heben, dass ich mich niemals als Anwalt der Localisationslehre gefühlt habe, dass, als ich meine Untersuchungen über diesen Gegenstand begann, es mir ganz gleichgültig war, ob die Resultate derselben die eine oder die andere Lehre unterstützen werden, und dass es überhaupt ein Lehrsatz der deutschen Naturforschung ist, nicht für eine irgendwie aufgestellte Anschauung Gründe auf Gründe zu häufen, denn da würde der Fleiss, nicht die Wahrheit den Ausschlag geben — sondern eine correcte Fragestellung und zuverlässige Methoden auszusinnen, und die Beantwortung der Frage der Natur selbst zu überlassen. Uebrigens ist die Thatsache von der Rindenlocalisation ganz unabhängig von der Lehre dass „die Centren“ nicht ineinanderliegen dürfen, oder dass dieselben eine scharfe Begränzung haben müssen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Zürich.)

Die Wirkung hoher Sauerstoffdrücke auf thierische Gebilde.

Von

Karl Lehmann,

med. pract., Assistent am physiologischen Laboratorium in Zürich.

In seinem Werke: „La pression barometrique, Paris 1878“ hat Paul Bert den schädlichen Einfluss hohen Luftdrucks auf eine giftige Wirkung des comprimierten Sauerstoffs zurückgeführt. Seine Versuche erstrecken sich über das ganze Thierreich, namentlich sind aber Vögel und Hunde von ihm berücksichtigt worden. Ueberall zeigte sich, dass eine Erhöhung des Sauerstoffpartiar-

tionen in den Gehirnhemisphären auftritt, so ist doch die Unterstützung, welche dieser Lehre durch ihn zu Theil wird, von höchst zweifelhaftem Werthe.

drucks auf mehr als 3 Atmosphären (entsprechend z. B. einem Luftdruck von 15 Atmosphären) in kurzer Zeit das Leben des Thieres unter Convulsionen, Sinken des Blutdrucks, der Temperatur, der Kohlensäure- und Harnstoffausscheidung gefährdet. Bert fand die Ursache aller dieser Störungen in einer geringen Steigerung des Sauerstoffgehaltes des Blutes, entsprechend einer enormen Vermehrung der Sauerstoffspannung in demselben. Er kommt bei der Prüfung der Symptome der „Sauerstoff-Vergiftung“ zu dem Schlusse, dass sie seien „le résultat d'une surexcitation des centres nerveux“ ähnlich wie bei der Strychnin- und Phenolvergiftung; daneben räumt er aber ein, dass zugleich mit dem Nervensystem auch die andern resistenteren Theile des Organismus leiden.

Zur Erhärtung dieser Annahme hat Bert nur äusserst wenig Material beigebracht: er fand in den 3 in dieser Richtung angestellten Versuchen, dass jedesmal Nerv und Muskeln eines uncompressirten Froschschenkels länger lebten als die der compressirten Seite. Näher gehe ich auf diese Versuche, die ich nicht nachuntersucht habe, nicht ein.

Am ausgeschnittenen Herzen hat Bert nur einmal experimentirt, indem er 4 Froschherzen in Humor vitreus vom Hunde brachte und 2 davon mit 10 Atmosphären „d'un air suroxygéné“ compressirte. Nach 2 Stunden findet er die compressirten: complètement arrêtés, ils ne peuvent pas être rappelés par l'excitation. Die uncompressirten: Les coeurs présentent encore des battements, surtout pour les oreillettes, on peut les exciter.

Ich komme später auf diesen Versuch zurück.

Mein verehrter Lehrer, Herr Professor Hermann, beschäftigte sich während der Sommerferien 1881 mit einer Anzahl Versuche, die die kritische Prüfung von Bert's Angaben zum Zwecke hatten. Er arbeitete dabei mit einem unten näher zu beschreibenden kleinen Apparate, der die Anwendung sehr hoher Sauerstoffspannungen bei gleichzeitiger vollkommener Sichtbarkeit des Objects gestattete. Die allerdings nicht sehr zahlreichen Versuche, durchweg mit reinem Sauerstoff von 12–24 Atmosphären angestellt, ergaben ihm in mehreren Fällen ein unerwartet langes Leben kleiner Thiere (Eidechsen, Frösche, Mäuse, Insecten) gegenüber den Bert'schen Angaben, sowie namentlich ein auffallendes Verhalten von Elementarorganen. So blieb Erregbarkeit und Muskelstrom compressirter Nervenmuskelpreparate Stunden lang constant,

ebenso der Frosthautstrom, das ausgeschnittene Froshherz pulsirte einige Stunden lang bei sehr starkem Drucke, obwohl es bei seiner Kleinheit sofort durch und durch von dem gewaltigen Sauerstoffdruck imprägnirt sein musste.

Diese vorläufigen Resultate schienen eine ausgedehntere Prüfung der ganzen Frage nach dem Grade und der Art der Schädlichkeit des comprimierten Sauerstoffs wünschenswerth zu machen, eine Untersuchung, die mir Herr Professor Hermann, den andere Arbeiten von der Verfolgung dieser Frage abhielten, zu übertragen die Güte hatte. Bei derselben stand mir Herr Professor Hermann stets auf das liebenswürdigste mit seinem Rathe bei, wofür ich ihm meinen besten Dank sage.

