein bequemer Lastwagen von grosser Capacität.»

Mit derselben Frage beschäftigt sich Oertmann¹⁾ und erzielt aus seinen Versuchen — an mit Salzwasser ausgespritzten Fröschen — das entschiedene Resultat: dass der Ort der Oxydationsprocesse des Organismus in den Geweben und nicht im Blute sei. — Gegen jene Ansicht aber, dass das Hämoglobin nicht einfach Sauerstoffträger sei, sondern dass sich an demselben der Oxydationsprocess abspiele, führt Oertmann an, dass viele Würmer und Crustaceen etc. in ihrem Blute eben wieder kein Hämoglobin enthalten.

Nur Ludwig und mehrere seiner Schüler haben auch in neuerer Zeit an der Annahme von Oxydationen im Blute festgehalten, ohne jedoch irgend bestimmte Nachweise gegeben zu haben.

Der Gegensatz zwischen Blut und Zellen lässt sich aber bekanntlich nicht streng durchführen, weil das Blut selbst Zellen enthält und Oxydationsprocesse im Blute ganz leugnen, hiesse dann das Vorhandensein dieser Zellen im Blute in Abrede stellen. — Wenn wirklich, wie es Pflüger ausgesprochen hat, jeder Zelle Oxydationsprocesse zukommen, so müssen diese auch im Blute vorhanden sein.

Ich bin mir wohl bewusst, hiermit nichts Neues vorgebracht zu haben; schon die Angaben von Hoppe-Seyler sprechen dies von den farblosen Blutkörperchen aus.

Auch Stroganow²⁾ sagt bei Besprechung der Oxydationsprocesse im normalen und im Erstickungsblute folgendes: «dass das lebendige arterielle Blut 1,066—1,295 p. C. Sauerstoff in eine feste chemische Verbindung überführt,» und weiter von dem aufgenommenen Sauerstoffüberschuss im Erstickungsblute folgendermassen: «Diese Quantität des mehr aufgenommenen Sauerstoffs wurde vom Blute 1. für die Oxydation des Blutes selbst, 2. für die Oxydation der bei der Erstickung gebildeten reducirenden Stoffe gebraucht.»

¹⁾ Arch. f. ges. Phys. 1877. p. 382.

²⁾ ibid. 1876. p. 48.

Während ich nun mit diesem Zwischensatz gegen die in den Geweben auftretende Oxydation zu kämpfen schien, traten meine Untersuchungen entschieden für dieselbe ein.

Wenn wir nämlich in Betracht ziehen, dass (wie die nahe Uebereinstimmung der Procente der einzelnen Stoffe in beiden Schenkeln in obigen Versuchen IV. V., ferner X. XI. und XII. beweist) durch die schnelle Entfernung des Sauerstoffes aus dem Blute durch Schwefelwasserstoffvergiftung die Prozesse der Zersetzung des Glycogens und der übrigen bestimmten Körper, die wir auch grösstentheils als Zersetzungsprodukte des Glycogens ansehen müssen, aufgehoben werden, so kann darüber kein Zweifel sein, dass diese Aenderung des Umsatzes in der Muskelsubstanz selbst und nicht in den Blutcapillaren stattgefunden hat, dass somit die Gegenwart von Sauerstoff zur Zerlegung des Glycogens etc. erforderlich ist. Die Umwandlung von Glycogen in Zucker oder Milchsäure kann freilich nicht wohl selbst ein Oxydationsvorgang sein, es ist vielmehr höchst wahrscheinlich ein fermentativer Process, aber es ist auch nach obigen Versuchen nicht anders denkbar, als dass durch die Entziehung des Sauerstoff entweder die Bildung desjenigen Körpers, der zur Zerlegung des Glycogen erforderlich ist, vereitelt wird, oder sich vielleicht bei Abwesenheit von Sauerstoff ein Körper bildet der diesen Umwandlungsprocess activ verhindert; das Letztere ist jedenfalls wenig wahrscheinlich.

Es sei nun schliesslich gestattet, die Resultate meiner Untersuchung in folgenden Sätzen nochmals zusammenzustellen:

1. Unter den in den Muskeln gebildeten oder ihnen zugeführten Stoffen werden nicht nur das Glycogen, sondern auch Zucker, Milchsäure und Fettsäuren — infolge Aufhörens der Blutcirculation und gesteigerten Muskelcontraction vermindert.

2. Die Entziehung des Sauerstoffes im Blut hebt die Oxydation in den Geweben auf.

3. Das Glycogen in den Muskeln nimmt nach

dem Tode rasch ab und kann wie in unserem Falle schon nach 30 Minuten verschwunden sein; die Milchsäure und Fettsäuren werden hierbei vermehrt.

4. Der Hauptsitz für die Oxydationsprocesse befindet sich in den Geweben.

Herrn Prof. Hoppe-Seyler sage ich für seine gütigen Rathschläge und Leitung meinen verbindlichsten Dank.

Strasburg i. E., November 1878.