Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung rascher Veränderungen des Luftdruckes auf den Organismus.

Von

**DDr. Richard Heller, Wilhelm Mager,
Hermann von Schrötter**
in Wien.

Mit 16 Textfiguren.

Ueberblickt man die zahlreichen Theorien, die bisher zur Erklärung der pathologischen Effecte, wie sie durch bedeutende Aenderungen des barometrischen Druckes, insbesondere durch den raschen Uebergang von einem bedeutend erhöhten Druck auf den herrschenden Luftdruck gesetzt werden, so sind es hauptsächlich zwei grosse Gruppen von Auffassungen, die sich unterscheiden lassen.

Die eine Gruppe von Autoren erklärte die asphyetischen Zufälle, die Paralysen und Paraplegien, die einer raschen Decompression folgen können, als durch mechanische Momente bedingte Folgezustände einer abnormen Blutvertheilung unter erhöhtem Druck.

Einige fassten direct eine Congestion der inneren Organe (Pol und Watelle, Babington und Cuthberth u. A.) oder eine solche gefolgt von Hämorrhagien als den ätiologischen Factor der Erscheinungen auf, andere zogen eine der Hyperämie in comprimierter Luft folgende reactive Anämie in den Kreis ihrer Erwägungen (amerikanische Autoren); wieder andere endlich machten die der Hyperämie folgenden Circulationsstörungen verantwortlich (Smith). Aber auch die meisten Beobachter, welche die physiologischen Wirkungen der comprimierten Luft im pneumatischen Cabinet studirten, erklärten die Effecte des erhöhten Luftdruckes durch die Annahme, dass Druckdifferenzen zwischen Körper-

oberfläche und den inneren Organen mit ihren Folgen bestünden, eine Auffassung, gegen welche neben Giraud-Teulon, Bert und Panum jüngst insbesondere Regnard ihre Stimme erhoben haben.

Die andere Gruppe der Autoren, an deren Spitze Hoppe-Seyler, P. Bert und seine Schule stehen, erklärte, basierend auf ein reiches experimentelles Material, die Decompressionserscheinungen als die Folge von Circulationsstörungen und Embolien, die durch das Freiwerden der Blutgase, hauptsächlich von Stickstoff, bei rascher Druckabnahme zu Stande kommen.

Während nun von allen französischen Autoren die sogenannte Gastheorie zur Erklärung der bei Tauchern und Caissonarbeitern auftretenden Decompressionserscheinungen allgemein acceptirt wurde und sich auch bereits in Deutschland und Russland Eingang verschafft hatte, traten in den achtziger Jahren mehrere englische und amerikanische Autoren auf, Moxon, Twynam, Nixon, in den neunziger Jahren Knapp, Hunter, Corning, Thompson und neuerdings A. Smith (1894), eine in den genannten Fragen in Amerika maassgebende Autorität, welche alle wieder auf die mechanische Theorie, wenn auch in stark veränderter und erweiterter Form, zurückgriffen. Auch van Rensselaer (1891) und Clark (1893) ziehen, ersterer gestützt auf seine anlässlich eines amerikanischen Tunnelbaues gemachten Erfahrungen, die Gastheorie wieder in lebhafte Diskussion und suchen zu zeigen, dass so manche Sätze P. Bert's und seiner Schule einer eingehenden Kritik nicht Stand halten, indem sie dabei vielfach Momente betonen, die auch Smith geltend zu machen sucht, ohne dass sich die Amerikaner, mit Ausnahme von Thompson, die Mühe genommen hätten, die Experimente der französischen Schule nachzuprüfen oder zu wiederholen¹⁾.

Gerade diese Meinungsdivergenz der Autoren der letzten Jahre zu einer Zeit, in welcher die pneumatische Fundierungsmethode, die

1) Nunmehr können wir dem Gesagten noch beifügen, dass Hugh Snell, mit dem wir bereits seit einem Jahre in wissenschaftlicher Correspondenz stehen, als erster von den englisch-amerikanischen Autoren in seinem eben erschienenen Buche „Compressed air illness“ die Bert'sche Gastheorie acceptirt hat.

Anwendung von comprimierter Luft zu Bauzwecken immer mehr und mehr an Ausdehnung und Bedeutung gewinnt, veranlasste uns insbesondere mit Bezug auf die praktische Seite des Gegenstandes, die Wirkungen rascher Druckänderungen auf den Organismus neuerdings zu studiren und dabei mit jenen Druckdifferenzen zu arbeiten, welche für die Arbeiter in Pressluft in Betracht kommen. Wir hielten uns daher innerhalb der Grenzen von 1–5 A. Ueberdruck.

Nach dem Gesagten wird auch eine theilweise Wiederholung und Ergänzung der P. Bert'schen Experimente, wie sie nothwendiger Weise folgen musste, gerechtfertigt sein; im übrigen waren wir noch durch andere Gesichtspunkte, von denen wir uns bei den Untersuchungen leiten liessen, bemüht, die Gastheorie durch unsere Versuche endlich zur herrschenden zu machen.

Vorzüglich aber war es die Präcisirung der Frage über Wirksamkeit und pathologische Bedeutung der Luftembolie¹⁾, welcher wir unser besonderes Augenmerk geschenkt haben, um auf diese Weise die Aetiologie der einzelnen Symptome klarzustellen. Bevor wir nunmehr auf unsere Untersuchungen eingehen, wollen wir jener Autoren Erwähnung thun, welche gestützt auf Experimente für die Gastheorie eingetreten sind. Wie wir an anderem Orte des Genaueren auseinandergesetzt haben, beobachteten schon im 17. und 18. Jahrhundert Robert Boyle um 1650 und van Musschenbroeck 1755 das Freiwerden von Blutgasen bei starker und rascher Luftverdünnung, Entdeckungen, die erst wieder durch P. Bert ans Licht gezogen und bekannt geworden sind. Bis in die dreissiger Jahre unseres Jahrhunderts wurde den genannten Fragen von Seite der Physiologen, mit Ausnahme von v. Haller nur untergeordnete Beachtung geschenkt, jedenfalls finden wir über diesbezüglich angestellte Thierversuche keine Aufzeichnungen. Erst im Beginn der 30er Jahre unseres Jahrhunderts sehen wir Poisseuille experimental die Frage über den Einfluss starker barometrischer Druckschwankungen auf die Circulation des Blutes studiren. Im Jahre 1857 folgte die bedeutsame Arbeit von Hoppe-Seyler, der, angeregt durch die Berichte

1) Vergl. diesbezüglich auch unsere Publication: Ueber arterielle Luftembolie von DDr. Heller, Mager, v. Schrötter. Zeitschrift für klinische Medicin. 32. Bd. Supplementheft. 1897.

von Watelle und Guérard über die Todesfälle von Arbeitern aus der Mine von Douchy, in Unkenntniss der Entdeckungen Boyle's und seines Nachfolgers die Thatsache des Freiwerdens der Blutgase bei raschem Absinken des barometrischen Druckes bei seinen Versuchsthieren beobachtete und als die eigentliche Todesursache hinstellte.

Unabhängig von Hoppe-Seyler nahm dann im Jahre 1871 P. Bert im grossen Maassstabe das Studium der Decompressionserscheinungen auf, das er dann gesammelt in seinem berühmten Werke „La pression barométrique“ (1878) niedergelegt hat. Aus dem Jahre 1873 liegt ein positives Experiment von Smith vor. Im Anschlusse an P. Bert haben A. Febure (1879), dann Bert's Schüler Blanchard und Regnard (1881) dessen Versuche, insbesondere über die nach der Decompression gesetzten Läsionen des Rückenmarkes, wieder aufgenommen; 1883 studiren Fraenkel und Geppert die Erscheinungen an Thieren bei Druckverminderung, mit denen sich auch Rosenthal beschäftigt hat. Aus dem Jahre 1886 liegen Experimente von Catsaras über die Verhältnisse, denen die Taucher unterworfen sind, sowie bemerkenswerthe Versuche von Cassaët, und Experimente von Thompson vor. Im Jahre 1894 berichtet Philippson über seine Decompressionsversuche; endlich wurden im Anschlusse an den jüngst fertiggestellten Quaibau im Hafen von Bordeaux von dem dortigen Professor Layet (1895), dessen persönliche Bekanntschaft zu machen wir die Ehre hatten, Versuche angestellt¹⁾, in welchen er vorwiegend die praktische Seite der Frage verfolgte und bei denselben Bedingungen herstellte, wie sie thatsächlich für den Caissonarbeiter in Betracht kommen und kommen können. Eben durch die Gesichtspunkte, von denen er sich bei seinen Experimenten leiten liess, ist er uns in gewissem Sinne zuvorgekommen und wir anerkennen diesbezüglich seine Priorität, wenn wir auch betonen müssen, dass wir seine unter Hersent's Namen publicirten und in technischen Zeitungen abgedruckten Untersuchungen erst zu einer Zeit kennen lernten, zu welcher wir bereits über eine grosse Zahl von Experimenten verfügten.

Die Möglichkeit, diese Versuche auszuführen, wurde uns durch

1) Auf seine wie auch auf die Experimente der vorgenannten Beobachter genauer einzugehen, wird an anderer Stelle Gelegenheit sein.

Figur 1.

die Liebenswürdigkeit und das freundliche Entgegenkommen des Herrn K. Redlich, Bauunternehmers in Wien, geboten, der den gleich näher zu beschreibenden Apparat eigens für unsere Zwecke

herstellen liess. Ausserdem wurden die Experimente zum Theil in dem in Nussdorf bei Wien eben in Bau befindlichen Caisson (Object I der Schleusenarbeiten k. u. k. Donauregulierungscommission), sowie in der von L. v. Schrötter und gleichzeitig unabhängig von einander von Oberbaurath Taussig anlässlich des Nussdorfer Schleusenbaues vorgeschlagenen und im Besitz der Firma Gebrüder Redlich und Berger befindlichen Sanitätsschleuse (Recompressionsschleuse für an „Pression“ erkrankte Arbeiter) ausgeführt, bezüglich deren näherer Beschreibung wir hier auf eine demnächst

Fig. 2. Experimentirkammer, Vorderansicht.

erscheinende ausführlichere Publikation verweisen müssen. Unsere Versuche begannen wir Anfang Juni 1894. Wenn im Caisson oder in der Sanitätsschleuse experimentirt wurde, so ist dies bei den betreffenden Versuchen stets ausdrücklich bemerkt. Die übrigen Versuche wurden mittelst der Experimentirkammer angestellt. Dieselbe stellt der Hauptsache nach einen cylindrischen, ca. 16 cbm betragenden Raum dar, in welchen durch Dampfmaschinen comprimirte Luft bis auf den maximalen Ueberdruck von 5 A. einge-

Fig. 3. Experimentalkammer im Längsschnitt.

getrieben werden konnte und die Einrichtung getroffen war, den Druck durch Oeffnen eines Hahnes von grossem Querschnitt rasch auf den herrschenden Luftdruck zum Absinken zu bringen. Bezüglich der genaueren Beschreibung verweisen wir auf die beifolgenden Abbildungen. Fig. 1 stellt den Apparat in Vorderansicht in der heizbaren hölzernen Hütte, Fig. 2 die Construction des vorderen Deckels und Fig. 3 den constructiven Längsschnitt dar.

Zur Anfertigung der Kammer diente ein 2 m langes eisernes Schachtrohr von den Dimensionen, wie sie für die Einstiegrohre im Caisson (Durchm. 1,1 m) Verwendung fanden; an die beiden Enden desselben waren eiserne Deckel (D, D') angeschraubt und durch Kautschukringe (K) abgedichtet. Die innere Wand der Kammer war mit Holz ausgekleidet und waren zur Anbringung des Experimentirt Brettes hölzerne Schemmel vorhanden. Der rückwärtige, nach aussen leicht convexe Deckel hatte keine weiteren Ansatzstücke; der vordere besass eine vertical ovale Oeffnung (Dimens.: $h = 40$ cm, $b = 30$ cm), in welche ein als Schliessungsthür dienendes, mit einem Handgriff und einem Charnier versehenes Deckelstück ($Tü$) von innen hineinpasste, welches mit einem Kautschukrand versehen bei steigendem Druck im Inneren der Kammer den Raum luftdicht abschloss, sowie eine zweite Oeffnung, in welche eine planparallele Glasplatte als Fenster (F) eingesetzt war. Ausserdem waren an der Vorderwand noch mehrere Anschlussstücke für die zu- (z) und abführende Luftleitung angeschraubt und die Hähne in der Weise angefertigt, dass alle Manipulationen leicht ausführbar waren; überdies waren Messinstrumente an denselben montirt.

Durch das Rohr z (Durchm. 26 mm) wurde die Luft direkt vom Luftsammler der Compressionspumpen der Experimentirschleuse zugeführt, wozu der untere Hahn diente. Wurde derselbe geschlossen, so konnte das Zweigstück st mittelst des Ausströmungshahnes H zur Decompression verwendet werden; es konnte an dieselbe auch eine Druckflasche angeschraubt werden, von welcher noch die Rede sein wird; sie ist aus Fig. 4 ersichtlich.

Das Rohr (Durchm. 9 mm), welches gewöhnlich zur Druckverminderung benutzt wurde, besass einen bequem zu gebrauchenden Hahn, durch dessen vollständiges Oeffnen der Druck rasch zum Absinken gebracht werden konnte. Um den störenden Lärm und die Unannehmlichkeit der einem direkt entgegenströmenden

kalten Luft zu vermeiden, war das Rohr bedeutend verlängert und in der Weise winkelig abgebogen, dass es erst entsprechend der hinteren Hälfte der Längswand nach aussen führte.

Aber noch eine kleinere, mit einem Hahn versehene kupferne Röhre *c* sieht man in den vorderen Deckel eingesetzt, sie war für specielle Untersuchungen bestimmt und diente hauptsächlich zur Blutentnahme von einem in der Kammer unter Druck befindlichen Versuchsthiere (vergl. die Anwendungsweise desselben zur Blutgasanalyse pag. 33). Das Rohr ragte auf 25 cm in den Kammerraum und etwa in gleicher Länge nach aussen vor. Mittels des Rohres und Hahnes (*H*) wurde decomprimirt, wenn der Druckabfall nicht allzu rasch erfolgen sollte oder man allmähliches Absinken desselben zu erzielen beabsichtigte. Wollte man den Druckabfall sehr rasch bewerkstelligen, so wurden die Hähne sämtlicher drei Rohre (*H*, *z*, *c*) geöffnet, wodurch man den Druck innerhalb einer Minute auf den äusseren Luftdruck absinken lassen konnte. Wir waren so im Stande, ein Versuchsthier von 4,8 A. Ueberdruck auf den herrschenden Barometerstand in 30"—50" zu decomprimiren. Langsames Entschleusen wurde durch starke Drosselung des oberen Hahnes erzielt und konnte dasselbe bei einem Druck von über 4 A. auf die Zeit von über eine halbe Stunde ausgedehnt werden.

Das bereits erwähnte Fenster hatte nicht bloss den Zweck das Versuchsthier zu beobachten, sondern man konnte durch dasselbe auch Instrumente (Blutdruckmesser und Hygrometer) ablesen.

Ein Thermometer *T* war in der Weise in den Deckelrand eingedichtet, dass dessen Kugelende im Kammerinneren sich befand und ausserhalb die Temperaturänderungen während der Compression und Decompression anzeigte. Das Manometer *M* (Schaeffer und Budenberg) hatte eine Theilung in Zehntel-Atmosphären, sodass innerhalb dieser Grenzen stattfindende Druckschwankungen abgelesen werden konnten. Bei *el* waren die elektrischen Leitungsdrähte eingefügt, die eine Glühlampe zur Beleuchtung der Druckkammer versorgten. Zur Beobachtung des Hygrometerstandes diente ein sehr handliches Präzisions-Instrument von Capeller in Wien, an welchem man direkt den Feuchtigkeitsgehalt in Prozenten ablesen kann und das in der Druckkammer gegenüber dem schon besprochenen Fenster *F* in der Weise neben einem Maximal-Minimalthermometer aufgehängt wurde, dass man die Scalen bequem beobachten konnte.

Will man nun ein Thier dem erhöhten Luftdruck aussetzen, so geht man in folgender Art vor: Man hat dann das Thier in die Kammer zu bringen, die Thüre zu schliessen und den unteren Hahn zu öffnen; der Druck steigt dann rascher oder langsamer, wie man es wünscht, im Kammerraume an, wie man dies an dem Manometer controliren kann. Während das Thier sich nun in der Experimentirschleuse befindet, kann man dasselbe durch das Fenster, ebenso wie verschiedene Instrumente bequem beobachten. Oeffnet man dann, um die Decompression zu bewerkstelligen, den oberen Hahn, so ist die Beobachtung der Vorgänge im Inneren durch den frei werdenden und oft dichte Nebelbildung verursachenden Wasserdampf, insbesondere bei raschem Druckabfall, erschwert, dem man einigermaassen dadurch begegnen kann, dass man auf wenige Augenblicke die Decompression unterbricht, wodurch die Nebel schwächer werden.

Fig. 4. Dickwandige von einem Drahtnetz umsponnene Glasflasche; a das Luftzuführungs- resp. Abströmungsrohr.

Die Druckflasche (vgl. die beistehende Fig. 4), welche ursprünglich zu den Experimenten mit kleinen Versuchsthieren benutzt werden sollte, fand später nach Herstellung unseres grossen Apparates keine Verwendung mehr, doch kann sie in jenen Fällen, in welchen man über nicht genügendes technisches Material verfügt, zweckmässig zu den gleichen Experimenten verwendet werden¹⁾, und wir haben sie deshalb hier wiedergegeben. Ihre Konstruktion ist ohne weiteres verständlich, die Compression und Decompression sind sehr

rasch zu bewerkstelligen.