Meine Untersuchung beschränkte sich bisher vorwiegend darauf, das Verhalten des ausgeschnittenen Froshherzens in sorgfältig gereinigtem, comprimiertem Sauerstoff und Stickstoff zu beobachten, indem ich es mir fast stets angelegen sein liess, Controlversuche mit Herzen in gewöhnlicher Luft anzustellen.

Ehe ich meine eigenen Versuche darstelle, möchte ich noch kurz die wichtigsten Angaben Bert's über das Verhalten des Herzens im comprimierten Thier erwähnen.

5 Frösche, die einzeln einem Sauerstoffpartiardruck von $2\frac{1}{2}$ —5 Atmosphären ausgesetzt wurden, waren nach 19—43 Stunden reflexlos, schienen todt. Bei vierten derselben schlugen die Herzen beim Oeffnen der Brusthöhle noch. In einem Versuche war das Herz in situ belassen, aber blossgelegt, nach $18\frac{1}{2}$ Stunden waren die Ventrikelcontractionen irregulär und spärlich geworden, die Herzohren contrahirten sich dagegen häufig (40 pro Minute), ein Verhalten wie ich es auch öfters sah.

An den Hunden war bei einer Sauerstoffspannung von 4—6 Atmosphären meist eine auffallende Herzverlangsamung zu beobachten, genauere Angaben fehlen. Das Herz zeigte sich meist als das „ultimum moriens“ an den unter Convulsionen und Lähmungen sterbenden Thieren.

Diese Angaben liessen von vorne herein das Herz als ein gegen Sauerstoffcompression resistentes und deshalb für meine Versuche günstiges Organ erscheinen, sodann kam aus oben erwähnten Gründen die Kleinheit und vor allem die automatische, rhythmische, leicht sichtbare Bewegung für die Wahl dieses Objectes in Betracht.

Für meine Versuche standen mir folgende Apparate zu Gebote: Eine Natterer'sche Compressionspumpe mit 2 zugehörigen schmiedeisernen, etwa 1 Liter fassenden Recipienten, wie sie zur Darstellung der flüssigen Kohlensäure gebraucht werden. In diesen Recipienten bewahrte ich meine gewaschenen, comprimirtten Gase auf, an sie wurde eine kleine von Professor Hermann construirte Gaskammer angeschraubt und aus ihnen gefüllt.

Diese Gaskammer besteht aus einem Glaszylinder von 5 Millimeter Dicke, 73 Millimeter Höhe und 40 Millimeter lichter Weite (Volum 90 Cubikcentimeter), der oben und unten durch eine mit einer Nuthe und Lederring versehene Messingplatte geschlossen wird. Der feste Verschluss geschieht dadurch, dass 3 in die obere Messingplatte eingesetzte Messingsäulen durch entsprechende Oeffnungen der unteren Platte durchgesteckt werden, die an ihrem unteren Ende ein Gewinde tragen, in das sehr stark anziehbare Schraubenmuttern passen. Die obere Platte ist mit einer durchbohrten durch einen Hahn verschlossenen Säule versehen, durch welche das Gas eingelassen wird, indem das obere Säulenende an den eisernen Recipienten angeschraubt wird. Zugleich trägt die obere Platte ein Capillarmanometer mit Quecksilbertropfen, häufig wurde auch die Auffangung des gebrauchten Gases in calibrirten mit Wasser gefüllten Gefässen zur Bestimmung des Druckes angewendet.

Die untere Messingplatte wird durch zwei isolirte Kupferdrähte durchbohrt, die an ihren beiden Enden mit Klemmschrauben versehen sind, um sowohl Ströme aus dem Apparate ableiten, als um darin befindlichen Organen solche zuleiten zu können.

Der sehr handliche Apparat gestattet eine vorzügliche Uebersicht der darin vorgehenden Dinge, er hat Drücke bis zu 30 Atmosphären ausgehalten; doch ist mir auch einmal ein Unfall passirt, den ich zur Warnung glaube mittheilen zu müssen. Der Glaszylinder, der einen ganz feinen, kurzen, oberflächlich scheinenden Sprung davongetragen, aber seitdem wieder mehrere Compressionen gut ausgehalten hatte, explodirte plötzlich auf meinem Arbeitstische, ohne dass eine Viertelstunde lang irgend Jemand im Zimmer gewesen wäre. Der Apparat hatte 20 Atmosphären Sauerstoff enthalten, der Glaszylinder war in unzählige Splitter geborsten, die z. Th. in Papier und Holz in beträchtlichen Entfernungen eingedrungen waren. Seitdem arbeite ich nur noch mit ganz intacten Glaszylindern, die auf das sorgfältigste behandelt werden.

Der Apparat wurde stets unter Wasser aufbewahrt, weil dies die Erhaltung einer viel constanteren Temperatur gestattete als die Aufbewahrung in Luft, und zugleich den Vortheil bot, jedes Entweichen von Gasblasen sichtbar zu machen. Es wurden zur Publication nur vollständig gelungene Versuche verwendet, eine grosse Anzahl, bei denen entweder der Apparat nicht schloss, oder die aus sonst einem Grund nicht einwandfrei waren, wurden von der Berücksichtigung ausgeschlossen.

Im Apparate war stets reichlich für Feuchtigkeit gesorgt durch feuchte Fliesspapierstreifen; in 2 Versuchen, bei denen ich die sich bildende CO_2 ausschliessen wollte und deshalb einen kleinen Tiegel mit Kali-Stücken anbrachte, wurden noch reichlich feuchte Schwämmchen beigegeben. Es erwies sich diese Modification übrigens, wie erwartet, als vollkommen gleichgültig für den Verlauf des Versuchs.

Die Herzen wurden anfangs mit dem Bruststück des Froschs in Verbindung gelassen, und 2 solche Bruststücke mit dem Rücken gegeneinander an einem vertikalen Glasstreifen befestigt; die so erhaltenen Resultate waren mir aber nicht constant genug, und ich wählte daher für alle publicirten Versuche folgende Methode: Es wurden je 3 Herzen zusammen verwendet. Jedes wurde mit Schonung des Venensinus nach Spaltung des Herzbeutels herauspräparirt, indem dasselbe an den durchschnittenen Aorten gehalten wurde. Die herausgenommenen Herzen wurden, stets mit dem Venensinus nach oben (nach Bezold, Virchow's Archiv 14. pag. 228) neben einander auf den Deckel eines Porcellantiegels gelegt, das Blut, das sie auspressten, mit einer feinen Pipette abgesogen und erst, wenn sie nöthigenfalls durch Umlagerung trocken gelegt waren, wurden sie in den Compressionsapparat gebracht, wo es nur sehr selten noch zur Auspressungen von nennenswerthen Flüssigkeitsmengen kam.

Sowie es im geringsten den Anschein hatte, es sei ein Herz etwas verletzt, sowie seine Schlagfolge nach der Entnahme irgend welche grobe Abnormitäten darbot, wurde es sofort durch ein anderes ersetzt.

Die Pulsfrequenz von 3 nebeneinanderliegenden Herzen war meist eine ziemlich ähnliche, 15—20 pro $\frac{1}{2}$ Minute, unmittelbar nach der Präparation zeigten sich manchmal für kurze Zeit 8—27 Pulse pro $\frac{1}{2}$ Minute. Beinahe neben jedem Compressionsversuch wurde

ein Parallelversuch mit 2—3 in gleicher Weise präparirten Herzen gemacht, die ebenfalls auf einem Tiegeldeckel in einem halb mit feuchtem Sand gefüllten gut verschlossenen Glasgefäss auch unter Wasser versenkt wurden. Es kamen *Ranae esculentae* und *temporariae* zur Verwendung ohne bemerkenswerthen Unterschied, und zwar, da die Versuche im November, December und Januar angestellt sind, ausschliesslich Winterfrösche.

Leider zeigen eine ziemliche Anzahl der Versuche den Mangel, nicht bis zu Ende beobachtet worden zu sein, ein Umstand, an dem ich nicht Schuld bin. Die Versuche wurden meist Morgens 10 Uhr nach der Vorlesung, in der ich zu assistiren hatte, begonnen, zwischen 11 $\frac{1}{2}$ und 1 Uhr war die Compression fertig, und ich beobachtete nun bis Abends 8—9 Uhr, ja bis 10 Uhr, was, da unser Laboratorium im Universitätsgebäude liegt, die spätest mögliche Zeit ist.

Der verwendete Sauerstoff wurde ausschliesslich durch Erhitzen von Braunstein und chlorsaurem Kali und Auffangen über Wasser dargestellt.

Anfangs wurde der O ungereinigt angewendet, dann aber, als ich den früheren Stillstand der comprimirten gegenüber den Controlherzen fand, wurde er stets durch 2 Waschflaschen mit Natronlauge, in den letzten Versuchen auch noch durch ein U-Rohr, das mit Natronkalk und Chlorcalciumstückchen gefüllt war, geleitet. — Alle diese Reinigungen hatten auf das Resultat der Versuche keinen Einfluss, ich habe desshalb in die folgende Tabelle auch die Versuche mit ungereinigtem Sauerstoff aufgenommen.

Dagegen mischte sich durch das Waschen und Comprimiren stets etwas Stickstoff dem Sauerstoff bei, über dessen Menge ich jedoch keine genauen Ermittlungen anstellte. Die Zahlen der folgenden Tabelle geben den abgelesenen Sauerstoffdruck ohne Correction an, sind also wohl etwas zu gross; wie die Tabelle zeigt, ist aber der Unterschied der Wirkung von 10 und 16 $\frac{1}{2}$ Atmosphären Sauerstoff auf das Froschherz nicht mehr angebbar, so dass dieser Fehler nichts zu sagen hat.