Von den Apparaten sowie der Versuchsanordnung zum Zwecke der Blutgasgewinnung wird zusammenhängend bei den betreffenden Experimenten die Rede sein. Wenn in den folgenden Aufzählungen der Experimente von 1, 2, 3 etc. Atmosphären Druck die Rede ist, so ist damit stets Ueberdruck gemeint, so dass der Gesamtdruck defacto 2, 3, 4 etc. Atmosphären beträgt.

1) Ebenso benützten wir sie zum Studium der Frage der Gasentbindung aus Flüssigkeiten, wovon an anderer Stelle noch weiter die Rede sein wird.

Wir gehen nunmehr an die ausführliche Mittheilung unserer Experimente und wollen, um die Uebersicht über dieselben zu erleichtern, gleich an dieser Stelle kurz die Fragen angeben, um deren experimentelle Beantwortung es sich uns hauptsächlich handelte. Die Versuche sind nach bestimmten Gesichtspunkten angeordnet, die vor jeder Gruppe von Experimenten des Genaueren erörtert werden.

Erstens: Kam es uns darauf an, zu untersuchen, ob thatsächlich, wie dies die Anhänger der mechanischen Theorie vermutheten, die Blutvertheilung des Organismus in comprimierter Luft aus mechanischen Ursachen eine Veränderung erfahre.

Zweitens: Wann und unter welchen Bedingungen kann man Gasblasen im Gefäßssystem nach der Decompression nachweisen?

Drittens: Welche chemische Zusammensetzung besitzen die im lebenden Thiere frei gewordenen Gase?

Viertens: Unter welchen Bedingungen werden pathologische Effecte durch diese Vorgänge gesetzt und welcher Natur sind dieselben?

Fünftens: Wie gestalten sich diese Verhältnisse, wenn man einer raschen Decompression neuerliche Compression (Recompression) folgen lässt?

I.

Um die Frage nach einer abnormen Blutvertheilung unter erhöhtem Druck endgültig zu lösen, war es das Natürlichste, eine Section der Versuchsthiere in comprimierter Luft vorzunehmen, womit sich die Versuche 1 und 2 beschäftigen. Gegen die Behauptung einer vermehrten Blutfülle des Gehirns, einer Congestion gegen dasselbe unter Druckerhöhung, als gegen ein von unnachgiebigen knöchernen Wänden eingeschlossenes Organ, wurde Versuch 4 angestellt, um den Druck gleichsam direct auf dasselbe wirken zu lassen und diesen Effect klarlegen zu können.

Zur Beobachtung der Blutcirculation unter erhöhtem Luftdrucke diene Versuch 3, Versuch 5 sollte über den mechanischen Einfluss des Druckes auf den Abdominalinhalt Aufschluss geben

und Versuch 6, ebenfalls zur Klärung mechanischer Einflüsse unternommen, sollte die Blutvertheilung im todten Thier beleuchten. Versuch 7 war in der Absicht angestellt, über die unter erhöhtem Luftdruck erfolgende Aufnahme von Gasen ins Blut Aufschluss zu geben.

Endlich mögen hier noch anhangsweise Versuche folgen, die angestellt wurden, um die Wirkung sehr rascher Druckerhöhung auf den Organismus kennen zu lernen. Durch die besondere Construction unseres Recompressionsapparates waren wir in der Lage, mittelst der „Medicamentenschleuse“ (kleiner Cylinder mit Luftzuleitungsrohr von relativ grossem Durchmesser) Thiere in 3–4 Sekunden auf einen Ueberdruck von 2,2 A. zu comprimiren.

Versuch 1.

Kaninchen. (Versuch in der Sanitätsschleuse.)

Zeit der Compression: 27 Minuten.

Druck: 2,1 Atm.

Dauer des Aufenthaltes: $\frac{3}{4}$ Stunden.

Zeit der Decompression: 50 Minuten.

Eine halbe Stunde nach erreichtem Maximaldrucke wird das Kaninchen durch Schläge auf den Kopf getödtet und secirt. Sowohl während des weiteren Aufenthaltes in comprimierter Luft, als auch beim Ausschleusen und nach der Decompression zeigten sich keine Veränderungen am getödteten Thiere; keine Congestion der inneren Organe oder des Gehirnes und Rückenmarkes.

Versuch 2.

Kaninchen. (Versuch in der Sanitätsschleuse.)

Zeit der Compression: 20 Minuten.

Druck: 2,0 Atm.

Dauer des Aufenthaltes: $\frac{3}{4}$ Stunden.

Zeit der Decompression: 50 Minuten.

Bevor das Thier in die Sanitätsschleuse mitgenommen wird, wird das specifische Gewicht des Blutes, aus der Pfote entnommen, mit 1056 bestimmt; Trepanation des Schädels und Entfernung einer ca. $\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser betragenden Knochenplatte; lockerer Verband.

Nachdem das Thier eine halbe Stunde im Druck geathmet hat, wird es durch Schläge auf den Kopf getödtet und im Apparate secirt.

Bei der Section zeigt sich keine Veränderung an den inneren Organen, keine Aenderung der Blutvertheilung. Während der Druckverminderung blähen sich die Eingeweide des getödteten Thieres auf, sonst trat keine Veränderung ein. — Es ergiebt sich keine Hyperämie der inneren Organe; das venöse Blut unterscheidet sich durch sein dunkleres Roth wie unter

normalen Barometerstand vom arteriellen. Eine heller rothe Färbung des Venenblutes wird nicht gefunden. Die Blutfüllung der Meningen gleich der des Thieres beim Versuch Nr. 1. Die neuerliche Prüfung des specifischen Gewichtes des Blutes in der Schleuse ergibt den gleichen Werth wie vor dem Versuche.

Versuch 3.

3 Frösche. (In der Sanitätsschleuse.)

Compressionszeit: 27 Minuten.

Druck: 2,1 Atm.

Dauer des Aufenthaltes: $\frac{3}{4}$ Stunden.

Decompressionszeit: 50 Minuten.

Nachdem der Druck die Höhe von 2,1 Atm. erreicht hatte, wurden an den Fröschen die Capillaren der Schwimmhäute und des Peritoneums beobachtet und auch während der Decompression die Beobachtung fortgesetzt. Das Blut circulirte in allen sichtbaren Gefässen während dieser Zeit sowie auch während und nach dem Entschleusen normal.

Versuch 4.

Kaninchen. (Caisson. Druck: 2,55 Atm.)

Einem Kaninchen wird in schwacher Chloroformnarkose eine ca. 3 mm grosse Oeffnung ins linke Schädeldach gemacht und die Hautwunde darüber vernäht.

Um 2 h Nachm. wird es eingeschleust und um 6 h Nachm. 20 Min. lang ausgeschleust. Es ist sehr niedergeschlagen, hat die Ohren zurückgelegt, versucht nicht wegzulaufen und reagirt nur schwach auf äussere Reize. Athmung etwas erschwert. — Nach $1\frac{1}{2}$ Stunden wird es wieder lebhaft, sieht um sich und bewegt sich; die Athmung wird besser. Watteverband.

Am andern Tage früh ist das Kaninchen munter und frisst. Wird durch Chloroforminhalation getödtet. Die Section ergab:

Kleine Ecchymosen an der linken Lunge und im Pericardium.

Am Gehirn, der Stelle der Knochenlücke entsprechend, die Hirnrinde blutig suffundirt. Sonst keine Veränderungen.

Versuch 5.

Hund Nr. II, „Lion“, 8 kg, Männchen.

(Hernia umbilicalis.)

Vor dem Versuche wird das Thier gefüttert und befindet sich im ärztlichen Inspectionszimmer.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Hg. Sch.	Bar. ¹⁾
9h40'	0	—6°	—4°	80 %	764 mm
9 45'	2,0		+7°		
9 46'	3,0		+8°	95 „	
9 47'	4,0				
9 50'	4,7				
10 40'	4,7		+11°		
10 41'	0		0°	80 „	

Bei 4,7 Atm. Druck bellt der Hund laut. Die Hernie zeigt keinerlei Veränderungen.

Sowohl unter Druck als knapp nach dem Ausschleusen befindet sich das Thier vollkommen wohl, kein Meteorismus, keine Auftreibung an der Hernie. — Nach $\frac{1}{4}$ Stunde tritt leichte Steifheit der Hinterbeine auf, die bis 12 h Vorm. völlig schwindet.

Versuch 6.

Katze.

Eine eben durch Stich in die Medulla getödtete Katze wird in die Experimentirkammer eingeschleust und durch eine Stunde in einem Ueberdruck von 4,5 Atm. belassen. Rasche Decompression in 52 Sec. Das Abdomen des Thieres erscheint stärker aufgetrieben. Bei der Section zeigen sich die Darmschlingen stark gebläht; sonst allenthalben normaler Befund; keine Gasblasen in den Gefäßen, keine abnorme Blutvertheilung.

Versuch 7.

Zwei Kaninchen. (In der Sanitätsschleuse.)

Zwei Kaninchen werden durch Schlag auf den Kopf getödtet. Nach 10 Minuten wird das eine in den Recompressionsapparat mit eingeschleust und einem Ueberdruck von 2,1 Atm. ausgesetzt; nach einer halben Stunde wird es daselbst secirt. Es zeigt sich keine abnorme Blutvertheilung; weder die Lungen und die Abdominalorgane, noch das Gehirn zeigen eine vermehrte Blutfüllung. Decompression in 35 Min.

Das Thier mit jenem bei dem herrschenden Barometerdruck mittlerweile secirten verglichen, zeigt gleichen Befund.

1) In diesen Tabellen bedeuten:

Z, Zeit des Versuches;

Dr. i. A., Ueberdruck in Atmosphären;

A. T., Aussentemperatur in °C.;

Sch. T., Temperaturen im Apparate;

Hg. Sch., Prozentualer Feuchtigkeitsgehalt in demselben;

Bar., Aeusserer Barometerstand.

Versuch 8.

Hund Nr. LXII.

Nach entsprechender Präparation wird das Thier in den Compressionsapparat gebracht; die in die rechte Vena jugularis eingebundene Canüle wird mittelst eines Kautschukschlauches mit dem inneren Antheil des Messingrohres *c* in Verbindung gesetzt, nachdem Canüle, Schlauch und Rohr bis zum Hahne mit 4proc. oxalsaur. Natronlösung gefüllt sind. Das Thier wird nunmehr auf 2,5 Atm. eingeschleust; nach $\frac{1}{2}$ Stunde wird der Hahn geöffnet und nach Abfluss der Oxalsäure das ausfliessende reine Blut aufgefangen¹⁾. Die Blutprobe, mit einer vor dem Versuch entnommenen verglichen, ergibt keine Differenz im Farbentone; das specifische Gewicht einzelner Blutstropfen, die jedoch nicht alle gleich hoch im Chloroformbenzolgemisch schwimmen, wird im Mittel etwas geringer (1046) als vor dem Versuch (1050) gefunden.

Das Thier wird in einer halben Stunde vorsichtig entschleust, Canüle und Schlauch sodann in derselben Weise adjustirt wie früher und der Hund hierauf neuerdings auf 4,5 Atm. eingeschleust. Nach $\frac{3}{4}$ stündigem Verweilen wird wieder der Hahn geöffnet und die nach Abfluss der oxalsaur. Natronlösung gewonnene, rasch schaumig werdende Blutprobe wieder mit den vorigen verglichen. Auch jetzt zeigt sich kein heller rother Farbenton des Blutes; das specif. Gewicht wie nach dem früheren Versuche vermindert (1046 für die meisten Tropfen); auch spectroscopisch keine Veränderung.

Nunmehr wird die 1. Art. carotis mittelst Canüle mit dem Rohr in Verbindung gebracht und der Hund zum dritten Male und zwar auf 4 Atm. comprimirt. Die nach halbstündigem Zuwarten entnommenen Blutproben zeigen ein eigenthümliches Verhalten. Auf eine bereitgehaltene Schale ausgegossen, bilden sich im Blute allenthalben grössere und zahlreiche kleinere Blasen und Bläschen, so dass das Blut bald zu einem rothen Schaume geworden ist; noch schöner kann man das Phänomen beobachten, wenn man eine grössere Blutquantität in einen Messcylinder strömen lässt, wobei, während das Blut das Gefäss erfüllt, ein immer reichlicher werdender Schaum emporsteigt. Die Fibringerinnsel, die sich in den Blutproben bilden, fühlen sich luftkissenartig an und erweisen sich bei genauer Betrachtung von feinsten Gasbläschen allenthalben durchsetzt; ebenso beschaffen sind auch die im

1) Man muss dabei vorsichtig zu Werke gehen und die Flüssigkeit nicht allzu rasch abströmen lassen, da sonst leicht die Kautschukröhre, die unter Druck im Apparate sich befindet, comprimirt wird und auch nach der Decompression bei geschlossenem äusseren Hahn comprimirt bleibt, wenn das Nachströmen von Blut aus dem Thier nicht rasch genug erfolgen kann; man hat auf diesen Umstand auch bei Entnahme arteriellen Blutes behufs Gasanalyse desselben zu achten.

Rohr zurückbleibenden cylindrischen Gerinnsel. Von in Chloroformbenzol-mischung aufgefangenen Blutropfen kann als das niedrigste specifische Gewicht 1039 erhoben werden; die grösseren Tropfen erweisen sich als specifisch leichter als die kleinen.

Versuch 9.

. Zwei Kaninchen (Sanitätsschleuse).

2 Kaninchen werden in die Medicamentenschleuse gebracht und durch Oeffnen des Luftzuleitungsrohres fast momentan auf den Druck von 1,8 Atm. comprimirt. Die Thiere werden dann in den Innenraum der Sanitätsschleuse hereingelassen und durch 1 Stunde beobachtet. Die Thiere zeigen keinerlei Veränderungen in ihrem Verhalten; sie werden dann langsam entschleust und bieten auch nach der Decompression nichts Abnormes.

Versuch 10.

Zwei Meerschweinchen.

Einschleuszeit: 3 Sekunden.

Druck: 2,2 Atm.

Aufenthalt: 1 Stunde.

Decompressionszeit: 30 Minuten.

Zwei Meerschweinchen werden mittelst der Medicamentenschleuse in 3 Sec. auf einen Druck von 2,2 Atmosphären comprimirt; nachdem sie in den Innenraum des Recompressionsapparates hereingenommen waren, zeigen sie keinerlei Störungen ihres Wohlbefindens und hören scheinbar vollkommen gut; sie werden nach ca. einer Stunde langsam in 30 Minuten decomprimirt. Beide Thiere befinden sich vollkommen wohl.

Die nach 8 Tagen vorgenommene Section ergibt normale Verhältnisse; der Befund des Gehörorganes an anderer Stelle.

Versuch 10a.

Hund Nr. XVI.

Ein kleiner Hund wird in 3—4 Sekunden auf dieselbe Weise wie in den beiden vorigen Versuchen auf den Druck von 1,9 Atmosphären gebracht. In der Sanitätskammer zeigt er keine Störung des Allgemeinbefindens; er hört jedoch schlechter und gehorcht erst nach mehrmaligem lauten Anrufen. Das Thier wird nach einstündigem Verweilen in 35 Minuten entschleust und zeigt am nächsten Tage keinerlei Erscheinungen.

Fassen wir die durch die Versuche gewonnenen Resultate zusammen, so zeigt sich, dass die Erhöhung des Luftdruckes mechanisch in keiner Weise die Vertheilung des Blutes in den Gefässen zu Gunsten einer Vermehrung der Blutfüllung in den inneren Organen beeinflusst, wie aus den Sectionsbefunden lebender

und todter Thiere unter Druck hervorgeht. Auch die Druckverhältnisse im Abdomen bleiben in Bezug auf den übrigen Organismus dieselben wie unter normalem Barometerstand¹⁾. Die Blutfüllung des Hirns beim trepanirten und nicht trepanirten Thier erwies sich als gleich.

Ebenso wenig wird auch keine Veränderung der capillären Blutcirculation durch die Zunahme des äusseren Luftdruckes hervorgebracht.

Der letzte Versuch der ersten Gruppe lehrte uns, dass unter erhöhtem Druck eine Vermehrung der Blutgase im lebenden Thier stattfindet, die aus dem Blute in Form von Blasen frei werden, wenn man das Blut plötzlich unter den normalen Luftdruck bringt²⁾. Die maximale Druckdifferenz in unserem Versuche betrug 4 Atmosphären.

Ausserdem ergaben die weiteren Untersuchungen, dass im Gegensatz zu den früheren Autoren, Pol-Watelle u. A., das Venenblut keine vermehrte Röthe zeigt und auch nicht die gleiche Farbe besitzt, wie das arterielle; es ergab sich vielmehr keine Farbenänderung.

Das specifische Gewicht des ausgeströmten Blutes war in Folge der Bildung von Gasblasen bedeutend geringer geworden, und konnte man eben aus dieser Ursache keine exacte gleichmässige Bestimmung vornehmen, da ja nothwendiger Weise die grossen, an Gasbläschen reicheren Tropfen specifisch leichter sein mussten, als die kleinen; unter Druck wie auch nach langsamer Decompression (s. Vers. 83, 85, 86) bleibt, wie zu erwarten stand, das specifische Gewicht unverändert. Durch nahezu momentane Druckerhöhung (Vers. 9, 10 und 10 a) auf 2,2 Atmosphären findet keine Schädigung des Gesamtorganismus statt; das Gehörorgan, wie insbesondere durch das Experiment 10 beobachtet werden konnte, wird durch mechanische Momente geschädigt.

Die nächste Versuchsreihe wird nunmehr, wie Eingangs angedeutet wurde, zu untersuchen haben, ob es auch in den Ge-

1) Wie auch aus Messungen des Bauchumfanges am Menschen hervorgeht.

2) Auch mit unter erhöhtem Luftdruck vom Menschen gewonnenen Blutproben wurden diesbezüglich Versuche angestellt, von denen noch in anderem Zusammenhang die Rede sein wird.

fässen des Thieres nach der Decompression zur Gasblasenbildung aus dem Blute kommt, und in welcher Abhängigkeit vom Druck, in welchen Mengen sowie in welcher Vertheilung dieselben nachgewiesen werden.