Die Temperatur des Wassers, in dem die Gaskammer aufbewahrt war, schwankte von 14—16° Cels., selten kamen Temperaturen von 1—2° weniger, sehr selten wenig höhere vor. — Behufs genauer Beobachtung wurde die Gaskammer ab und zu auf Minuten dem Wasser entnommen.

A. Uebersichtstabelle über die Versuche mit comprimierten Sauerstoff.

Nummer.	Sauerstoffdruck.	Lebte länger als Stunden.	Lebte kürzer als Stunden.	Verhalten nach der Decompression.
1	10 $\frac{1}{2}$ —7 At.	9 s. k.	21 $\frac{1}{2}$	Nichts näheres notirt.
2	ungereinigt.	9 s. schw.	21 $\frac{1}{2}$	
3		7 $\frac{2}{3}$	9	
4	11 $\frac{1}{2}$ At.	1 $\frac{1}{4}$	5 $\frac{1}{2}$	Nach 24 Stunden decomprimirt. Auf Berührung treten an allen 3 Herzen noch einzelne Contractionen auf.
5	ungereinigt.	5 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	
6		7 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	
7	13—11 At.	9	9 $\frac{2}{3}$	Nach 24 Stunden decomprimirt. Ventrikel in Diastole. Auf Berührung mit Pincette hin werden alle 3 Ventrikel durch idiomusculäre Contractionen ganz erigirt. Vorkammer durch mehrfache Berührung in 2 Stunden lang, kräftig andauernde Pulsationen versetzt. Nach 5 Stunden unerregbar.
8	ungereinigt.	9 $\frac{2}{3}$	10	
9		7	8	
10	12 $\frac{1}{2}$ At.	5	8	Ventrikel in Diastole. Gibt idiomusculäre Contractionen. Auf lokale Reize keine Contractionen in toto oder in irgend welcher Rhythmik.
11	gereinigt.	8 s. schw.	22	
12		8 s. schw.	22	
13	13 At.	8	9	Nach 24 Stunden decomprimirt. Ventrikel in Diastole. Vorhöfe lassen sich in kurze Contractionsgruppen auf mechanische Reize versetzen. Ventrikel nur idiomusculäre Contractionen. 9 $\frac{1}{2}$ Stunden nach Decompression: Herzen todt.
14	gereinigt.	8	9	
15		8	9	
16	16 $\frac{1}{2}$ At.	1	6	Erst nach 3 mal 24 Stunden decomprimirt, Herzen todtstarr, blass.
17	gereinigt.	7 s. schw.	48 (wohl viel früher.)	
18		7 s. schw.	48 (wohl viel früher.)	
19	14 $\frac{1}{2}$ At.	8 $\frac{1}{2}$ s. schw.	20 $\frac{1}{2}$	Nach 24 Stunden langsam decomprimirt. Keine spontane Bewegung trotz langen Zuwartens. Auf Berührung nur idiomusculäre Contractionen der in Diastole stehenden Ventrikel.
20	gereinigt.	6	8 $\frac{1}{2}$	
21		6	8 $\frac{1}{2}$	

Anmerkung: Die in der 3. Col. stehenden Buchstaben „s. schw.“ resp. „s. k.“ bedeuten, dass die Contractionen zu der betreffenden Zeit sehr schwach resp. sehr kräftig waren. Nr. 17 u. 18 wurden nach 24 Stunden nicht beobachtet, erst nach 48 Stunden.

Die Dauer der Contractionen wurde nach der letzten Bewegungspur bemessen, die an Venensinus oder Herzohr noch wahrzunehmen war, was jedesmal 3—4 Stunden länger dauerte als das Verschwinden der letzten Kammercontraction. Die Beobachtung der fast erlöschenden Contractionen wurden stets mit grosser Sorgfalt ausgeführt und öfters 10—15 Minuten darauf verwendet.

Betrachten wir die vorstehende Tabelle, so fällt uns sofort auf, dass bei keinem einzigen Herzen länger als $9\frac{2}{3}$ Stunden Contractionen beobachtet sind, dass dagegen um diese Zeit von 22 Herzen 14 stillstanden, während die andern (mit einer einzigen Ausnahme), als die Beobachtung unterbrochen werden musste, nur noch minime, oft sehr schwer sichtbare Contractionen einzelner Vorhofstellen aufwiesen, und kein einziges Herz am andern Morgen d. h. nach 20—22 Stunden in spontaner Contraction gefunden wurde. Ich bin fest davon überzeugt, dass die allergrösste Mehrzahl dieser Abends minim pulsirenden Vorhöfe in 1—2 Stunden auch zur Ruhe gekommen sind, da bei der Compression mit Sauerstoff die Abnahme der Ausdehnung und Intensität der Compressionen, sowie die ersten Stunden vorbei sind, eine sehr rasche ist.

Wir dürfen also sagen: Nach 10 Stunden circa hat die Mehrzahl der Herzen bei einem Druck von 9—16 Atmosphären Sauerstoff zu schlagen aufgehört, länger als 22 Stunden hat sicher keines geschlagen.

In der letzten Colonne der Tabelle habe ich einige Beobachtungen über das Verhalten der Herzen nach der Decompression niedergelegt. Es geht daraus ganz allgemein hervor, dass die in der Diastole befindlichen Herzen nach 24stündiger Compression noch einen Rest von Lebensfähigkeit bewahrt haben, an idiomuskulären, wulstförmigen Contractionen der Ventrikel auf Berührung fehlte es nie, und es gelang häufig grössere oder kleinere Gruppen von Vorhofcontractionen auf Berührung hervorzubringen. —

Ich theile das Protokoll von einem meiner Versuche etwas ausführlicher mit, um daran noch einige Bemerkungen über nebenbei beobachtete Erscheinungen zu knüpfen.

3 mittlere Esculentae. Herzen präparirt wie oben beschrieben.

Die Pulszahlen verstehen sich pro halbe Minute.

Zeit.	Druck.	Nr. 19.	Nr. 20.	Nr. 21.	Temp.
6. I. 12,20	$\frac{1}{5}$	19—20 kräftig.	13 kräftig.	13 kräftig.	14°
12,34	$\frac{1}{5}$	14 kräftig.	8 kräftig.	14 kräftig.	
12,37	$14\frac{1}{2}$	17 kräftig.	6 kräftig. Vorhöfe 2—3 mal rascher.	18—19 kräftig.	
12,46	"	16 kräftig.	8 kräftig.	16 kräftig.	15 $\frac{1}{2}$ °
1,—	"	12—13 kräftig.	8 kräftig.	16 kräftig.	
3,—	"	13 zieml. kräftig.	3—4 kräftig.	13 kräftig.	
4,—	"	Kraft der Ventrikel vermind.	Kraft der Ventrikel vermind.	Kraft der Ventrikel vermind.	
5,—	"	idem	idem.	idem.	
6,30	"	Keine deutliche Ventrikel-Contraction mehr. Vorhof zeigt schw. Pulsation.	Ventrikel kräft. 3—4. Vorhof ziemlich öfter.	Ventrikel 3—4 ziemlich kräftig. Vorhof ziemlich öfter.	15 $\frac{1}{2}$ °
8,10	"	Vorhof zeigt noch spurweise Contractionen.	Ruhe.	Ruhe.	
7. I. Morg.					
8,30	"	Ruhe.	"	"	
10,—	"	"	"	"	

Darauf Decompression.

Wir haben in diesem Beispiel in N. 19 und N. 21 den gewöhnlichen Verlauf eines Compressionsversuchs. Durch die Compression wird für $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde gewöhnlich (zuweilen noch für länger) die kräftige Intensität der Contraction zu einem Maximum gesteigert, dabei ist (wie hier) häufig die Frequenz vorübergehend etwas vermehrt, doch kann diese Vermehrung auch fehlen, ja sogar eine kleine Verlangsamung habe ich ab und zu beobachtet, doch achtete ich nicht in allen Fällen genauer auf die Frequenz.

Nach 4 Stunden fängt in obigen beiden Versuchen wie gewöhnlich die Ventrikelthätigkeit, die bis dahin ziemlich unverändert war, an, sich zu verlangsamen, zu erlahmen, im Laufe der nächsten 1—2 Stunden kommt es zum Ventrikelstillstand (oft noch früher) und nun schlagen die Vorhöfe noch einige Stunden fort. — Der Versuch N. 20 bietet mit seiner geringen Anzahl Contractionen einen Fall dar, wie er nicht häufig beobachtet wurde.

Ich komme zu den Controlversuchen an uncompressirten Herzen in Luft.

Die Resultate derselben ¹⁾ sind untereinander, ganz wenige Ausnahmen abgerechnet, eben so übereinstimmend wie die der Versuche mit comprimirtem Sauerstoff unter sich, da die Frösche, die dazu verwendet wurden, aus derselben Quelle bezogen waren, die Temperatur bei allen Versuchen etwa die gleiche 14—16° (seltene Extreme 12 und 17°), und ebenso die Präparationsweise ganz die gleiche blieb.

Zu der folgenden Tabelle bemerke ich, dass eine Anzahl Versuche nach 2 mal 24 Stunden und mehr abgebrochen wurde, weil mir diese Leistung vollkommen genügte im Vergleich mit der der comprimierten Herzen.

B. Uebersichtstabelle über die Controlversuche in Luft zu denen in comprimirtem Sauerstoff.

Nr.	Controlversuche zu Nr. der Tabelle A.	lebte länger	lebte kürzer als
		als	Stunden.
1	Die zugehörigen Compressionsversuche sind verunglückt.	24	48
2		28	unbeobachtet.
3		8½	31½
4	Zu Nr. 1, 2, 3.	48	unterbrochen.
5		48	unterbrochen.
6	Zu Nr. 7, 8, 9.	10	22
7		22	24
8	Der zugehörige Compres- sionsversuch unbrauchbar.	48	unterbrochen.
9		48	unterbrochen.
10	Der zugehörige Compres- sionsversuch unbrauchbar.	36	46
11		24	36
12		36	46
13	Zu Nr. 10, 11, 12.	46	56
14		56	unterbrochen.
15		56	unterbrochen.