II.).

A. Versuchsthiere in comprimierter Luft getödtet.

Versuch 11.

Kaninchen.

(Versuch in der Sanitätsschleuse. Maximaler Druck: 1,5 Atm.)

Ein Kaninchen wird in die Sanitätsschleuse mitgenommen und in einer halben Stunde auf den Druck von 1,5 Atm. comprimirt. Nachdem das Thier durch eine Stunde unter diesem Druck geathmet hat, wird es durch Schläge auf den Kopf getödtet und durch die Medicamentenschleuse momentan decomprimirt.

Die nach 5 Minuten vorgenommene Section ergibt folgenden Befund:

Die Körpervenenstämme, insbesondere aber die Vena cava superior reichlich, von grossen und kleinen Gasblasen, desgleichen die rechte Auricel von grossblasigem schaumigen Inhalt erfüllt, freie Gase im rechten Herzen, in den Lungenarterien und Lungenvenen; Gasbläschen auch im linken Vorhof und in der linken Herzkammer. Gasblasen in den Coronarvenen, einzelne auch in den Coronararterien nachweisbar. In der Aorta sowie den Arteriae renales und femorales ein Blutluftgemisch allenthalben vorhanden. In den Mesenterialgefässen nirgends freie Gase nachzuweisen; von der Schnittfläche der Leber fliesst nur reines, heller rothes Blut ab. — Im Uebrigen keine Hämorrhagien oder sonstige pathologische Veränderungen.

Versuch 12.

Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,38 Atm.)

Ein starker Hase wird um 10 Uhr Vorm. bis auf den Grund des Caissons gebracht. Um 12 h wird das Thier durch Schläge ins Genick im Caisson getödtet und hierauf ausgeschleust.

Unter Wasser wird der Thorax geöffnet und das Herz angeschnitten.

Das Wasser färbt sich blutig und es steigen ganz feine Gasbläschen auf. — Bei der weiteren Section erweisen sich die Lungen lufthaltig, mässig mit Blut gefüllt. Die übrigen Organe normal.

1) Um das Vorhandensein von Gasblasen im Gefässsystem einwandsfrei festzustellen, wurden die Thiere der ersten Versuche, einem Vorschlag Prof. Gärtner's in Wien folgend, unter Wasser secirt. Wo diese Methode angewendet wurde, ist dies in den betreffenden Experimenten besonders angegeben.

Versuch 13.

Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,38 Atm.)

Zwei Kaninchen wurden um 6 Uhr eingeschleust, bleiben vier Stunden im Caisson. Um 10 Uhr wurden sie durch Schläge auf den Kopf getödtet und ausgeschleust.

Section unter Wasser. Eröffnung des Thorax. Nachdem das Herz an den grossen Gefässen abgebunden und abgeschnitten war, schwebte es nach sorgfältiger Entfernung des pericardialen Fettgewebes im Wasser. Es wurde hierauf rasch abgetrocknet¹⁾ und in Chloroformbenzoldmischung gebracht. Unter der Flüssigkeit wurden die Ventrikel angeschnitten. Es entwickelten sich kleine Gasblasen, die theils allein als helle Bläschen emporstiegen, theils an Blutkugeln adhärirten; daneben bildeten sich noch hellroth gefärbte, auf der Flüssigkeit schwimmende oder sich in verschiedenen Höhen haltende Blutklümpchen. Das specifische Gewicht des auf der Flüssigkeit schwimmenden Blutes war geringer als 1035. (Eine genaue Bestimmung war unmöglich, da das Aräometer nur bis 1035 graduirt war.) — Das abgebundene Herz des zweiten Kaninchens scheint leicht im Wasser zu schweben. Beim Einschnitten unter Chloroformbenzol erfolgt in Form von zwei Stössen das Entweichen relativ grosser Gasblasen, dann steigen zahlreiche kleinere feine Bläschen auf. Im Herz sehr wenig Blut, dessen specifisches Gewicht nicht bestimmt werden konnte; doch nehmen die einzelnen ganz kleinen Blutropfen eine verschiedene Lage in der Chloroformbenzoldmischung ein. Nachdem das Herz noch im Thorax abgeschnürt worden war, wurde die Vena cava angestochen. Aus dieser quoll reichlich sehr schaumiges Blut.

Versuch 14.

Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,56 Atm.)

Ein männliches Kaninchen wurde um 12 Uhr Mittags in den Caisson eingeschleust und in einem Behälter an der Decke der Arbeitskammer aufgehängt. Um 2 h 30' Nachm. wurde der Caisson gesenkt, wobei eine Druckschwankung von 2,56 auf 1,2 Atm. stattfand.

Gleich nach der abermaligen Druckerhöhung stiegen zwei Mann in den Caisson und fanden das Thier lebend. Es wurde hierauf sofort daselbst durch Schläge auf den Nacken getödtet und nach dem Ausschleusen unter Wasser gebracht. Der Druck nach der Senkung betrug 2,9 Atm.

1) Diese Vorsichtsmaassregel des Abtrocknens ist bei jedem Versuche angewendet worden, um das anhaftende Wasser zu entfernen und so Täuschungen vorzubeugen. Ebenso wurden die Instrumente stets vorher mit Benzolchloroform gereinigt.

Nach Eröffnung des Thorax unter Wasser wurde das Herz an den grossen Gefässen unterbunden und abgeschnitten; es sinkt im Wasser unter. Eröffnung des Herzens unter Oel: Es entleert sich wenig hellrothes Blut; aus dem Herzen steigen feine Gasblasen auf, ebenso aus der unter Wasser ausgeschnittenen Vena cava. Bei der weiteren Section zeigen sich die Lungen nicht blutreicher, Magen und Därme gebläht, Leber und Nieren normal. — Nach längerem Stehen ist der Boden des Gefässes, in welchem das Herz in Oel liegt, mit sehr vielen kleinen Gasblasen bedeckt, die theils frei sind, theils die einzelnen kleinen Blutkugeln umhüllen.

Versuch 15.

Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,4 Atm.)

Um 10 h Vorm. wird ein Kaninchen eingeschleust und um 2 h Nachm. ausgeschleust, nachdem es im Caisson durch Schläge auf den Kopf getödtet wurde. Es wird der Thorax eröffnet und das Herz an den grossen Gefässen abgebunden und ausgeschnitten. Das Herz schwebt, ohne unterzusinken. Hierauf werden die Ventrikel eingeschnitten und aus beiden steigen grosse Gasblasen auf; beide Ventrikel blutleer. Aus der angeschnittenen Vena cava entleert sich schaumiges Blut und grössere Gasblasen.

Versuch 16.

Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,49 Atm. Decompressionszeit: 3 Min.)

Ein Kaninchen wird eingeschleust und im Materialkübel in den Caisson herabgelassen. — Das Thier wurde nach 2 Stdn. im Caisson getödtet. Nach der Decompression wurde es sofort unter Wasser in der gewohnten Weise secirt, indem der Thorax eröffnet, das Herz leicht vorgezogen und an den Gefässen unterbunden wurde. Das abgeschnittene Herz schwebt im Wasser. Hierauf wird es sorgfältig abgetrocknet, damit keine Luft oder Wasserblasen ins Chloroform gezogen werden, und in Chloroformbenzol gebracht. Die Coronargefässe enthalten kleine Gasbläschen, so dass die Blutssäule in denselben perlschnurartig unterbrochen erscheint. Aus dem rechten Ventrikel, der angeschnitten wurde, entleeren sich Gas- und Blutblasen von wechselnder Form und Grösse; das specifische Gewicht des Blutes geringer als 1035. Das Herz wird hierauf durch einen Holzstab unter der Mischung gehalten und eine Stunde später der linke Ventrikel eingeschnitten, aus welchem ebenfalls mehrere grössere Gasblasen ruckweise entweichen, denen kleinere Gasbläschen folgen; daneben eine geringe Menge rothen Blutes; das Blut des linken Ventrikels hat das specif. Gewicht 1042. — Lungen blass, wenig blutreich.

Versuch 17.

Kaninchen.

(Versuch in der Sanitätsschleuse.)

Ein Kaninchen wird in der Sanitätsschleuse auf einen Druck von 1,5 Atm. comprimirt und eine Stunde im Drucke belassen. — Danach wird es durch die Medicamentenschleuse momentsn entschleust.

Es zeigt keinerlei Erscheinungen, sitzt ruhig da; nach circa fünf Minuten hat sich mit Ausnahme der Athmung, die leicht dyspnoisch geworden war, nichts geändert. Es wird hierauf, 10 Minuten nach der Decompression, durch einen Schlag auf den Kopf getödtet.

Section: Die rechte Auricel sowie die Stämme der Vena cava superior und inferior mit grossen Gasblasen erfüllt. Das rechte Herz dilatirt, Gasblasen durch die Wand der Arteria pulmonalis durchscheinend. In den Coronarvenen die Blutsäule von Gasbläschen unterbrochen. Der linke Ventrikel stark contrahirt; im linken Vorhofe keine freien Gase sichtbar. Beim Einschneiden in den linken Ventrikel entleert sich eine geringe Menge Blut; aus dem rechten treten Gasblasen und blutiger Schaum aus. Die Lungen bieten nichts Abnormes. In den Gefässen des Mesenteriums keine freien Gase. Die Arterien erscheinen blass blutleer contrahirt. Im abdominalen Theile der Vena cava inferior feine Gasperlen zu sehen; die Aorta enthält keine freien Gase.

Leber und Milz von normaler Beschaffenheit; auf der Schnittfläche zeigt das austretende Blut keine Veränderung, keine Bildung von Gasbläschen. Därme von normalem Aussehen.

B. Versuchsthiere nach der Decompression getödtet.

Versuch 18.

Zwei Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,52 Atm.)

Um 11 h Vorm. wurden zwei Kaninchen eingeschleust. Um 12 h Mittags wurden sie mit dem Materiale plötzlich entschleust und sofort nach der Decompression durch einen Schlag auf den Kopf getödtet.

1. Section des ersten Thieres: Eröffnung des Thorax; das Herz wurde an den grossen Gefässen abgebunden. Die linke Auricel contrahirte sich noch. Nach dem Abbinden sah man durch die dünne Vorhofswand im Herzen grosse Gasblasen. Das Herz wurde ausgeschnitten und unter Benzolchloroform eröffnet; neben dem Blute steigen ruckweise grössere Gasblasen auf, und aus dem Blute entbinden sich grössere und kleinere Gasbläschen. — Die Lungen zeigen deutliche Ecchymosen. In den Gefässen des Zwerchfelles ist die Blutsäule durch Gasbläschen an mehreren Stellen unterbrochen. In der Vena cava ascendens eine grosse Menge von Gasblasen und schaumiges Blut. In der linken Arteria cruralis Gasblasen; rechts keine nachzuweisen. Die Bauchgefässe stark mit Blut gefüllt. Leber, Milz und Nieren zeigen

makroskopisch keine Veränderungen; mikroskopisch am Zupfpräparat kann man erkennen, dass die Blutsäule aus vielen Capillaren völlig verdrängt ist; auch in den kleineren Venen sind Gasbläschen nachweisbar.

2. Die Section des zweiten Kaninchens ergab: Nach Eröffnung des Thorax wird das Herz unterbunden, ausgeschnitten und unter Benzol eröffnet. In den Vorhöfen und den Ventrikeln reichliche Mengen von Blut. Es entwickeln sich eine grosse Anzahl von Gasblasen, die in der Flüssigkeit aufsteigen. In der Aorta descendens sowie in den grossen Venenstämmen viele grössere Gasblasen. In der Arteria renalis rechts eine grössere Blase. — Die linke Lunge zeigt zahlreiche bis linsengrosse Hämorrhagien. An den Nieren ausser einer leichten Hyperämie der Rinde nichts Abnormes wahrzunehmen. Därme nicht besonders gebläht. In den grösseren Gefässen der Extremitäten ebenfalls Gasblasen.

Versuch 19.

Hund Nr. XXIII.

Caisson. Compressionszeit: 10 Minuten.

Druck: 2,5 Atm.

Decompressionszeit: 20 Minuten.

Ein mittelgrosser Hund wird durch 0,22 gr Morphin subcutan narcotisiert. In die linke Arteria carotis wird der zur Blutgasanalyse bestimmte Apparat, Fig. 5, eingebunden und das Thier um 3 h Nachm. eingeschleust. Um $\frac{1}{2}$ h Nachm. wird das Thier aus dem Caisson in unsere Baracke gebracht. Der Hund war aus der Narcose erwacht und hatte herumgeschlagen und sich so den Apparat aus der Arterie gerissen. In der Baracke wurde das Thier chloroformirt, der Apparat in das freiliegende Gefäss abermals eingebunden und Blut entnommen. Man kann die Bildung feinsten Gasbläschen aus dem Blute beobachten, die sich an der Oberfläche ansammeln. Der Hund wurde dann durch Chloroform getödtet.

Section: Thorax eröffnet, das Herz an den grossen Gefässen abgebunden und unter Chloroformbenzol eröffnet. Es entleeren sich hierbei eine grosse Menge von Gasblasen. Die übrigen Organe normal. Im Rückenmark makroskopisch nichts Abnormes.

Versuch 20.

Hund Nr. XXII.

Caisson. Einschleuszeit: 15 Minuten.

Druck: 2,6 Atm.

Ausschleuszeit: 15 Minuten.

Der mittelgrosse Hund wird durch 0,12 gr Morphin subcutan narcotisiert, der Apparat, Fig. 5, in die linke Arteria carotis eingebunden. Der Hund bleibt 2 Stunden unter Druck. Nach der Blutentnahme der Apparat vollständig gefüllt. Hähne intact. Bei der Abnahme des Apparates von der

Arterie reisst dieselbe ab. Der Hund verblutet sich im Caisson und kommt todt heraus.

Nach der Herausnahme bietet das Blut, das um den Hund auf dem Brette zum Theil schon geronnen sich befindet, einen ungewöhnlichen Anblick, indem zahlreiche kleine Gasblasen in demselben sichtbar sind und ganze Partien des zähen Blutes in Form fast nussgrosser Blasen emporgehoben sind.

Die sofort vorgenommene Section des Hundes ergab:

In den Jugularvenen sowie in der Vena cava die Blutsäule von verschiedenen grossen, perlschnurartigen Gasblasen unterbrochen. Am Herzen sieht man dasselbe an den Coronargefässen, und man sieht an beiden Herzhöhlen deutlich beim Verschieben und Drücken das Vorhandensein von reichlich mit Gasblasen gemengten schaumigen Blutes. Die Herzventrikel erscheinen schlaff, aufgetrieben. Das Herz wird an den grossen Gefässen abgebunden und in Benzolchloroform eröffnet. Es wird zuerst der linke, dann der rechte Ventrikel mit der Scheere angeschnitten. Aus beiden steigen sehr grosse und massenhafte Gasblasen auf. Daneben entleert sich wenig Blut, welches in Form von Kugeln an die Oberfläche steigt. Die einzelnen Blutkügelchen erscheinen an ihrer Oberfläche von einer Gaskuppe gekrönt, die zum Theil aus einzelnen sehr feinen Gasbläschen zusammengesetzt ist.

Die Aorta abdominalis sowie die grossen Venen lassen beim Einschneiden das Blut austreten, das theils schon schaumig ist, oder aus dem nach einigen Secunden reichlich Gasblasen aufperlen, wodurch die Oberfläche ein schimmerndes, silberglänzendes Aussehen erhält. Auch in den Arterien und Venen der beiden hinteren Extremitäten ist die Blutsäule reichlich durch Gasblasen unterbrochen. Lungen anämisch, Leber, Milz und Nieren normal. Auf Gehirn und Rückenmark musste verzichtet werden. Analyse der Blutgase siehe pag. 33 u. d. folg.

Versuch 21.

Hund Nr. XXI.

Caisson. Druck: 2,5 Atm.

Einschleuszeit: 15 Minuten.

Ausschleuszeit: 35 Minuten.

Der mittelgrosse Hund wird durch 0,2 gr Morphin subcutan narcotisiert. Der Blutapparat, Fig. 2, in die linke Art. carotis eingebunden. Der Hund blieb drei Stunden im Caisson.

Der Apparat ist nach der Blutentnahme ganz mit Blut gefüllt, vollständig intact.

Gasanalyse siehe pag. 33.

Der Hund wird rasch durch Chloroform getödtet.

Section: Lungen mässig blutreich; im Blute des rechten Ventrikels hie und da Gasbläschen; die übrigen Organe zeigen nichts Pathologisches.

Versuch 22.

Hund Nr. XX.

Caisson. Compressionszeit: 10 Minuten.

Druck: 2,5 Atm.

Decompressionszeit: 30 Minuten.

Der mittelgrosse Hund wird durch 0,12 gr Morphin subcutan narcotisiert. Der Blutapparat, Fig. 5, in die linke Arteria carotis eingebunden. Der Hund blieb vier Stunden unter Druck. Nach der Blutentnahme der Apparat vollständig mit Blut gefüllt, Hähne intact.

Nach einiger Zeit bilden sich im Blute ganz feine Gasblasen. Der Hund durch Chloroformnarkose getötet.

Gasanalyse siehe pag. 33 u. d. folg.

Section: Lungen von normalem Blutgehalt; das Blut des rechten Herzens enthält feine Gasblasen, ebensolche vereinzelt zwischen den Trabekeln; hie und da Gasblasen in den erweiterten grossen Venenstämmen; mässige Hyperämie der Abdominalorgane.

Versuch 23.

Zwei Kaninchen.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Hg. v. Sch.	Bar. Hg.
10h10'	0	0°	+1°	80 ⁰ / ₀	760 mm 80 %
10 13'	2,8		+7°	90 "	
10 23'30"	2,8		+6°	88 "	
10 24'	0		-1°	78 "	

Beide Kaninchen werden 15 Minuten nach dem Ausschleusen, während welcher Zeit sie keinerlei Erscheinungen gezeigt hatten, durch Schläge auf den Kopf getötet.

Sectionsbefund: In den Coronargefässen des Herzens die Blutsäule von Gasblasen unterbrochen. Die rechte Kammer dilatirt enthält neben spärlicher Menge von Blut Gasblasen; in der linken contrahirten Herzkammer feinschaumiges Blut zwischen den Trabekeln. Die Lungen anämisch. In den Arterien und Venen des Zwerchfelles, sowie den Gefässen der Extremitäten schaumiges Blut. — In der Aorta, der Cava ascendens und descendens Gasblasen und schaumiges Blut.

Versuch 24.

Hund Nr. XVIII.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. H.	Bar. Hg.
9h30'	0	+ 3°	+ 3°	90 ⁰ / ₀	757 mm 90 %
9 40'	4,5		- 8°	—	
10 58'	4,5		—	95 "	
10 59'	0		- 2°	88 "	

Zeigt nach dem Ausschleusen keine Erscheinungen. Das Thier wird rasch durch Bulbusstich getödtet.

Section. Im rechten Herzen Gasbläschen in geringer Menge dem Blute beigemischt. Ebenso freie Gasbläschen im rechten Vorhof und in der Vena cava ascendens. Die Lungen anämisch; sonst keine pathologischen Veränderungen.

Versuch 25.

Hund Nr. XXXVIII.

Ein mittelgrosser Hund wird in zwei Minuten auf den Druck von 2,5 Atm. eingeschleust und 5 Minuten in dem Druck belassen; Decompression in 50 Sec. Das Thier zeigt keine Erscheinungen.

Nach einer Stunde wird das Thier neuerdings auf denselben Druck gebracht und durch 30 Sec. im Apparate belassen; rasche Decompression. Das Thier zeigt keine Erscheinungen.

Section nach 10 Minuten ergiebt Gasblasen in einzelnen venösen Gefässstämmen.

Versuch 25a¹⁾.

Hund Nr. XIII.

(Versuch in der Sanitätsschleuse.)

Ein mittelgrosser Hund wird in ca. 15 Minuten auf einen Ueberdruck von 1,2 Atmosphären comprimirt und durch $\frac{3}{4}$ Stunden in der Kammer belassen. Nach dieser Zeit wird das Thier mittelst der Medicamentenschleuse nahezu momentan decomprimirt.

Der Hund zeigt keinerlei Erscheinungen, er befindet sich wohl und läuft herum.

Ungefähr 10 Minuten nach Verlassen des Apparates wird das Thier durch Chloroforminhalationen getödtet.

Die Section ergiebt: Lungen von normalem Blutgehalt. In der linken Vorkammer flüssiges Blut; die linke Kammer contrahirt, enthält nur eine spärliche Menge rothen Blutes; in der rechten Auricel sowie im rechten Ventrikel feinschaumiges Blut; in der Cava ascendens, mehr in der Vena cava descendens, freie Gasblasen von verschiedener Grösse im Blute nachweisbar. Im Bereich der Mesenterialgefässe nirgends freie Gase vorhanden; an den übrigen Organen nichts Pathologisches.

Versuch 26.

Hund Nr. XL und Nr. XLII.

Zwei Hunde werden in 3 Minuten auf den Druck von 4,5 Atm. gebracht und durch 15 Minuten in der Druckkammer belassen; rasche Decom-

1) Das Ergebniss dieses Versuches ist insbesondere gegenüber den Ansichten Smith's und seiner Anhänger von Wichtigkeit, die das Freiwerden von Gasen nach einer Decompression von so geringem Ueberdruck bestreiten.

pression; beide Thiere befinden sich wohl und zeigen keinerlei Erscheinungen. Die Section des einen Hundes zeigt vereinzelte Gasblasen im Gebiet der beiden Hohlvenen und des rechten Vorhofes; Lungen blutreich, im übrigen normale Verhältnisse.

Versuch 27.

Hund Nr. XXXIX.

Mittelgrosser Hund rasch auf 3,5 Atm. eingeschleust; wird durch fünf Minuten in der Experimentirkammer belassen; nach dieser Zeit Decompression in 50 Secunden; keine Erscheinungen. Die sofort vorgenommene Section ergibt keine freien Gasblasen in den Gefässen.

Versuch 28.

Hund Nr. XLI und ein Kaninchen.

Ein Hund sowie ein Kaninchen werden in einer Minute auf den Druck von 4,7 Atmosphären gebracht, durch 5 Minuten im Apparate belassen und rasch entschleust. Nach der Herausnahme der Thiere aus dem Apparat zeigen dieselben keine Veränderungen; die rasch danach vorgenommene Section beider Thiere lässt keine freien Gase in den Gefässen derselben erkennen.

Versuch 29.

Hund Nr. XIX.

Caisson. Compressionszeit: 10 Minuten.

Druck: 2,37 Atm.

Decompressionszeit: 30 Minuten.

Dem mittelgrossen Hunde werden 0,22 gr Morphin in die Bauchdecken injicirt. In der dadurch bewirkten Narcose wird die linke Arteria carotis aufgesucht, peripher unterbunden, central durch einen Schieber abgeklemmt und der Apparat, Fig. 5, eingebunden. Der Hund wurde um $\frac{3}{4}$ h eingeschleust, um $\frac{3}{4}$ h erfolgte die Blutentnahme. Der Hund kam lebend heraus und wurde durch Chloroformnarcose getödtet. Der Apparat war vollständig intact und ganz mit Blut gefüllt. Allmählich bildet sich ein kleiner Luftraum und Gasblasen steigen in Form von feinen Perlen aus dem Blute auf.

Section ergibt allenthalben normale Verhältnisse.

Die Analyse der Blutgase siehe pag. 33 u. d. folg.

Versuch 30.

Kaninchen.

(Caisson. Druck: 2,4 Atm.)

Ein Kaninchen wird in die Materialkammer eingeschleust und daselbst 2 Stunden belassen. Hierauf in einer Zeit von 30 Minuten mit den Arbeitern ausgeschleust und knapp vor dem Oeffnen der Thüre des Vorraumes durch Schläge ins Genick getödtet, also nach beendeter Decompression.

Das todte Thier wird unter Wasser gebracht und der Thorax unter Wasser eröffnet; das Herz an den grossen Gefässen abgebunden und unter einer Chloroformbenzoldmischung geöffnet. Es steigen keine Luftblasen auf. Im Gefässsystem nirgends Gasblasen. An den inneren Organen allenthalben normaler Befund.

Versuch 31.

Hund Nr. XLII.

Das Thier wird rasch comprimirt und 3 Stunden in einem Luftdruck von 2,8 Atm. belassen. Decompression in 20 Minuten; das Thier befindet sich wohl und läuft herum. Es wird durch Chloroform getödtet. Bei der Section lassen sich nirgends Gasblasen nachweisen.

C. Beobachtung an lebenden Thieren.

Versuch 32.

Hund Nr. XLIII.

Einem Hunde wird unter Cocainanaesthesie die Bauchhöhle in der linea alba eröffnet, die Darmschlingen freigelegt und mit Compressen, die mit warmer physiologischer Kochsalzlösung getränkt sind, bedeckt.

Das Thier wird rasch eingeschleust und $\frac{3}{4}$ Stunden unter einem Drucke von 4,5 Atmosphären belassen, hierauf in 35 Secunden decomprimirt.

Nach der Decompression zeigen sich die Darmschlingen stärker injicirt; Puls an den Gefässen derselben allenthalben sichtbar, nirgends Gasblasen.

Herzaction frequent, keine Krämpfe oder paraplegische Erscheinungen.

Die Darmschlingen werden nun hervorgezogen, um auch die Gefässe an der Radix mesenterii zur Anschauung zu bringen.

Bei weiterer Präparation, nunmehr unter Chloroformnarcose, zeigen die Gefässe der Vena portae nirgends Gasblasen, jedoch einzelne grössere und kleinere Gasblasen in der Vena cava und der linken Arteria renalis; in den übrigen Arterien freies Gas nicht erkennbar. Nach 10 Minuten Eröffnung der Thorax; das Herz contrahirt sich noch, jedoch unregelmässig, man gewahrt im oberen Abschnitt der Vena cava ascendens sowie in der Cava descendens und durch die Wand des rechten Atriums grössere und kleinere, an vereinzelter Stellen gehäuft, feinere Bläschen; ebenso Blasen in der Vena iliaca dextra und sinistra. Die Herzcontractionen haben aufgehört; in den Arterien sowohl jetzt, wie auch nach 10 Minuten keine Index gazeuses; in den Venenstämmen ist das Bild dasselbe geblieben. Schaumiges Blut im rechten Herzen. Lungen blass; keine Ecchymosen in denselben vorhanden; im übrigen keine Veränderungen.

Versuch 33.

Hund Nr. XLIV.

Ein mittelgrosser fatter Hund wird in Morphinarkose in 3 Minuten bis zu einem Druck von 4,5 Atmosphären comprimirt und verbleibt eine

Stunde in comprimierter Luft. Das Thier verhält sich im Drucke vollkommen ruhig. Athmung regelmässig.

Es wird hierauf in 30 Secunden decomprimirt und sofort nach der Decompression die Bauchhöhle eröffnet, zugleich werden die Arteria und Vena cruralis linkerseits sowie die Arteria carotis und Vena jugularis freigelegt.

Bei der Beobachtung der Gefässe zeigt sich im circulirendem Blute keine Veränderung. Die Circulation in den Gefässen der freigelegten Darmschlingen hat aufgehört; kein Puls an den Arterien derselben sichtbar; in der Blutfüllung zeigt sich keine Veränderung, keine Hyperämie.

Nach 5 Minuten treten bei dem Thiere Streckkrämpfe in den hinteren Extremitäten, dann auch gleichzeitig in allen vier Extremitäten auf. Nach weiteren zwei Minuten bilden sich in den Gefässen des Mesenteriums anfänglich ganz kleine lichtroth gefärbte Parthien aus, die bei näherem Zusehen als ganz feine Gasbläschen sich von der sonst dunklen Blutfüllung der Venen abheben. Diese Erscheinung, zuerst nur in ganz wenigen Venen sichtbar, bildet sich bald in fast sämmtlichen venösen Gefässen des Mesenteriums, jedoch in wechselnder Weise aus. Man kann das Neuauftreten solcher Stellen sowie das Wachsen bereits vorhandener deutlich verfolgen; oft erfüllt das feinstschaumige Blutgasgemisch gleich den ganzen Querschnitt des Gefässes, in anderen und zwar in den grösseren Venen sieht man die Randzonen des Blutes sich gleichsam verfärben und feinschaumig werden; besonders ist dies an einigen Theilungsstellen deutlich zu sehen. Eine messbare Dilatation des Gefässrohres an den von dem Blutgasgemisch erfüllten Stellen ist nicht zu beobachten. In der schmalen Blutsäule der Arterien des Netzes keine Gasblasen. Zahlreiche über linsengrosse Hämorrhagien im Mesenterium treten während der Beobachtung auf und sind vorwiegend im Bereich der Randschlingen vorhanden; sie zeigen ein gestreiftes Aussehen.

Abermals Streckkrämpfe in den hinteren Extremitäten von sehr kurzer Dauer. Das Thier liegt dann ruhig; regelmässige langsame Herzaction, tiefe Athemzüge, zeitweilig aussetzend. Kein Gargouillement über dem Herzen. An den freigelegten, voll und kräftig pulsirenden Arterien sieht man anfänglich keine Veränderung. Auch zeigt Blut, welches man aus der Arteria carotis ausströmen lässt keine Gasblasen. Nach einigen Minuten erscheinen dieselben blässer und man kann nach vorsichtiger Entfernung der Gefässcheidenreste grössere, das Lumen ganz einnehmende, sowie kleinere Gasblasen in ruckweiser Bewegung erkennen. Bald darauf wird die Athmung sehr unregelmässig, ebenso unregelmässige Herzaction.

Der Hund wird rasch recomprimirt. Wie man sich durch das Glasfenster des Apparates überzeugen kann, athmet das Thier in der comprimierten Luft regelmässig fort. Es wird 5 Minuten im Apparate belassen; Decompression von 3,5 Atmosphären in 10 Minuten. Das Thier athmet mit tiefen Inspirationen; voller, kräftiger Puls an den Arterien; Herztöne nicht rein, wie von schnurrenden Geräuschen begleitet. An den Gefässen des Netzes keine Veränderung erkennbar, wenn es auch den Anschein hat, als

ob an einigen Stellen sich das beschriebene feinste Blutgasgemisch in etwas grössere Bläschen umgewandelt hätte. Es wird nunmehr die rechte Arteria femoralis freigelegt und man kann Gasblasen am pulsirenden Gefässe nachweisen. Eröffnung des Thorax. Unregelmässige wellenförmige Herzcontractionen; die Blutsäule der beiden Arteriae coronariae cordis von Gasindices unterbrochen, die sich jedoch nicht bewegen; in dem Venensystem des grossen Kreislaufes, ganz besonders im Gebiet der Vena cava grossblasiger und feinblasiger Inhalt, ausserdem auch einzelne im Blute schwimmende Gasblasen. Aus der Aorta und den grossen Arterien fliesst beim Einschnneiden kein Blut aus; erst durch Druck kann man grosse Gasblasen und spärliches Blut herauspressen; das Blut des hellen rosarothern Schaumes zeigt aus dem angeschnittenen Mesenterialvenen herausquellend dieselbe Farbe wie das nicht veränderte Blut. Die Leber verhält sich wie eine oedematöse Lunge; am Schnitt dunkelrother Schaum reichlich abfliessend; Lungen blass, anaemisch, nicht ecchymosirt. Herz: Der rechte Ventrikel dilatirt von schäumigem Blute erfüllt; der linke Ventrikel nahezu blutleer; im übrigen der Befund wie er bereits bei anderer Gelegenheit besprochen wurde.

Versuch 34.

Zwei Kaninchen.

Zwei Kaninchen werden ans Experimentirt Brett gebunden. Das eine wird schwach narcotisirt und die Bauchhöhle in der Medianlinie eröffnet. Die herausgetretenen Darmschlingen werden mit warmen, feuchten Compressen bedeckt.

Hierauf werden beide Thiere in drei Minuten comprimirt und eine Stunde lang in einem Drucke von 4,2 Atmosphären belassen. Nach dieser Zeit werden sie in 30 Secunden decomprimirt. Beide Thiere zeigen sowohl gleich nach dem Ausschleusen, als auch nach 8 Minuten, bis zu welcher Zeit zugewartet wird, keine Erscheinungen; bei dem Kaninchen mit eröffneter Bauchhöhle konnten in den noch deutlich pulsirenden Mesenterialgefässen keine Gasblasen nachgewiesen werden. Auch die weitere Section dieses Thieres ergab nirgends im Circulationssystem freies Gas. Dem zweiten Thiere, das während dieser Zeit schwach narcotisirt wurde, wird nunmehr ebenfalls die Bauchhöhle eröffnet; auch hier finden sich in den Gefässen keine Gasblasen.

Dieses Thier wird nunmehr nochmals und zwar durch eine halbe Stunde in den Druck von 4,2 Atmosphären gebracht, dann in 30 Secunden decomprimirt und lebend unter Chloroformnarkose secirt. Nirgends freie Gase, die auch nicht nach dem Tode des Thieres auftraten. Bei beiden Thieren keine Lungenechymosen.

Versuch 35.

Vier Kaninchen.

Vier Kaninchen werden zusammen auf einen Druck von 4,5 Atmosphären comprimirt.

Zeit der Compression 3 Minuten.

Dauer des Aufenthaltes in comprimierter Luft: 1 Stunde.

Zeit der Decompression: 30 Sekunden.

Die Thiere sind nach dem Ausschleusen munter und zeigen keinerlei Erscheinungen, springen herum, hören gut, und beschnuppern bereitgehaltene Nahrung. Nach 8 Minuten wird das Kaninchen a durch einen Schlag auf den Kopf getödtet.

Dem Kaninchen b wird in schwacher Narcose die Bauchhöhle eröffnet und werden die Gefäße der unteren Extremität freigelegt. In den Gefäßen nirgends Gasblasenbildung sichtbar.

Nach ca. 5 Minuten feine Gasbläschen (feinster Schaum) jedoch nur in der Vena iliaca dextra und sinistra sowie in einigen retroperitonealen Venen erkennbar. In den Arterien überall normale Füllung. Eröffnung des Thorax.

Section: Im Herzen keine freien Gase, auch kein Blutgasgemisch in demselben vorhanden. Lungen und die übrigen Organe zeigen normalen Befund; Hyperämie der Abdominalorgane.

Section des getödteten Kaninchens a, das ebenfalls keinerlei Erscheinungen geboten hatte: Gasblasen in den Venen und Arterien des gesammten Gefäßsystems in der bekannten Vertheilung; ferner Schaum im rechten Herzen. Der linke Ventrikel contrahirt, enthält nur wenig feinstschaumiges Blut.

Eine halbe Stunde nach der Decompression wird das Kaninchen c durch einen Schlag auf den Kopf getödtet und das Kaninchen a in Narcose wie das Thier b lebend secirt. Bei beiden Thieren vollständig negativer Befund rücksichtlich freier Blutgase.

Betrachtet man die Ergebnisse dieser Versuchsreihe übersichtlich, so konnten wir, was die Sectionsbefunde anlangt, in den Versuchen 11—26 inclusive Gasblasen im Gefäßsystem nachweisen¹⁾; in den Versuchen 27—31 inclusive wurden keine freien Gase im Blute gefunden; in den Versuchen 32—35 endlich konnten wir die Zeit und Art der Entstehungsweise der Gasblasen am lebenden Thiere beobachten.

Bei den Versuchen 11—16 inclusive wurden die Thiere in dem Druck getödtet, in dem sie geathmet hatten; die Entbindung der Gase aus dem Blute erfolgte daher im todtten Thiere; sie erfolgte im Venen- und Arteriensystem aus der ruhenden Blutmasse.