1) Ich bin oben nicht auf das Eingangs erwähnte Experiment Bert's am ausgeschnittenen Froschherzen eingegangen, weil seine Controlherzen, die nach 2 Stunden schon eine starke Schädigung zeigten, mir deutlich gegen die Zulässigkeit der Aufbewahrung des Herzens im Humor aqueus des Hundes zu sprechen schienen.

Auch die Castell'schen Versuche über das Froschherz in verschiedenen Gasen (Archiv f. Anat. u. Physiolog., 1854, p. 226) sind für Vergleiche nicht verwendbar, da er das Herz unter normalem Drucke bei Zimmertemperatur in Luft nur ca. 3 Stunden schlagend fand, also jedenfalls wie auch schon

Aus dieser Tabelle folgt sofort, dass bei 14—16° das ausgeschnittene Froschherz meist über 24, öfters über 48, ja bis 56 Stunden schlägt, und dass ein Absterben nach 8—10 Stunden, wie es für Herzen unter starker Sauerstoffcompression die Regel ist, hier eine ganz seltene Ausnahme bildet, bei der man immer unwillkürlich daran denkt, ob das betreffende Herz auch nicht etwa verletzt war etc. Allerdings standen die Ventrikel oft ziemlich parallel mit denen in comprimiertem Sauerstoff still, und die längere Lebensdauer betraf namentlich die Vorhöfe.

Es folgt also ohne weiteres, dass die Compression mit Sauerstoff eine entschiedene Schädigung ist, auf deren Würdigung ich aber erst nach Erwähnung des 3. Theiles meiner Versuche eingehen will.

Um zu ermitteln, ein wie grosser Theil der Schädlichkeit des comprimierten Sauerstoffs auf Rechnung des Drucks an sich komme, lag es sehr nahe Versuche mit dem indifferenten Stickstoff zu machen, dem man soviel Sauerstoff beimischte, dass die normale Sauerstoffspannung von $\frac{1}{5}$ Atmosphäre neben einer möglichst hohen Stickstoffspannung erreicht würde. Es galt also möglichst reinen Stickstoff in meinen mit gewöhnlicher Luft gefüllten Glasrecipienten aus dem Eisenrecipienten einströmen zu lassen.

Den N stellte ich auf den freundlichen Rath von Herrn Prof. Victor Meyer in folgender Weise dar:

- 1 Theil Ammoniumnitrat,
- 1 Theil käufliches Natriumnitrit,
- 1 Theil doppeltechromsaures Kali

werden mit 3 Theilen Wasser vorsichtig erwärmt, da die Reaction, wenn sie einmal eingeleitet ist, sehr stürmisch eintritt. Etwas mehr Wasserzusatz vermindert die Heftigkeit der Reaction, scheint aber auch die Menge des gebildeten Stickstoffs zu vermindern.

Das so erhaltene Gas wurde durch 1 Flasche mit Natronlauge, eine mit Schwefelsäure und durch das oben erwähnte U Rohr in ein zweites Gasometer geleitet.

In 2 Untersuchungen stellte sich heraus, dass der Inhalt des Eisencylinders etwa 2—3% Sauerstoff enthalte, eine Sauerstoff-

Bernstein nachwies, eine Anzahl wichtiger Vorsichtsmassregeln ausser Acht liess. — Ganz gut stimmen dagegen meine Erfahrungen zu denen, die Aubert von Valentin und sich in Hermann's Handbuch darlegt, freilich indem er sie als durch besonders günstige Umstände bedingt darstellt.

C. Uebersichtstabelle über die Versuche mit comprimiertem Stickstoff bei normalem Sauerstoffdruck.

Nr.	Druck.	Stunden.		Bemerkungen.
		Lebte länger als	Lebte kürzer als	
1	12 At.	25	Unterbrochen obwohl alle 3 Ventrikel sich noch kräftig contrahirten.	Nach der Decompression nach 44½ Stunden treten auf Anstossen hin bei allen dreien idiomusculäre Ventrikelcontractionen auf; in Nr. 5 und 6 auch Pulsationsgruppen der Vorhöfe.
2		25		
3		25		
4	16—12 At.	29 Auch Ventrikel noch sehr deutlich.	44½	Nach Decompression nicht beobachtet.
5		6¼ Ventrikel kräftig.	24	
6		6¼ Ventrikel kräftig.	24	
7	13 At.	30¾ Vorhof.	48	Nach 120 Stunden decomprimirt. In Luft gebracht schlagen die Vorhöfe von allen dreien noch 9 Stunden. Nach 24 Stunden schlagen noch 10 u. 11 sehr deutlich. Nach 36 noch 10, die beiden anderen zeigen nur noch idiomusculäre Contractionen. Unterbrochen.
8		8 Ventrikel kräftig.	23	
9		48 spurweise.	Unterbrochen.	
10	13 At.	9½ Ventrikel s. kräftig.	24	
11		120 Vorhof kräftig.	Unterbrochen.	
12		9½ Ventrikel s. kräftig.	24	

Anmerkung: Die Bemerkungen in der 3. Col. beziehen sich auf den Zustand des Herzens nach Verlauf der durch die Zahl bezeichneten Stundenzahl.