Bei den Versuchen 17—26 wurden die Thiere mehr oder minder rasch nach erfolgter Decompression getödtet, zu einer Zeit

1) Vergleiche hierzu auch Versuch 71: Nachweis freier Gasblasen nach der Decompression von 1 Atmosphäre.

also, wo das Thier wieder unter gewöhnlichem Luftdruck athmen konnte. Die Vertheilungsart der Gase im Gefässsystem des hierauf getödteten Thieres musste dann, mit einiger Reserve allerdings, diejenigen Verhältnisse zur Anschauung bringen, wie sie einige Zeit nach der Decompression im lebenden Thiere vorhanden waren.

Alle diese Versuchsthiere befanden sich mit Ausnahme der in den Experimenten 23, 25 und 26, über eine Stunde in comprimierter Luft.

In den Versuchen 17 und 24 erfolgte die Decompression sehr rasch, in den Versuchen 19 bis 22 wurde der Druckabfall langsam in einer Zeit bis zu 30 Minuten bewerkstelligt. In dem Experimente 25 betrug der Aufenthalt im Drucke 10 Minuten, im Versuche 26 war er 15 Minuten; die Decompression in dem einen Falle von 2,5 Atm., in dem andern von 4,5 Atm. erfolgte sehr rasch innerhalb einer Minute. Auch hier konnten noch, wenn auch spärlich, freie Gase im Venensystem nachgewiesen werden. Mit Ausnahme von Versuch 23, der Kaninchen betraf, waren es Hunde, die verwendet wurden.

Die Experimente 27 (Hund) und 28 (Hund und Kaninchen) zeigten uns, dass nach dem kurzen Aufenthalte von 5 Minuten unter erhöhtem Drucke (3,5 und 4,7 Atm.) trotz sehr rascher Decompression keine Gase im Blute aufgetreten waren.

In den drei folgenden Versuchen 29—31, wovon 29 und 30 Hunde betrafen, während in 31 ein Kaninchen verwendet wurde, waren die Bedingungen so angeordnet, dass die Thiere 2—3 Stunden unter Drücken von 2,4—2,8 Atm. verblieben, um dann in 35 Minuten ausgeschleust zu werden. Wie in den beiden vorhergehenden Versuchen zeigten sich auch hier keine Veränderungen im Gefässinhalt.

Die nun folgenden Experimente 32—35 wurden so angestellt, dass wir die Thiere durch längere Zeit, bis zu einer Stunde in einer Atmosphäre von 4,5 Atm. Druck verweilen liessen und dann so rasch als möglich decomprimierten, um die Gasblasenbildung im lebenden Thiere beobachten zu können.

Wenn wir also die Thiere eine bestimmte Zeit lang, als deren untere Grenze wir 15 Minuten ansehen müssen, unter einem Druck von 2,5 Atm. belassen, so konnten wir selbst noch bei einer

Decompressionszeit von 30 Minuten Gasblasen im Gefäßssystem nachweisen. Ist aber der Aufenthalt ein zu kurzer oder die der jeweiligen Druckerhöhung entsprechende Decompressionszeit eine zu lange, so beobachtet man kein Freiwerden von Gas aus dem Blute¹⁾.

Was nun Form und Vertheilung der Gasblasen betrifft, so ist folgendes zu sagen.

Bei den Thieren, welche unter erhöhtem Luftdruck getödtet worden waren, fanden sich freie Gasblasen sowohl im arteriellen, als auch im venösen Gefäßsystem; in beiden Ventrikeln des Herzens, in Arterien und Venen, und zwar in reichlicher Menge, so dass es schwer hält, anzugeben, ob stärkere Gasentbindung im Venen- oder Arteriensystem stattgefunden hat. Nur rücksichtlich der Vertheilungsart und Form der Gasblasen fallen insbesondere bei Vergleichung der kleineren Arterien und Venen deutliche Unterschiede auf. Ohne in Bezug auf diese Versuchsreihe auf eine genauere Beschreibung einzugehen, kann man im Allgemeinen sagen, dass es in den Venen mehr zur Bildung grösserer und kleinerer Gasbläschen kommt, während in den Arterien die Blutsäule durch die freien Gase stellenweise ganz verdrängt ist und so durch Gasindices unterbrochen erscheint.

Rücksichtlich der Versuche 17—26 wollen wir hervorheben, dass der Sectionsbefund ein verschiedenes Resultat ergab, indem einmal das ganze Gefäßsystem (Arterien und Venen), sowie auch das System der Vena portae von freien Gasen erfüllt war, während in anderen Fällen (21, 22 und 26) nur das System des rechten Herzens, sowie dieses selbst den Befund von frei gewordenen Blutgasen darbot. In Bezug auf die am lebenden Thiere gewonnenen Erfahrungen heben wir die Beobachtung der primären Entstehung der Gase im Venensystem, sowie den Umstand hervor, dass dieselben in Form feinsten Bläschen, und zwar erst einige Zeit nach der Decompression (in Vers. 44 nach ca. 8') sichtbar auftreten²⁾.

1) Bei dem unter Druck getödteten Thier ist die Decompressionszeit natürlich innerhalb gewisser Grenzen ohne Belang.

2) In Untersuchungen über das Freiwerden von Gasen aus dem Blut bei Luftverdünnung werden wir auch vom Verein für Luftschiffahrt durch Dr. Berson unterstützt.

III.

Analyse der Blutgase.

Bevor wir auf die Methode und die Resultate unserer Blutgasanalysen eingehen, müssen wir zunächst auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher die Anstellung der in Rede stehenden Untersuchungen für uns äusserst schwierig gestaltete, und dadurch auch die Zahl der gemachten Analysen beschränkte, indem vielfach mit Mühe gewonnene Blutproben später, als zu einer einwandfreien Untersuchung nicht geeignet, keine Verwendung finden konnten. Dieser die genannten Beobachtungen störende Umstand war die räumliche Trennung des Laboratoriums von dem Orte, wo wir über comprimirte Luft verfügten, so dass die gewonnenen Proben über eine Stunde weit vorsichtig transportirt werden mussten. Günstiger gestaltete sich die Sache für uns, als wir über einen eigenen, lediglich für experimentelle Zwecke bestimmten Apparat verfügten. Vor Herstellung desselben waren wir bemüht, die comprimirte Luft eines eben im Bau befindlichen *Caisson objects* zu benutzen, indem wir trotz aller Schwierigkeiten nicht auf die so seltene Gelegenheit verzichten wollten, Blut von unter bedeutend erhöhtem Luftdruck athmenden Thieren bezüglich des Gasgehaltes zu untersuchen.

Die sämmtlichen chemischen Analysen wurden von Herrn Dr. von Zeynek, Assistenten am Wiener K. u. K. pathologisch-chemischen Institut, nach der Methode von Pflüger ausgeführt, und ergreifen wir an dieser Stelle die Gelegenheit, Herrn Dr. von Zeynek für seine freundliche, werthvolle Mithilfe unseren besten Dank auszusprechen.

Zunächst konnten wir uns nur die Aufgabe stellen, die Blutgasverhältnisse an Thieren zu studiren, die wir im *Caisson* unter denselben Druck brachten, unter welchem eben Menschen arbeiteten.

Zur Gewinnung des Blutes dieser Thiere bedienten wir uns der folgenden Maassnahmen.

Verwendet wurden Hunde von 5–6 kgr Gewicht, die in Morphinnarcose nach der gleich näher zu beschreibenden Operation in den Senkkasten eingeschleust wurden, und nach mehrstündigem Verweilen daselbst unter einem Ueberdruck von 2,5 Atmosphären innerhalb 10 bis 30 Minuten decomprimirt wurden.

Das angewandte Verfahren musste nothwendiger Weise so eingerichtet werden, dass das zu untersuchende Blut dem Thiere in comprimirter Luft entnommen wurde, da wir unter diesen Umständen kein Mittel besaßen, selbst unter normalem Barometerstand hantirend, Blut von einem unter erhöhtem Luftdruck athmenden Hunden zu gewinnen, wie wir dies später zu thun im Stande waren.

Nach Präparation der Arteria carotis, Unterbindung ihres peripheren Endes und Durchschneidung des Gefäßes wurde in das Ende des abgeklämmten centralen Stumpfes das Rohr *a* des Glasgefäßes *A* oder *B* (Fig. 5) eingebunden, der Hahn *b* geschlossen und das Thier sammt dem gehörig befestigten Apparate in den Caisson gebracht. Das Gefäß wurde vor dem Gebrauch mit oxalsaurem Natron durchgespült und eine kleine Menge desselben zur Vermeidung von Gerinnung im Gefässe belassen.

Fig. 5.

Apparate zur Gewinnung von Blut in comprimierter Luft.

A: Ballonartiges Gefäß mit zwei eingeschmolzenen Glasröhren, *r'* und *r*, wovon letztere nahezu bis auf den Boden des Gefäßes reicht.

B: Eproutettenartiges Gefäß, dessen Glasröhren ebenso angeordnet sind, wie im Gefäße *A*. *r* und *r'* sind an ihren beiden Enden zur besseren Befestigung an der Arterie etwas aufgetrieben.

Das Glasgefäß *B* hatte den Vortheil, dass die einströmende Blutmenge die Luft mit einer nur geringen Oberfläche auszutreiben hatte.

Die Blutentnahme unter erhöhtem Luftdruck wurde in der Weise bewerkstelligt, dass die an der Arterie befestigte Sperrpincette, sowie der Hahn *b* und *e* geöffnet wurden, sodass das arterielle Blut in den Apparat einströmen konnte. Nach Füllung desselben, sowie des Rohres *r'* bis *e* wurden beide Hähne geschlossen. Nach der Decompression wurde das Gefäss von der Arterie abgenommen und ins Laboratorium gebracht.

Durch Verbindung der Röhre *r'* mit der Quecksilberluftpumpe durch einen Kautschukschlauch konnten nach Oeffnung des Hahnes *e* die Blutgase ausgepumpt werden¹⁾. Dass dieses Verfahren gewisse Mängel besitzt, braucht wohl nicht besonders betont zu werden. Die Entgasung konnte leider erst etwa 1 Stunde nach der Blutentnahme stattfinden, ebenso war eine Einkühlung der Blutprobe nicht durchführbar²⁾; es ist somit nicht nöthig zu erklären, warum trotz scheinbar vollkommen dichten Schliessens der Hähne von einer grösseren Zahl von Proben nur eine verwendbar war.

Die Analyse dieser Blutprobe (32,88 cm³ von einem Hund, der in einem Ueberdruck von 2,53 Atmosphären geathmet hatte) ergab 11,64 cm³ Gas von der Zusammensetzung:

$$\text{CO}_2 = 26,15 \text{ Vol. } \%$$

$$\text{O} = 6,35 \text{ „ „}$$

$$\text{N} = 2,90 \text{ „ „}$$

Vergleicht man den Stickstoffwerth dieser Analyse mit den Stickstoffzahlen, die bei gewöhnlichem Atmosphärendruck ermittelt wurden, so ergibt sich bei Berücksichtigung des von Zuntz bestimmten Mittelwerthes von 2,7 Volum % eine nur sehr geringe Steigerung, bei Vergleichung mit den Zahlen Pflüger's eine Zunahme um 11 Vol. % gegenüber seiner Mittelzahl, eine solche von 1,7 Vol. % gegenüber seiner Minimalzahl, ebenso eine Zunahme von 1,5 Vol. % gegenüber dem höchsten Werth, den Sczelkow ermittelt hat; die von Pflüger angegebene Maximalzahl wird jedoch von unserer N-Zahl nicht erreicht. Rücksichtlich des von P. Bert gefundenen Mittelwerthes von 2,2 Vol. % ergibt sie eine Zunahme von 0,6 Vol. %, ebenso wie sie gegen einen aus Pflü-

1) Die Entgasung der Probe wurde mit einer Geissler'schen Pumpe ausgeführt, die einen grossen Recipienten hatte, so dass die Gasgewinnung fast momentan erfolgte. Zum Blute wurde kein weiterer Zusatz gegeben.

2) Zunahme des CO₂-Gehaltes auf Kosten des O.

ger's und Bert's Angaben gezogenen Werth von 2,15 Vol.‰ eine Vermehrung von 0,85 Vol.‰ aufweist, jedoch nur 0,5 Vol.‰ geringer ist, als die von dem letzteren Autor für 2,5 Atmosphären angegebene Zahl.

Nach dieser vergleichenden Zusammenstellung dürfen wir wohl eine Vermehrung des Stickstoffgehaltes der analysirten Blutprobe annehmen, wenn dieselbe auch geringer ist, als wir erwartet hatten; leider verfügten wir nicht über eine Controlprobe von demselben Thier unter gewöhnlichem Atmosphärendruck¹⁾.

Bevor wir eine weitere Methode der Gewinnung des Blutes von einem Thiere, das unter erhöhtem Atmosphärendruck geathmet hatte, mittheilen, durch welche wir eine Vermehrung des Stickstoffgehaltes im Blute sicher constatiren konnten, wollen wir noch einer Untersuchung Erwähnung thun, durch welche festgestellt werden sollte, dass im Blute des Menschen, welcher entsprechend langsam decomprimirt wurde, kein Ueberschuss an Stickstoff mehr vorhanden ist.

Leider war es, wie leicht begreiflich, aus äusseren Gründen nicht möglich, diesbezüglich zahlreichere und genauere Angaben zu gewinnen.

Die hier mitgetheilte Analyse stammt von der Blutprobe eines Menschen, der eine Stunde unter einem Ueberdruck von 2,5 Atm. gearbeitet hatte und in 40 Minuten ausgeschleust worden war.

Das Blut wurde dann nach ca. 3 Minuten in der Weise entnommen, dass in die eröffnete Vena mediana eine Canüle eingeschoben wurde, die mittelst eines dicht schliessenden Kautschuk-schlauches mit einem Gefässe in Verbindung stand, das auf ähnliche Weise, wie die bereits beschriebenen Apparate construirt war.

Entnommen wurden 108,0 cm³ Blut, die 43,30 cm³ Gas ergaben. Die Zusammensetzung desselben war folgende.

1) Eine weitere Analyse sei hier nur nebenbei erwähnt; bei derselben war der N-Gehalt auffallend gering, wohl in Folge der leider nicht vollkommenen Methode der Gewinnung der Blutprobe.

84,56 cm³ Blut gaben 27,79 cm³ Gas. (Das Thier befand sich eine halbe

Für 100 cm³ Blut, 24,87 cm³ CO₂ Stunde in 2,4 Atm. Ueberdruck.)

6,17 „ O

1,82 „ N.

$$\text{CO}_2 = 34,92 \text{ Vol.}\%$$

$$\text{O} = 3,74 \text{ „ „}$$

$$\text{N} = 1,43 \text{ „ „}$$

Wie man sieht, ist der gefundene Stickstoffwerth eher noch etwas geringer, als der von Setschenoff für das Menschenblut bei normalem Atmosphärendruck bestimmte Werth, 1,6 Vol.%. Wir können also sagen, dass in diesem Falle der Stickstoffgehalt des Blutes nach der Decompression jedenfalls kein erhöhter mehr war.

Nachdem wir über eine eigene Experimentirkammer geboten, waren wir im Stande, Blut von einem in hoch comprimirter Luft befindlichen Thiere zu gewinnen, ohne sich selbst

Fig 6 (schematisch).

Gewinnung von Blut eines in einem Medium von 5 Atm. athmenden Hundes
behufs Analyse der Blutgase.

W Vordere Wand der Experimentirkammer.

C In dieselbe eingefügte Messingröhre.

K Kautschukschlauch mit der Arteria carotis des Thieres durch eine Canüle in Verbindung.

Hg Gefäss mit Quecksilber.

A Eudiometerrohr, in welches man das ausströmende Blut aufsteigen sieht.

T Das Eudiometerrohr, an seinem unteren Ende durch einen Kautschukstopfen geschlossen, befindet sich in einem mit Quecksilber gefüllten Cylinder zum Transport ins Laboratorium.

in derselben aufhalten zu müssen. Die von uns angewandte Methodik ist aus der Beschreibung des nachfolgenden Versuchs, sowie aus der demselben beigegebenen schematischen Figur 6 ohne Weiteres verständlich.

Versuch I.

Hund Nr. LXXIII.

Bei einem Hunde wird die Arteria carotis mittelst Canüle und einem dicht schliessenden kurzen Schlauch mit dem Messingrohre *C* in Verbindung gebracht; Canüle, Schlauch und Rohr werden bis zu dem an dem letzteren befindlichen äusseren Hahn mit 1% oxalsaurem Natron gefüllt, um die Gerinnung des Blutes zu verhüten. Nach Abnahme der Sperrpinzette von dem Gefässe wird der Hahn geschlossen.

Nachdem der Hund in 5 Minuten unter einen Druck von im Ganzen 5,8 Atm. gebracht worden und 30 Minuten in demselben verblieben war, während welcher Zeit stets für genügende Lufterneuerung im Apparate Sorge getragen wurde, wird der bezeichnete Hahn geöffnet. Als nach Abfluss des oxalsauren Natrons reines Blut ausfliesst, wird dasselbe mittelst Kautschukrohr durch eine früher aussen angebrachte Glasröhre unter Quecksilber aufgefangen¹⁾. An der Oberfläche des Blutes bilden sich nach kurzem Stehen feinste Gasbläschen, die sich an der Kuppe des Endiometerrohres zu einzelnen grösseren Blasen sammeln; nach einiger Zeit hat sich eine geringe Menge freien Gases im obersten Theile des Rohres angehäuft. Das nicht aufgefangene ausgeflossene Blut fühlt sich in geronnenem Zustande wie ein Stückchen emphysematöser Lunge an und zeigt mikroskopisch und auch schon mit blossen Auge ganz feine Bläschen von freiem Gas. — Das Endiometerrohr wird in dem mit Quecksilber gefüllten Cylinder *T* ins Laboratorium gebracht und das im Messrohre gesammelte Blut mittelst der Luftpumpe behufs Analyse entgast.

Versuch II.

Hund LXXIII.

Anordnung des Versuches wie im Experiment I.

Einschleusszeit: $4\frac{1}{2}$ Minuten.

Atmosphärendruck: 5,5 Atm.

1) Nach der weiteren Entnahme einer grösseren Blutmenge wird das Thier in 10 Minuten decomprimirt; nach circa 20 Minuten erbricht der Hund, Puls sehr schwach, Athmung sehr verlangsamt. Während der nunmehr vorgenommenen Recompression stirbt das Thier rasch nach Erreichung des höchsten Manometerstandes. Bei der Section zeigen sich makroskopisch nirgends Gasblasen in den Gefässen; Organe blass anämisch. Im Gehörorgan beiderseits die Bulba mit dunkelrothem, zum Theil flüssigem, zum Theil coagulirtem Blute erfüllt. Die mikroskopische Untersuchung des Gehörorganes in anderem Zusammenhange.

Zeit des Verweilens bis zur Blutentnahme: 45 Minuten.

Nach dieser Zeit werden ca. 40 cm³ Blut im Eudiometerrohr aufgefangen, welches dasselbe Verhalten wie nach dem Versuche zeigt.

Bedauerlicher Weise konnte diese zweite Blutprobe wegen Gerinnsehbildungen nicht verworthen werden, da sich ein Coagulum vor das zur Pumpe führende Rohr legte; die erhaltene geringe Gasmenge wurde zwar der Untersuchung unterzogen, ergab aber keine verworthenbaren Resultate.

Ebenso gelang es nicht, eine dritte und vierte Probe einwandfrei ins Laboratorium zu schaffen.

Analyse der Blutprobe¹⁾ des Versuches No. I.

46 cm³ Blut ergaben für 0° C. und 760 mm Quecksilberdruck 24,5 cm³ Gas von der Zusammensetzung:

$$\text{CO}_2 = 33,8 \text{ Vol. } \%$$

$$\text{O} = 10,2 \text{ „ „}$$

$$\text{N} = 9,2 \text{ „ „}$$

also im Ganzen 53,2 Vol. % Gas.

Die Vermehrung des Stickstoffgehaltes im untersuchten Blute ist somit eine bedeutende und übertrifft sogar die von P. Bert für 6 Atmosphären Druck ermittelte Stickstoffzahl von 6,5 um 2,7 Vol. %. Wir müssen da wohl annehmen, dass das Blut des Versuchstieres auch unter gewöhnlichem Luftdruck bereits einen hohen Stickstoffgehalt hatte.

Wenn wir uns somit auch über die Aenderung der Blutgase in comprimierter Luft durch eigene Untersuchungen überzeugen wollten, um auf diese Weise einen Schluss auf die Zusammensetzung der nach rascher Decompression freigewordenen Gasblasen ziehen zu können, so waren wir insbesondere bestrebt, die Natur und Zusammensetzung derselben direkt zu ermitteln, wie dies vor uns P. Bert gethan hat. Wenn wir auch das Blut einem Thiere entnommen haben, welches in der Kammer einem erhöhten Luftdruck ausgesetzt ist und wir dann unter dem herrschenden Barometerdrucke Gasblasen aus dem Blute frei werden sahen, deren chemische Zusammensetzung wir dann feststellen konnten; so glaubten wir nicht ohne weiteres annehmen zu dürfen, dass die Gase in derselben quantitativen Zusammensetzung nach der Decompression auch im Circulationsapparat des lebenden Thieres frei werden.

1) Das spezifische Gewicht des Blutes konnte nach dem bei Versuch 8 diesbezüglich Gesagten nicht genau bestimmt werden.

Wir suchten daher die im lebenden Thiere freigeordneten Gase direkt aufzufangen und zu untersuchen, um die Natur dieser Gasblasen kennen zu lernen und zu sehen, ob die Annahme berechtigt war, der zu Folge dieselben der Hauptmasse nach aus Stickstoff bestehen mussten. Die insbesondere in der Versuchsreihe IV mitzutheilenden Experimente bei Compression auf einen Druck von über 4 A., entsprechendem Aufenthalt (durch ca. eine Stunde) in diesem Drucke mit nachfolgendem raschen Druckabfall (30—50“) werden uns zeigen, dass die Thiere entweder fast momentan sterben oder nach wenigen Minuten von den schwersten asphyctischen Erscheinungen befallen werden, wozu wir auf die hochgradige Dyspnoe, den frequenten unregelmässigen Puls und die glucksenden Geräusche über dem Herzen hinweisen, welche wir bei Beschreibung der einzelnen Versuche mittheilen werden.

Die rasch vorgenommene Section dieser Thiere hatte uns ferner gelehrt, dass in solchen Fällen das Circulationssystem von Gasblasen überfüllt und das Herz, insbesondere dessen rechte Kammer, von Gas stark dilatirt ist, ja dass man häufig, besonders im rechten Ventrikel neben dem Gas fast gar kein Blut oder nur zwischen den Trabekeln desselben befindlich nachweisen kann.

Wir suchten nun die im Herzen, vorzugsweise im rechten Ventrikel angesammelten Gase von Thieren, die auf die geschilderte Weise decomprimirt worden waren behufs Analyse zu gewinnen.

Auch für diese Untersuchung machte sich der Umstand der örtlichen Trennung von Experimentirkammer und chemischen Laboratorium unangenehm fühlbar, indem wir nicht, wie dies P. Bert im Stande war, das Herz mittelst Spritze zu punktiren oder durch eine in die Vena jugularis eingeführte Canüle seines Gas- und Blutgasgemisches zu entleeren in der Lage waren, welches dann sofort zur Analyse weiter verwendet werden konnte; wir mussten vielmehr eine eigene Methode in Anwendung bringen, welche es gestattete, den gewonnenen, der Hauptsache nach gasförmigen Inhalt zur chemischen Untersuchung nach dem entfernten Laboratorium zu schaffen.

Wir gingen in folgender Weise vor.

Entweder starben, wie gesagt, die Versuchshunde nach wenigen Augenblicken (Exp. 37, 38, 39 u. 40) und dann wurden

sie sofort secirt, der Thorax eröffnet und das Herz an den grossen Gefässen abgebunden, um in der gleich näher zu beschreibenden Art weiter verwendet zu werden; oder die Thiere wurden auf der Höhe der asphyctischen Erscheinungen, nach deren Eintritt wir den günstigen Zeitpunkt zur Gewinnung der Herzgase, voraussetzen konnte, somit erst einige Minuten nach der Decompression durch Stich in die Medulla oblongata (Exp. 41 u. 42), ein anderer durch Erdrosseln (Exp. 43) getödtet. Hierauf wurde rasch der Thorax eröffnet, die grossen Gefässstämme ligirt und das Herz abgeschnitten. Dasselbe wurde dann gehörig abgetrocknet in eine Wanne unter Quecksilber gebracht, durch sorgfältiges Abwischen von den etwa adhären den Luftblasen befreit und in der Weise unter einem in das Quecksilber tauchenden Trichter eröffnet, dass die austretenden Gasblasen in das mit Quecksilber gefüllte Eudiometerrohr aufsteigen mussten. Die schematische Figur 7 zeigt den hierzu verwendeten Apparat; die Art und Weise des Vorganges ist aus Fig. 8 ohne Weiteres verständlich, in welcher

Fig. 7.

Schematische Abbildung des Apparates zur Gewinnung der Herzgase.

a Eudiometerröhre mit umgekehrtem Trichter.

W Aeussere mit Sand (*S*),

*W*₂ innere mit Quecksilber gefüllte Glaswanne, stark genug um den Druck von 2,5 Liter Hg aushalten zu können (Dimensionen: *l* = 21 cm, *b* = 13 cm, *h* = 13 cm).

Fig. 8.

Vorgang bei der Gewinnung der Herzgase.
Beide Ventrikel des Herzens gebläht; in den Coronargefäßen desselben freie
Gasblasen wahrnehmbar.

zur besseren Anschaulichkeit der Inhalt der Glaswanne Quecksilber durchsichtig gedacht ist.

Das Eudiometerrohr wurde dann an seinem unteren Ende mit einem Kautschukstöpsel geschlossen, in dem bereits genannten Cylinder *T* (Fig. 6) in Quecksilber gebracht und auf diese Weise in das Laboratorium geschafft.

Aber nicht bloss das freigewordene Gasgemisch steigt nach dem Einschneiden in das Eudiometerrohr auf, immer, wie dies ja aus dem früher Gesagten verständlich ist, gelangen neben dem Gas noch geringe Blutmengen in die Glasröhre, deren Gasgehalt den des freien Gasgemisches beeinflussen konnte. Wir glauben jedoch die dadurch gesetzten Fehlerquellen vernachlässigen zu dürfen, da eine hierdurch bedingte Zunahme der untersuchten Gasmenge der Hauptsache nach wohl auf die Gase Sauerstoff und Kohlensäure entfällt. Man wird daher zu der Annahme berechtigt sein, dass der Stickstoffgehalt der analysirten Gasmenge nahezu jenem gleichkommt, wie er in dem im Herzen vorhandenen freigewordenen Gasgemische enthalten ist. Vor der Analyse wurde das letztere vom Blute getrennt und in ein anderes Eudiometerrohr übergeleitet.

Des ferneren wird man es nicht als einen groben Fehler bezeichnen können, dass wir, um eine möglichst grosse Gasmenge zur Analyse zu bekommen, das Gas von mehreren Versuchsthieren in einem Rohr gesammelt und untersucht haben, werden doch jedenfalls die gefundenen Zahlen brauchbare Mittelwerthe darstellen, welche uns über die Zusammensetzung der nach raschem Druckabfall im Gefässsysteme auftretenden freien Gasblasen Aufschluss geben. Die schöne Uebereinstimmung der gefundenen Stickstoffwerthe mit den vor uns nur von P. Bert bestimmten Zahlen spricht für die gewonnenen Resultate¹⁾.

1) Die Gase aus den beiden Ventrikeln getrennt zu bestimmen, um auf diese Weise vielleicht eine Anschauung über die Thätigkeit der von einem Blutluftgemisch durchströmten Lunge zu gewinnen, scheiterte bis jetzt an der bedeutenden Schwierigkeit dieser Untersuchung. Aus äusseren Gründen mussten wir uns auch zufrieden geben, über bloss zwei sichere Gasanalysen zu verfügen. — Tobiesen hat nur den specifischen Sauerstoffgehalt des Blutes nach Decompression von zwei Atmosphären bestimmt.

Analyse I.

Herzgase von den Hunden.

No.	XVI Versuch	37 gestorben
„	XXXIV „	38 „
„	XII „	41 getödtet
„	XIII „	42 „

ca. 45 cm³ Gas

ergab CO₂ = 4,71

O = 15,31

N = 79,98

Analyse II ¹⁾.

Herzgase von den Hunden.

No. XXXII und XXXIII Versuch 40 gestorben

„	XIV	„	39 „
„	XVII	„	43 getödtet

ergab CO₂ = 12,45 ²⁾

O = 7,18

N = 80,37.

Vergleichsweise seien hierzu die Resultate der diesbezüglichen drei Gasanalysen von P. Bert angeführt, welche sich auf Versuchsthiere beziehen, die rasch von einem Drucke von 9,5–10 A. decomprimirt wurden.

P. Bert's Nr. DLVIII. Hund gleich nach der Decompression todt. Das rechte Herz von Gasblasen gebläht, keine freien Gase im linken Herzen.

In Volumprocenten CO₂ = 15,2

O = 2,0

N = 82,8.

P. Bert's Nr. DLXIX. Katze. 5 Minuten nach der Decompression todt. Das aus dem rechten Herzen gewonnene Gas, 23,8 cm³, hat die Zusammensetzung wie folgt:

In Volumprocenten CO₂ = 15,9

O = 0

N = 84,1.

1) Zwei weitere Proben konnten wegen der geringen Gasmenge nicht genau analysirt werden.

2) Der verhältnissmässig hohe CO₂-Gehalt erklärt sich vielleicht aus der Todesart, Strangulation des Thieres.

P. Bert's Nr. DXXXVIII. Hund. Gleich nach Verlassen des Apparates wird mittelst Canüle durch die rechte Vena jugularis 33,9 cm³ Gas gewonnen, dasselbe ergibt:

In Volumprocenten CO₂ = 20,8
 O = in Spuren ¹⁾
 N = 79,2.

Die in diesem Abschnitt mitgetheilten Versuche haben ergeben, dass das Blut des lebenden Thieres unter erhöhtem Luftdruck mehr Stickstoff absorbiert und dass das nach der Decompression im lebenden Thiere freigewordene Blutgasgemisch der Hauptsache nach aus Stickstoff besteht.

IV.

Decompressionsercheinungen.

A. Asphyctische Symptome.

Versuch 36.

Hund Nr. XXXI.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Hg. Sch.	Bar. Hg.
9 h 30'	0	+ 18 ⁰	+ 18 ⁰	87 ⁰ / ₁₀	
9 35'	4,2		+ 25 ⁰	93 „	
10 35'	4,2		+ 16 ⁰	84 „	
10 35'	0				

Der Hund stürzt 5 Minuten nach Verlassen des Apparates unter hochgradigster Dyspnoë zusammen. Ueber dem Herzen gurgelnde Geräusche zu hören, Puls kaum fühlbar, unregelmässig. Zunahme der asphyctischen Erscheinungen; nach 5 Minuten stirbt das Thier.

Section. Panniculus adiposus gut entwickelt; schon beim Durchschneiden der Muskulatur quillt aus den kleinen Muskulararterien und Venen schaumiges Blut hervor. Die Lungen blass, fast blutleer, keine Ecchymosen.

Das Herz ballonförmig gebläht. Beim Einschnneiden in den rechten Ventrikel entweicht in einen bereitgehaltenen Messcylinder eine bedeutende Menge (ca. 20 cm³) Gas; nur spärliche Mengen schaumigen Blutes zwischen den Trabekeln. Der linke Ventrikel sowie der Vorhof dilatirt; beide

1) Die im Vergleich zu P. Bert's Resultaten gefundenen höheren Werthe für O erklären sich wohl aus der Mitbestimmung von Gasen der Blutmenge, die in das Eudiometerrohr aufgestiegen war.

Fig. 9.

Gehirn eines Hundes nach der Decompression. Man sieht die Blutsäule der Arterien allenthalben von Gasblasen unterbrochen.

Atrien von schaumigem Blut prall gefüllt; in der linken Kammer reichlich grossblasiges schaumiges Blut. In der Cava ascendens und descendens sowie dem venösen Schädel sinus schaumiges, mit grösseren Gasblasen untermisches Blut. Die Leber verhält sich nach dem Einschnitten wie eine ödematöse Lunge. In den Mesenterialgefässen, dem System der Vena azygos., den Gefässen der Hirnhäute feine Gasblasen; ebensolche reichlich in den Arterien des Gehirnes, wie beistehende Abbildung zeigt (Fig. 9), sowie in allen peripheren Gefässen. Abdominalorgane blass; Nieren leicht cyanotisch.

Versuch 37.

Hund Nr. XVI, „Rouge“ (Männchen, 6 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h30'	0	+ 3°C.	+ 3°	90 0/0	757 mm 90 0/0
9 40'	4,5		+ 8°	95 „	
10 58'	4,5		+ 5°	— „	
10 59'	0		— 2°	88 „	

Stürzt nach dem Ausschleusen unter hochgradiger Dyspnoë zusammen und stirbt mit einem Schrei fast momentan; Thorax in maximaler Inspirationsstellung; Herz durch freie Gase ballonförmig gebläht. Das Herz wird zur Gasgewinnung verwendet. Gasblasen allenthalben in den Gefässen. Organe des Unterleibes blass cyanotisch; Lungen blass, auch aus grösseren Gefässen derselben entleert sich kein Blut auf die Schnittfläche.

Versuch 38.

Hund Nr. XXXIV (8 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg
8 h	0	+ 20 ° C.	+ 20 ° C.	80 %
8 10'	4,5		+ 26 ° C.	95 „
10 10'	4,5		+ 24 ° C.	93 „
10 10'30"	0		+ 17 ° C.	80 „

Nach Verlassen der Schleuse stürzt das Thier mit einem Schrei zusammen und ist sofort todt. Thorax in maximaler Inspirationsstellung.

Section. Herz sowohl im linken als auch im rechten Ventrikel ballonförmig gebläht, ausser Luft nur ganz geringe Mengen schaumigen Blutes in beiden Ventrikeln enthaltend; das gesammte arterielle und venöse Gefässsystem reichlich von Gasblasen erfüllt. Aus der Leber, Niere und Milz quillt beim Einschnneiden schaumiges Blut. Lungen blass, anämisch. — Die Herzgase werden behufs Analyse aufgefangen.

Versuch 39.

Hund Nr. XIV, „Spitz“ (8 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. H.	Bar. Hg.
2 h	0	+ 13	+ 13 °	86 %	740 mm 86 %
2 5'	4,5		+ 17 °	96 „	
3 15'	4,5		+ 16 °	90 „	
3 16'	0		+ 5 °	86 „	

Der Hund stirbt 2 Minuten nach dem Ausschleusen unter asphyctischen Erscheinungen.

Section: Herz ballonförmig gebläht, der rechte und linke Ventrikel stark dilatirt. Lungen blass, leicht gedunsen, in den Mesenterialgefässen massenhaft Gasblasen, Leber auf der Schnittfläche wie eine ödematöse Lunge, reichlich schaumiges Blut entleerend. — Die Herzgase wurden zur chemischen Untersuchung aufgefangen.

Versuch 40.

Hund Nr. XXXII, XXXIII.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Bar. Hg.
9 h 30'	0	+ 17° C.	+ 17° C.	80 ‰
9 h 35'	4,2		+ 24° C.	90 „
10 h 35'	4,2			89 „
10 h 35'39"	0		+ 16° C.	80 „
11 h	0	+ 19° C.	+ 19° C.	90 ‰
11 h 3'	4,2		+ 25° C.	97 „
11 h 35'	4,2			
11 h 35'30"	0		+ 16° C.	79 „

Beide Thiere wurden ca. zwei Minuten nach Verlassen des Apparates an den hinteren Extremitäten gelähmt, zugleich schwere asphyctische Symptome, die aber nach 15 Min. vollkommen schwinden.