menge, die für meine Zwecke gleichgültig ist, da eine Erhöhung des Stickstoffpartiardrucks auf 15 Atmosphären die Sauerstoffspannung höchstens auf $\frac{45}{100}$ Atmosphären bringt, wozu noch die $\frac{1}{5}$ Atm. kommt, die der Glascylinder vor der Compression enthielt. Dies schien vernachlässigt werden zu dürfen, und der Erfolg zeigte denn auch, dass von einer bedeutenden Schädigung nicht wohl die Rede sein kann. Noch mehr als bei den Sauerstoffversuchen störte bei diesen Versuchen, dass das zu Ende Beobachten auf sehr grosse Schwierigkeiten stiess, indem häufig Abends die Herzen sehr kräftig schlugen und am Morgen regungslos gefunden wurden.

Von 16 Herzen schlugen bei allen nach 6—10 Stunden die Ventrikel noch kräftig, bei 7 Herzen dauerte das Pulsiren länger als 24 Stunden, zu welcher Zeit auch die Ventrikel noch häufig in lebhafter Thätigkeit waren. Ich muss zugeben, dass diese Versuchsergebnisse noch nicht so übereinstimmend sind, wie sie es wohl sein könnten, doch schien es mir namentlich auf diejenigen Versuche anzukommen, die eine lange Lebensdauer bewiesen, Versuche, wie ich bei der Compression mit Sauerstoff keinen einzigen zu verzeichnen hatte. Es zeigt sich regelmässig nach der Compression die Intensität der Contraktionen auf ein Maximum gesteigert (ganz ähnlich wie bei der Sauerstoffcompression), auch hier lässt sich zuweilen eine geringe Beschleunigung beobachten.

In den Versuchen, die nach 24 Stunden schon zu Stillstand geführt haben, fällt als charakteristisch das ausnahmslose, kräftige Schlagen der Ventrikel zu einer Zeit auf, wo die mit Sauerstoff comprimierten Herzen höchstens noch Contractionsspuren der Vorhöfe aufweisen.

Wenden wir uns nun zum Schlusse zu einem Ueberblick unserer Resultate, so zeigt sich die Compression mit Sauerstoff als eine ziemlich beträchtliche, die mit Stickstoff (bei normalem Sauerstoffdruck) theils als eine geringe, theils als gar keine Schädlichkeit.

Die nachtheilige Wirkung des comprimierten Sauerstoffs kann also nicht der mechanische Effect des Drucks sein.

Bedenkt man nun, dass bei der Kleinheit des Organs jedes Theilchen sofort der vollen Wirkung des hochgespannten Sauerstoffs ausgesetzt sein muss, die Lebensprocesse aber stundenlang fast ungestört fort dauern, so kommt man zu der Vorstellung, dass

die nachgewiesene Schädlichkeit der hohen Sauerstofftension nicht den Character eines unmittelbaren Giftes hat.

Auf eine befriedigendere Erklärung schien folgender Gedanken- gang zu führen: Nach den neueren Anschauungen über das Wesen der Lebensvorgänge, wie wir sie namentlich Hermann und Pflüger verdanken, finden in der lebenden Zelle Spaltungsprocesse statt, die (namentlich beim Kaltblüter) lange Zeit ohne Sauerstoff- zufuhr fortdauern können. Schliesslich hören sie aber auf, wenn nicht durch das Hinzutreten von Sauerstoff auf dem Wege der oxydativen Synthese neues spaltungsfähiges Material gebildet wird.

Es wäre nun möglich, dass im comprimierten Sauerstoff das Uhrwerk, das im Herzen aufgezo- gen ist, zwar ungestört ablaufen könnte, dass aber ein neues Aufziehen desselben unterbleiben müsste, mit einem Worte, dass comprimierter Sauerstoff vom Herzen nicht oder nur in sehr geringem Maasse zur Restitution seiner spaltungs- fähigen, spannkraftführenden Substanzen verwendet werden könnte.

Nicht übel stimmen die von mir am Froschherz gefundenen Resultate zu den Ergebnissen der Untersuchung von van Overbeek de Meijer („Over den invloed van zuurstoffgas onder hoogere drukking op lagere organismen en levende grondvormen.“ — Onderzoekingen gedaan in het physiologische laboratorium der Utrechtsche hoogeschool. Derde reeks VI. Utrecht 1881.)

Er untersuchte namentlich Flimmerhaare von verschiedenen Thieren in der Donders'schen Gaskammer und fand, dass Sauerstoffdruck von 8 Atmosphären die Flimmerbewegung der Austerkiemen rasch zum Stillstand bringt, dass nach der Decompression die Bewegungen aber rasch wiederkehren; andere Flimmerhaare, zum Beispiel von der Süsswassermuschel, hielten eine Compression mit 10—12 Atm. Sauerstoff mehrere Stunden ohne Nachtheil aus, während das Flimmerepithel des Froschrachens sich viel empfindlicher gegen Compression zeigte. (Vergl. eine gegentheilige Angabe Tarchanoff's bei Engelmann in Hermann's Handb. I., p. 400.) Aehnliche Resultate erhielt er an Spermatozoen, Infusorien, jungen Barsehen etc., wobei bald eine etwas grössere bald etwas geringere Resistenz gefunden wurde. Am widerstandsfähigsten blieben Bakterien, die selbst nach zweimal 24 Stunden bei 12 Atmosphären theilweise noch Bewegungen zeigten.