Neuerdings eingeschleust, bessern sich die Lähmungen soweit, dass die Thiere, wenn auch mühsam, in der Schleuse umhergehen.

Nach der zweiten Decompression stürzen Beide hochgradig asphyctisch zusammen und sind bewusstlos. Der Hund Nr. XXXII stirbt innerhalb 10 Minuten, Nr. XXXIII in 20 Minuten, nachdem er an allen vier Extremitäten gelähmt am Boden lag.

Die Section beider Thiere ergibt fast den gleichen Befund wie beim Thiere des Versuches 36.

Die Herzgase wurden behufs chemischer Analyse aufgefangen.

Versuch 41.

Hund Nr. XII.

Das Thier ist vollkommen normal.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	+ 13°	+ 13°	86 ‰	740 mm 86 ‰
10 5'	4,5		+ 17°	92 „	
11 15'	4,5				
11 16'	0		+ 6°	82 „	

Der Hund stürzt nach dem Ausschleusen auf dem Wege zum ärztlichen Inspectionszimmer mit hochgradiger Dyspnoë zusammen; das Thier kriecht keuchend am Boden umher; glucksende Geräusche über dem Herzen zu hören. Es wird zum Zwecke der Gewinnung der im Herzen freigewordenen Gase behufs chemischer Untersuchung nach 10 Min. durch Bulbusstich getödtet.

Sectionsbefund: Lungen blass, mit vereinzelt stecknadelkopfgrossen Hämorrhagien, auf der Schnittfläche nur aus den grösseren Gefässen Blut entleerend. Das geblähte Herz wird an den grossen Gefässen abgebunden, dann losgetrennt und unter Quecksilber geöffnet. Es steigen grosse Gasmengen in das Eudiometer, daneben einige spärliche Blutstropfen. In den Mesenterialgefässen, sowie in allen grösseren Venen massenhaft Gasblasen; die Blutsäule der Arterien von Gasindices allenthalben unterbrochen. Rückichtlich der Gasblasenbildung in den Mesenterialgefässen vergleiche bestehende Skizze (Fig. 10)¹⁾.

Fig. 10.

Freie Gasblasen in den Mesenterialgefässen.

Links an der Abgangsstelle der Vene von einem Hauptstamm mehrere kleinere Gasbläschen; in den Arterien die Blutsäule durch Gasindices stellenweise ganz unterbrochen.

Des Genaueren deckt sich der Befund im Gefässsystem des Mesenteriums sowie an den Coronargefässen in jeder Beziehung so vollständig mit demjenigen, wie wir ihn nach künstlicher Lufteintreibung ins Arteriensystem erhalten haben, dass wir hier vorläufig auf unsere bereits citirte Abhandlung²⁾ und die derselben beigegebenen Abbildungen verweisen.

1) Eine genaue Wiedergabe dieses Befundes wird in einer ausführlichen Publication erfolgen.

2) l. c. pag. 3.

Versuch 42.

Hund Nr. XIII, „Zigeuner“ (Männchen, 12 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. H.	Bar. Hg.
10h	0	+ 13°	+ 13°	86%	740 mm 86%
10 5'	4,5		+ 16°	90 "	
11 15'	4,5		+ 15°		
11 16'	0		+ 6°	86 "	

Der Hund stürzt nach dem Ausschleusen sofort unter schwerster Dyspnoë zu Boden; mühsame, langsame, maximale Inspirationen, die Hinterbeine gelähmt. Reflexe gesteigert; Stuhl und Urin gehen unwillkürlich ab.

Das Thier wird zur Gewinnung der Herzgase nach 10 Minuten durch Bulbusstich getödtet; Sectionsbefund wie beim Versuche 36.

Versuch 43.

Hund Nr. XVII „Noir“ (Männchen, 6 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. H.	Bar. Hg.
9h 30'	0	+ 3°	+ 3°	90%	757 mm 90%
9 40'	4,5		+ 8°	95 "	
10 58'	4,5		+ 5°		
10 59'	0		- 2°	88 "	

Nach dem Ausschleusen hochgradige Dyspnoë sowie Lähmung der hinteren Extremitäten; Stuhl und Urin gehen unwillkürlich ab. Der Hund wird strangulirt, das Herz behufs Gewinnung der freien Herzgase verwendet.

Im geblähten Herzen freie Gase in grosser Menge. (Das specifische Gewicht des Blutes aus dem linken Vorhof 1020.) Lunge blass anämisch; im Gefässsystem allenthalben Gasblasen.

Versuch 44.

Hund Nr. XXVI, XXVII, XXVIII.

Z.	Dr. i. A.	Aussen- temp.	Temp. incl. Schleuse	Hygr.	Bar. Hg.
9h	0		nicht gemessen.		
9 10'	4,5				
9 15'	4,7				
11 15'	4,7				
11 15'30"	0				

Alle 3 Thiere starben mehr oder minder rasch kurz nach dem Ausschleusen unter asphyctischen Erscheinungen.

Section: Bei allen 3 Thieren nahezu derselbe Befund. Herz bei Percussion tympanitisch schallend. Aus dem linken, mehr jedoch aus dem rechten Ventrikel entleeren sich beim Anschneiden Gasblasen unter hörbarem Geräusch.

Die rechte Herzkammer fast vollständig blutleer, nur Gas enthaltend. In den grossen Venenstämmen ist die Blutsäule von Gasblasen erfüllt, in den Arterien sowie im Uebrigen der bereits geschilderte Befund.

Versuch 45.

Hund Nr. XXIV (6 Kilo).

Das Thier war vor dem Versuch vollkommen gesund.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar.
8 h 30'	0	+ 20°	+ 20°	80 %	—
8 35'	4,3		+ 26°		
9 20'	4,3			90 "	
9 21'	0		+ 18°	78 "	

Wenige Minuten nach der Decompression zeigt das Thier plötzlich schwere asphyctische Erscheinungen; überdies tritt häufiges Gähnen sowie Würgebewegungen auf, die von Erbrechen eines leicht blutig tingierten Schleimes gefolgt sind. Allmählich bessert sich der Zustand des Hundes, die Dyspnoë schwindet; Nachmittags hat sich das Thier vollkommen erholt.

Fassen wir die Versuchsergebnisse dieser Reihe zusammen, so haben wir gesehen, dass die Thiere der Experimente 36—40 inclusive, sowie des Versuches 44 innerhalb 5 Minuten unter den schwersten asphyctischen Erscheinungen zu Grunde gingen. Wie insbesondere in den Versuchen 37 und 38 stürzten die Thiere sofort nach der Herausnahme aus dem Apparate um und sind nach einem kurzen Schrei, den das Thier ausstösst, todt. Der Thorax steht dabei in maximaler Inspirationsstellung, die Herzaction hat vor Aussetzen der Athmung aufgehört. In den Fällen, in welchen das letale Ende nicht so plötzlich erfolgt, beobachtete man hochgradige Dyspnoë und bedeutend gestörte Herzthätigkeit. Die Herztöne sind unregelmässig schwach, oft kaum zu hören und werden durch glucksende und quatschende Nebengeräusche undeutlich. In den Versuchen 40 und 42 traten auch Lähmungsercheinungen des Hinterthieres auf, wie wir noch bei Besprechung der folgenden Versuchsreihe B mehrere solche

Beispiele sehen werden. Die Hunde der Experimente 41—43, die längere Zeit bis 15 Minuten am Leben blieben, wurden zum Zwecke der Gasanalyse getödtet; man kann jedoch mit Rücksicht auf das Resultat des Versuchs 45 sowie insbesondere späterer Angaben, nach denen sich der Hund wieder vollkommen erholte, nicht von vorneherein mit Sicherheit angeben, ob sich der Zustand dieser Thiere trotz der bedrohlichen Erscheinungen nicht doch noch vollkommen gebessert hätte.

Die Section aller hier verwendeten Hunde zeigte freie Gasblasen reichlich im ganzen Gefässsystem; insbesondere war ihre Wirkung am Herzen auffallend, indem dasselbe meist ballonartig gebläht war und neben frei gewordenem Gas nur spärliche Blutmengen, meist nur zwischen den Trabekeln enthielt; das Herz gab bei Percussion tympanitischen Schall und entleerte angeschnitten das eingeschlossene Gas unter hörbarem Geräusch. Die Lungen waren in allen Fällen hellrosaroth, blass, nahezu blutleer.

Wir sehen also, dass bei den hier verwendeten Hunden, die nach entsprechendem Aufenthalt von einem Ueberdruck von 4,2—4,7 Atm. in ca. 35—50 Sec. decomprimirt wurden, dieser rasche Druckabfall sofort eine schwere Schädigung des Organismus setzte, die in der Mehrzahl der Fälle, hier in 64%, den sofortigen oder nach wenigen Minuten erfolgenden Tod bewirkte, indem die freigewordenen Blutgase direkt, primär die Herz- und Lungenthätigkeit ausser Function setzen, ohne dass es zu lokalen Störungen, zu Lähmungen in bestimmten Gebieten gekommen war.

B. Asphyktische Symptome und Lähmungserscheinungen.

Versuch 46.

Hund Nr. XXIX.

Z.	Dr. i. A.	Aussen- temper.	T. in dem Apparate	Hg.
9 h	0	+ 17°	+ 17°	85%
9 5'	4,2		+ 25°	96 "
10 5'	4,2			90 "
10 5'30"	0		+ 15°	82 "

Der Hund stürzt wenige Minuten nach Verlassen des Apparates zusammen. Mühsame keuchende Athmung mit maximalen Inspirationsbe-

wegungen des Thorax. Herzaction unregelmässig, frequent, Pulzfrequenz 180, glucksende Geräusche über dem Herzen hörbar. Der Hund, der sich mehrmals vergeblich zu erheben sucht, stürzt immer wieder auf die linke Seite; plötzlich treten heftige Manögebewegungen, Drehung des Kopfes und des Vorderthieres nach links auf. Dieser Zustand dauert 10 Minuten, dann liegt das Thier bewusstlos da. Nach einer halben Stunde langsame Erholung. Herzaction bedeutend verlangsamt, nicht arhythmisch; Athmung langsam, regelmässig. Das Thier wird durch Chloroform getödtet.

Sectionsbefund: Lungen nahezu blutleer, vereinzelte punktförmige Hämorrhagien an der Pleura. Herz: Der rechte Ventrikel dilatirt, enthält neben einem Blutgasgemisch freie Gasblasen; der linke Ventrikel contrahirt, linke Aurikel von schäumigem Blut erfüllt, in den Coronararterien des Herzens index ganzeuses, auch in den Coronarvenen Gasblasen. Hyperämie der Abdominalorgane; das System der Vena portae zeigt reichlich bei Fingerdruck bewegliche Gasblasen in den Gefässen.

Mikroskopisch: Am Zupfpräparat, in den Capillaren des Hirnes, mehr in der grauen Substanz, sowie in den Capillaren des Rückenmarkes die Blutsäule durch Gas oft stellenweise ganz verdrängt, oder die Blutsäule durch Gasbläschen unterbrochen. In den Venen der Hirn- und Rückenmarkshäute zahlreiche Gasblasen, auch ihre Arterien sind gasführend; ebenso lassen sich in den Gefässgebieten einzelner Organe Gasblasen mikroskopisch nachweisen; häufig findet man förmliche Gasperlen von verschiedener Grösse in den Gefässen, dieselben erfüllen entweder das Lumen ganz oder sind an den Randpartien der Blutsäule angehäuft.

Versuch 47.

Hund No. VI (Weibchen, 9 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10h4'	0	+ 2,5°	+ 8°	80%	764 mm 76%
10 9'	3,5		+ 14°	90 "	
10 10'	4,5		+ 15°		
10 14'	4,5		+ 14°		
10 39'	4,5	+ 3,5°	+ 13°		
10 40'	0		+ 9°	85 "	
10h41'	0	+ 6°	+ 15°		
10 45'	2,0		+ 17°		
10 47'	3,5		+ 15°		
11 32'	4,5		+ 19°		
11 15'	4,5		+ 10°		
11 16'	0				

Der Hund wird nach einem Aufenthalt von 20 Minuten um 10 h 40' Vm. rasch ausgeschleust und gleich wieder unter erhöhten Druck gebracht, ohne

nach der ersten Decompression in der Kammer irgend welche Erscheinungen gezeigt zu haben.

11 h 16' abermals rasch ausgeschleust und in das ärztliche Zimmer gebracht, zeigt er anfänglich keine Erscheinungen.

11 h 20', also nach vier Minuten, tritt Lähmung des linken Hinterbeines auf, zugleich setzt sehr bedeutende Dyspnoë, 69 Respirationen pro Minute, ein.

11 h 30' stürzt das Thier zusammen, Respirationen 132 pro Minute. Alle vier Extremitäten gelähmt. Reflexe gesteigert.

11 h 33' vorübergehende Streckkrämpfe in den Extremitäten und der Nackenmuskulatur.

11 h 40' die Dyspnoë lässt nach, es treten keine Krämpfe mehr auf.

1 h Mittags befindet sich das Thier bis auf eine geringe Schwäche in den Hinterbeinen wieder wohl; um

3 h Nachm. ist das Thier vollkommen wieder hergestellt.

Versuch 48.

Hund No. X.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Bar. Hg.
9 h 20'	0	+ 2°	+ 1°	765 mm 80 %
9 21'	3,5		max.	
9 25'	4,5		+ 10°	
9 45'	4,5		min.	
10 15'	4,5		0°	
10 16'	0			

Nach 10 Minuten treten Lähmungserscheinungen auf, die beiden hinteren Extremitäten in maximaler Streckstellung. Das Thier macht Brechbewegungen. Wenige Augenblicke darauf stürzt es plötzlich nieder; heftigste Dyspnoë, 145 R. pro Minute; complete Lähmung der hinteren und vorderen Extremitäten, gurgelnde Geräusche über dem Herzen, Herzaction sehr frequent, unregelmässig. Zeitweise lässt die Starrheit der Beine nach. Reflexe hochgradig gesteigert; werden active oder passive Bewegungen gemacht, so treten sofort Streckkrämpfe auf. — Das Thier scheint sterbend; aus dem Munde fliesst reichlich Speichel, die Augen sind starr.

Von Zeit zu Zeit lässt die Dyspnoë etwas nach, der Hund vermag dann mit der rechten Vorderpfote einige Bewegungen zu machen, die sofort wieder von Streckkrämpfen unterbrochen werden. Die linke vordere Extremität sowie beide Hinterbeine bleiben constant spastisch gelähmt. Dieser Zustand dauert mit wachsender Intensität bis Abends 10 Uhr an, im weiteren Verlauf wird das Thier somnolent und stirbt noch in der Nacht.

Sectionsbefund:

Nach Eröffnung der Schädelhöhle keine Gasblasen in den Gefässen der Hirnhäute erkennbar, ebenso keine Gasblasen in den Gefässen der Rücken-

markshaut. Die Meningen durchsichtig; die Cerebrospinalflüssigkeit scheint vermehrt.

Herz: In beiden Ventrikeln geronnenes Blut.

Lungen: Rechts mehrere kleine, links eine fast den ganzen Unter- und Mittellappen einnehmende Hämorrhagie. Im übrigen das Lungengewebe beiderseits blutreich.

Leber, Nieren und Därme hyperämisch; makroskopisch in den Gefässen nirgends Gasblasen nachzuweisen.

Die mikroskopische Untersuchung der gehärteten Organstücke lässt im Inhalt der kleinen Arterien und Venen, sowie der präcapillaren Gefässe vereinzelt blasenförmige Hohlräume nachweisen.

Versuch 49.

Hund No. XV „Scheck“ (Männchen 9 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	+ 13°	+ 13°	80 %	740 mm 80 %
10 5'	4,5		+ 17°	90 "	
11 15'	4,5				
11 16'	0		— 6°	80 "	

Circa 10 Minuten nach dem Ausschleusen tritt plötzlich complete Paraplegie ein; der Hund, der bisher herum lief, fällt auf das Hintertheil und vermag die Hintereine nicht mehr zu bewegen. Dyspnoische Athmung, jedoch nicht von besonderer Heftigkeit. Im Laufe des Nachmittages, nach 5 Uhr, stirbt der Hund; Dyspnoë, sowie zeitweise unregelmässige Herzaction bestanden bis zum Tode.

Sectionsbefund: Kleine punktförmige Hämorrhagien im Zwerchfell und in den Lungen. Der übrige Befund ergibt nichts Pathologisches.

Versuch 50.

Hund No. V.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	+ 13°	max.	86 %	740 mm 89 %
10 5'	4,5		+ 16°	90 "	
11 15'	4,5		min-		
11 16'	0		+ 6°	86 "	

12 Minuten nach dem Ausschleusen complete Paraplegie der Hinterbeine. Stuhl geht ab; asphyctische Erscheinungen; Dyspnoë, frequente, un-

regelmässige Herzaction. Glucksende Geräusche über dem Herzen hörbar. Das Thier stirbt um 2 Uhr.

Section am Morgen des nächsten Tages: Lungen blass mit vereinzelt kleinen Hämorrhagien.

Herz: Rechter Ventrikel dilatirt, enthält schlaumiges, mit mehreren grossen Gasblasen untermengtes Blut, desgleichen der rechte Vorhof. Im linken Atrium Blut, einzelne Gasbläschen zwischen den Trabekeln des linken Auricel; das linke Herz contrahirt; Gasblasen in den erweiterten Stämmen der grossen Körpervenen, weniger Gasblasen im System der Vena portae; in den Arterien besonders des unteren Körperabschnittes ganz vereinzelt hie und da Gasindices; Leber blutreich, Nieren blass, cyanotisch.

Versuch 51.