Am ausgeschnittenen Froschherzen scheint van Overbeek de Meijer nur einen oder wenige Versuche gemacht zu haben und

zwar von einem anderen Gesichtspunkt aus als ich, er beobachtete nicht die Lebensdauer, sondern die Pulsfrequenz in erster Linie, die er [in dem einzigen und zwar noch dazu sehr kurz von ihm erwähnten Versuche] nach einer geringen anfänglichen Zunahme bei 10 Atmosphären Sauerstoff nach 41 Minuten plötzlich auf die Hälfte der ursprünglichen Zahl sinken sah; mehrmaliges Erhöhen und Vermindern der Spannung erhöhte auch wieder die Schlagfolge auf das normale, oder setzte sie wieder von neuem auf die Hälfte herab.

Van Overbeek de Meijer kommt durch seine Erfahrungen zu ähnlichen Schlüssen wie ich, auch ihm ist der comprimirte Sauerstoff eine Schädlichkeit zweiten Rangs, die lange Zeit das Leben latent macht, ehe sie es vernichtet. Ganz anders verhält sich, wie der Autor an einer Reihe der von ihm auch in comprimирtem Sauerstoff untersuchten Gebilde zeigt, das Wasserstoffhyperoxyd, das selbst in sehr schwachen Lösungen ein Gift ist, dessen Wirkung weit die Schädlichkeit des comprimирten Sauerstoffs hinter sich lässt (entgegen den Angaben von Regnard und Guttman, die die Wirkung des comprimирten Sauerstoffs auf die von Wasserstoffhyperoxyd zurückzuführen versuchten).

Auf die Polemik van Overbeek's gegen Bert trete ich nicht ein und die von dem holländischen Forscher allerdings nur als bescheidene Vermuthung gegebene Erklärung: „Der comprimирte Sauerstoff wirke dadurch schädlich, dass er mit dem Protoplasma eine undissociirbare, also für das Leben nutzlose Verbindung bilde,“ erwähne ich auch nur, ohne auf eine Kritik derselben einzugehen, ehe ich für meine Vermuthung mehr Beweise beibringen kann.

Pflüger hat in seiner bekannten Arbeit: „Die physiologische Verbrennung in den lebenden Organismen“ (Pflügers Archiv Band X.) namentlich auf das Resultat Bert's Gewicht gelegt, dass die Stoffwechselproducte (CO_2 und Harnstoff) bei den Thieren im comprimирten Sauerstoff vermindert gefunden wurden. Er stellt darauf die Vermuthung auf: der Tod trete ein, „weil die Zelle die Fähigkeit sich Sauerstoff zu nehmen, verloren habe.“ Da Pflüger aber grade in dieser Arbeit die Rolle des Sauerstoffs als Restitutionsmittel so sehr betont hat, so glaube ich, diesen Ausspruch so deuten zu dürfen, dass auch Pflüger an verhinderte Restitutionsprocesse gedacht habe, wodurch allerdings erst mittelbar die Stoffwechselproducte vermindert würden.

Pflüger's sinnreicher Vergleich der comprimierten Zelle mit dem Phosphor, der in reinem Sauerstoff nicht leuchtet, veranlasste mich, über diesen letzteren Gegenstand eine Reihe von bis jetzt noch nicht abgeschlossenen Versuchen zu machen, über welche ich gleichzeitig mit einer Serie neuer Experimente über das Frosherz in Kürze hoffe berichten zu können.

Ich hätte wohl auch mit der Publication des hier vorliegenden seit 8 Wochen vollendeten ersten Theils meiner Arbeit noch gewartet, wenn mir nicht Herr Professor Hermann einen ihm soeben zugegangenen Separatabdruck einer vorläufigen Mittheilung von E. de Cyon an die Pariser Academie (datirt vom 20. Februar 1882) mitgetheilt hätte, worin sich dieser Forscher nach unter schwachem Druck (bis 3 Atmosphären Sauerstoff) an Hunden gemachten Versuchen zu dem Schlusse für berechtigt hält:

„L'oxygène n'est nullement un poison spécial pour l'organisme.“

Ueber subjective Schwankungen der Intensität acustischer Empfindungen.

Von

Victor Urbantschitsch

in Wien.

Bei meinen Hörversuchen fiel es mir auf, dass die Intensität der Gehörsempfindungen bei den meisten Versuchsindividuen stete Schwankungen erkennen lässt, die zuweilen nur unbedeutend häufig, jedoch sehr beträchtlich erscheinen.

Derartige Schwankungen treten sowohl beim monotonen als beim binotonen Hören, beim letzteren jedoch viel auffälliger hervor.

Auf einer ungleichen Perzeptionsfähigkeit des Hörorganes beruht wohl die von mir bereits bei Besprechung des Abklingens acu-