Hund No. XXXV.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
8 h	0	+ 20°	+ 20°	82%
8 10'	4,5		+ 24°	97 "
10 10'	4,5			95 "
10 10'30''	0		+ 16°	80 "
10 h 40'	0			
10 42'	4,2			
11 10'	4,2			
11 10'30''	0			

Sofort nach dem erstmaligen Ausschleusen legt sich das Thier ruhig hin. Respiration sehr frequent, über 100, mühsam; der Hund lässt die Zunge heraushängen, maximale tiefe Inspirationen. Herzaction frequent.

Nach 10 Minuten hat sich das Thier erholt und wird abermals eingeschleust. 10 Minuten nach der zweiten schnellen Decompression treten Manégebewegungen auf und das Thier wird bewusstlos, wobei der Kopf nach links geschleudert wird. Nachdem es sich einigemale, stets mit dem Kopf auf den Boden aufschlagend, herumgedreht hat, bleibt es an einer Stelle ruhig liegen, und ist nach einer Stunde verendet.

Section: Herz: Im rechten Ventrikel einzelne grössere Gasblasen, neben dunkelschwarzem Blut; in der Arteria Pulmonalis sowie den Pulmonalvenen dunkelflüssiges Blut. Der linke Ventrikel contrahirt, im linken Vorhof nur Blut vorhanden, keine freien Gasbläschen. In den Mesenterialgefässen sowie in einzelnen Körperarterien da und dort Gasblasen nachzuweisen; Lungen blauroth, zeigen keine Ecchymosen.

Versuch 52.

Hund Nr. VI.

Kaltes, klares Wetter.

Das Thier befindet sich vollkommen normal. Keinerlei Schwäche in den Hinterbeinen erkennbar.

Z	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h 34'	0	— 5°	— 2°	80 %	765 mm 80 %
9 45'	2		max.	90 "	
9 47'	3		+ 10°	94 "	
9 50'	4,5				
10 45'	4,5				
10 46'	0		min. + 1°	77 "	

5 Minuten nach dem Ausschleusen tritt heftige Dyspnoë, Respirationsfrequenz 130 pro Minute auf, zugleich Lähmung der hinteren Extremitäten.

Die Auscultation am Herzen ergiebt glucksende Geräusche über demselben. Die Herztöne nicht klar unterscheidbar. Die Dyspnoë bleibt auf derselben Höhe. Herzaction frequent, Puls der Art. cruralis kaum fühlbar. Das Thier wird mittelst Chloroform getödtet.

Sectionsbefund. Herz: In beiden Ventrikeln schaumiges, mit grösseren und kleineren Gasblasen gemischtes Blut. Desgleichen in den beiden Vorhöfen.

In den grossen Gefässstämmen schaumiges Blut, in den Mesenterialgefässen perlschnurartig angeordnete Gasblasen. Lungen blass, anämisch, nicht gedunsen, ohne Hämorrhagien. Die Nieren erscheinen makroskopisch nicht verändert, Därme nicht gebläht. Befund völlig dem gleichend, wie er nach dem nächsten Versuch 53 erhoben wurde. Gehirn und Rückenmark werden in toto herausgenommen. Mikroskopischer Befund in anderem Zusammenhang.

Versuch 53.

Hund Nr. VIII, „Pintsch“ (7 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h 50'	0	— 5,5°	+ 3°	72 %	765 mm 80 %
9 57'	2		max.	96 "	
10 8'	4,5		+ 12°	90 "	
10 10'	4,7		+ 10°		
10 50'	4,7				
10 51'	0		+ 5°	80 "	

8 Minuten nach dem Ausschleusen fällt der Hund wie vom Blitz getroffen um. Lähmung aller Extremitäten, heftigste Dyspnoë 120 Resp. pro Minute; Garguilement über dem Herzen, stirbt nach 10 Minuten.

Sectionsbefund: Panniculus adiposus reichlich entwickelt. Bei Eröffnung des Thorax quillt schaumiges Blut aus den Intercostalgefässen. Pericard reichlich mit Fett umwachsen. Das Herz ballonförmig gebläht; der rechte wie der linke Ventrikel hochgradig dilatirt.

Beim Anschneiden des abgebundenen linken sowohl wie des rechten Ventrikels unter Wasser entweicht Luft in grossen Blasen mit hörbarem Geräusch, ausserdem eine geringe Menge schaumigen Blutes. Aus der Aorta sowie Cava ascendens und descendens quillt schaumiges Blut.

Die Blutsäule der Coronararterien von Gasindices unterbrochen. In den Coronarvenen Gasblasen. Lungen blass, lufthaltig. Die Leber auf der Schnittfläche wie eine ödematöse Lunge beschaffen, entleert massenhaft schaumiges Blut. In den Mesenterialgefässen perlschnurartig angeordnete Luftblasen reichlich zu finden. Am Zupfpräparat kann man auch in den feinen Arterien und Venen das Vorhandensein freier Blutgase erkennen.

Rückenmark und Gehirn werden in toto herausgenommen und behufs mikroskopischer Untersuchung in Müller'sche Flüssigkeit eingelegt. Makroskopisch an ihnen nur das Vorhandensein zahlreicher Gasblasen in den Gefässen ihrer Häute wahrnehmbar.

Versuch 54. Drei Meerschweinchen.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h50'	0	+ 2,5 ⁰	+ 7,5 ⁰	86 ⁰ / ₀	767 mm 73 ⁰ / ₀
9 51'	1,0		+ 11,0 ⁰	85 "	
9 52'	2,5		+ 15,0 ⁰	87 "	
9 55'	3,5		+ 14 "	89 "	
10 3'	4,5		+ 16 "	89 "	
10 20'	4,5		+ 15 "	96 "	
11 20'	4,5		+ 15 "	96 "	
11 21'	0		+ 16 "	70 "	

Von den drei Thieren wurde das eine nach dem Ausschleusen todt im Apparate vorgefunden, das zweite starb nach 5 Minuten, das dritte wurde an den Hinterbeinen gelähmt, es schleift dieselben nach, Stuhl geht unwillkürlich ab, stirbt in 20 Minuten.

Sectionsbefund des zweiten Meerschweinchens: Nach Eröffnung der Brusthöhle zeigt sich das Herz vollgefüllt mit Gasblasen und sehr stark gebläht. In der rechten Auricel sowie im rechten Vorhofe sieht man die Gasblasen durch die dünne Wand durchscheinen. Der linke Ventrikel contrahirt, fast blutleer. In den Coronargefässen perlschnurartig angeordnete Gasblasen; ferner Gasblasen in der Aorta und Vena cava, ebenso in den Arterien und Venen der Extremitäten, in den Lungenvenen und Lungenarterien. Die Lungen blass anämisch, am freien Rande der linken einzelne bis hirsekorn-grosse Hämorrhagien. Leber sehr blutreich; Nieren hyperämisch,

entleeren so wie die Leber reichlich am Durchschnitte feinschaumiges Blut. Bei Eröffnung des Rückenmarkscanales und der Schädelhöhe in den Gefäßen der Meningen, sowie im Sichelblutleiter und dem Sinus der Schädelbasis reichliche Gasblasen, desgleichen solche in feineren Blutgefäßen, mit der Lupe erkennbar.

Beim ersten Meerschweinchen: Derselbe Befund. Freies Gas in der Blutsäule aller Gefäße. Das dritte Thier wurde nicht seciert.

Auch die meisten Thiere dieser Versuchsreihe, Versuch 43—51 inclusive sowie Versuch 53 und 54 (im ganzen 8 Experimente), starben innerhalb längstens 12 Stunden nach der Decompression unter dem Bilde der Asphyxie, wenn dabei auch bereits die Schädigung des nervösen Centralapparates durch die circulirenden Gasblasen und die dadurch bewirkten functionellen Störungen lebenswichtiger Centren in Betracht gezogen werden müssen, worauf die localen Störungen, die in sämtlichen Versuchen aufgetretenen Herderscheineungen, hinweisen.

Neben der Asphyxie waren es in den Versuchen 46 und 51 hauptsächlich cerebrale Erscheinungen: die Manégebewegungen und die Bewusstlosigkeit, welche in den Vordergrund traten.

In den Experimenten 47, 48, 52 und 53 traten Lähmungen aller vier Extremitäten nahezu gleichzeitig mit den asphyctischen Erscheinungen auf.

Im Versuche 49 waren die Lungenherzerscheinungen nur geringe, es erfolgte complete Paraplegie der Hinterbeine, das Thier starb erst nach 6 Stunden; der Hund Nro. VI hatte ebenfalls nur geringe asphyctische Beschwerden, und die in allen vier Extremitäten von Lähmung gefolgtten Streckkrämpfe waren nur vorübergehend und schwanden im Verlauf von 3—5 Stunden, nach welcher Zeit sich das Thier vollkommen erholt hatte. Von den drei Meerschweinchen starb das eine sofort, das andere erst nach fünf Minuten, bei dem dritten endlich trat Lähmung des Hinterthieres auf und das Thier erlag nach ca. 20 Minuten.

Im Gegensatz zu der Versuchsreihe A traten mit Ausnahme bei dem einen Meerschweinchen im Versuche 54, die Erscheinungen erst einige Zeit nach dem Druckabfall auf, welche 6 bis 20 Minuten betrug. Wir wollen an dieser Stelle nur noch daran erinnern, dass auch das Auftreten freier Gasblasen im Gefäßssystem erst einige Zeit nach der Decompression beobachtet wurde. Man vergleiche diesbezüglich die Versuchsreihe C.

Die Sectionsresultate ergaben im Wesentlichen den gleichen Befund wie in der vorigen Reihe A; bei allen Meerschweinchen wurden Lungeneccymosen constatirt.

In dem Versuche 48, den Hund betreffend, der erst nach 12 Stunden starb, konnten makroskopisch keine freien Gase im Gefäßsystem nachgewiesen werden; der Hauptmenge nach nur im venösen System wurden sie beobachtet bei der Section des Hundes Nro. V, wenn auch ganz vereinzelt Gasblasen in den Arterien noch nach drei Stunden zu finden waren. Bei dem über eine Stunde nach dem Experiment verstorbenen Thiere fanden sich ebenfalls spärlich Gasindices in einigen Körperarterien, daneben aber auch noch mehrere grössere Gasblasen im rechten Ventrikel.

Wir gehen nun zu jenen Versuchen über, bei welchen Allgemeinstörungen nicht oder nur eben angedeutet vorhanden waren, während die Localerscheinungen das Bild dominiren. Dieselben können entweder dauernde oder wenigstens länger, Wochen, andauernde Symptomencomplexe betreffen, oder es können, wie wir sehen werden, auch ausgesprochene Erscheinungen nach kurzer Zeit, schon nach Verlauf weniger Stunden wieder schwinden.

Wir beginnen mit der ersten Gruppe.

C. Bleibende Lähmungen ¹⁾.

Versuch 55.

Hund Nr. I.

Das Thier wurde vor dem Versuche gefüttert und getränkt und befindet sich vollkommen wohl.

Klares, schönes Wetter. Bis knapp vor dem Experimente hielt sich der Hund im ärztlichen Inspectionszimmer auf. Temperatur in demselben +20° C. Hygrometerstand 60 %.

1) Eine Serie von Momentaufnahmen, welche das Auftreten und die Aufeinanderfolge der Lähmungserscheinungen an den Versuchsthieren deutlich veranschaulichen, werden wir in einer zusammenfassenden Publication über „Luftdruckerkrankungen“ beibringen.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg	Bar.
9 h 40'	0	— 6°	— 4°	80 %	764 mm
9 45'	2,0		+ 7°		
9 46'	3,0				
9 47'	4,0		+ 8°	95 „	
9 50'	4,7				
10 40'	4,7		+ 11°		
10 41'	0		0°	80 „	

10 h 32' bellt der Hund laut im Apparate und hustet, geht dabei herum, wie man sich durch das Fenster der Schleuse überzeugen kann.

10 h 40' werden die beiden Ausschleushähne geöffnet. Nach Entfernen der Thüre springt der Hund aus dem Apparat, sein Fell dampft; er bleibt ca. 10 Min. im Freien und wird dann in das Inspektionszimmer gebracht; er ist völlig munter. Nach 5 Min. bleibt er stehen und beginnt mit den Hinterbeinen zu zittern. Auf Anrufen kommt er herbei, scheint jedoch schwer zu gehen. Er bleibt dann plötzlich mit gespreizten Hinterbeinen stehen, Stuhl geht unwillkürlich ab. Der Hund versucht nunmehr sich zu setzen, ohne dass ihm dies gelingt. Die Hinterbeine werden beim Gehen steif gehalten, der Gang wird unsicher; den linken Hinterfuss vermag er nicht mehr zu heben, sondern schleift ihn beim Gehen nach. Die Zehen werden am Boden nachgezogen. Einige Secunden später treten Streckkrämpfe im rechten Fuss auf, der Hund beginnt heftig zu schwanken, Rückgrat stark gekrümmt, die Vorderbeine werden weit auseinander gespreizt — plötzlich fällt er mit dem Hintertheil auf eine Seite um. Die beiden hinteren Extremitäten sind jetzt in spastischem Zustand und werden nach vorne gestreckt; sie können weder activ noch passiv flectirt werden; die Sensibilität sowohl an den Extremitäten wie auch in der Lumbosacralgegend vollständig erloschen. Tiefe Nadelstiche werden nicht gefühlt; der Urin fiesst spontan ab. Nach einiger Zeit lassen die Streckkrämpfe nach, das Thier vermag sich mit dem Vorderleib völlig normal zu bewegen; es macht jedoch fruchtlose Aufstehversuche. Endlich legt es sich nieder und bleibt ruhig, ohne die geringsten Schmerzensäusserungen in dieser Lage.

Nach einer Stunde, während welcher Zeit sich in den Erscheinungen nichts geändert hat, wird der Hund mittelst Chloroformnarcose getödtet.

Sectionsbefund. Herz: Der rechte Ventrikel mässig gebläht, entleert beim Einschneiden reichlich grossblasig schaumiges Blut; im linken Ventrikel schaumiges Blut; die Coronararterien enthalten kleine Gasindices, in den Coronarvenen einzelne Gasblasen, auch in den Vorhöfen, mehr im rechten, Blut mit Gasblasen gemischt.

Lungen mässig blutreich, einzelne grössere und kleinere dunkelrothe Hämorrhagien in denselben; in ihren grösseren Gefässen da und dort Gasblasen zu sehen. Ecchymosen am Zwerchfell. In den grossen Venenstämmen

Fig. 11. Bei starker Vergrößerung Längsschnitt aus dem Rückenmark eines $1\frac{1}{2}$ Stunden nach der Decompression verstorbenen Hundes. (Härtung in Müller'scher Flüssigkeit, Färbung mit Rubin.) Blasenförmige Hohlräume im Inhalt der Gefässe.

grössere und kleinere Gasblasen in der Blutsäule schwimmend; auch in den Körperarterien da und dort Gasblasen im Gefässlumen. Eingeweide blass, nicht hyperämisch; in den Mesenterialgefässen luftführender Inhalt; Därme nicht gebläht.

Gehirn sowie Rückenmark werden in toto zu späterer mikroskopischer Untersuchung herauspräpariert und in Müller'sche Flüssigkeit eingelegt. Die mikroskopische Untersuchung des gehärteten Rückenmarkes lässt blasenartige Hohlräume im Inhalt der Gefässe nachweisen, Gerinnungsfiguren, die wir als durch das Vorhandensein von Gasblasen im Blute bedingt ansehen müssen¹⁾. (Fig. 11.)

Versuch 56.

Hund Nr. VII.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h20'	0	+ 2°	+ 1°	83 0/0	765 mm 57 0/0
9 21'	3,5		max.		
9 30'	4,5		+ 10°	95 „	
10 15'	4,5		min.		
10 16'	0		0°	85 „	

Nach dem Ausschleusen beginnt der Hund beim Laufen zu schwanken, der rechte Hinterfuss wird zeitweise nachgeschleppt, beginnende Lähmung des Beines. Die Lähmung ist keine complete, es besteht nur Steifheit der Hinterbeine. Nach 10 Minuten bleibt er mit gespreizten hinteren Extremitäten stehen. Es bestehen keine Blasen-, keine Mastdarmlstörungen. Nach 18 Minuten vorübergehende Besserung, der jedoch nach mehreren Minuten nunmehr

1) Die Differentialdiagnose derselben gegenüber ähnlichen seltenen Befunden bei anderen Umständen wird uns noch ausführlich beschäftigen, ebenso wie wir in einer weiteren Untersuchung den Gerinnungsformen des Blutes nach verschiedenen Todesarten unsere Aufmerksamkeit schenken.

eine complete Lähmung des rechten sowie eine Parese des linken Hinterbeines folgt. Der Gang des Thieres ist jetzt schwankend; während es zu laufen sucht, stolpert es mit den Hinterbeinen über jedes Hinderniss, zieht dieselben einige Schritte lang nach, schwankt und stürzt mitunter nieder. Das Thier frisst und trinkt nach Gewohnheit.

Krankheitsverlauf. 2. Tag: Die Lähmung besteht unverändert fort. Das Thier vermag nicht mehr über die nur etwas erhöhte Schwelle des Stalles zu gelangen; es frisst und trinkt auch nicht mehr.

Am 5. Tag keine Besserung der Lähmungserscheinungen, das Thier scheint bedeutend abgemagert. Es liegt schwer krank da; seine Temperatur ist erhöht, die Athmung frequent und dyspnoisch.

In der Nacht vom 6. auf den 7. Tag stirbt der Hund.

Sectionsbefund. Pneumonie im rechten Mittel- und Unterlappen; die hepatisirten Herde betreffen Stellen älterer Hämorrhagien, die sich auch noch über die infiltrirten Parthien hinaus erstrecken. Linkerseits an den Lungenlappen, besonders in ihren vorderen Antheilen, Hämorrhagien und pneumonische Herde.

In der Blase ca. 50 cm³ gelblichen, trüben, nicht übelriechenden Harnes. Ihre Schleimhaut leicht injicirt. Die linke Niere im Vergleich zur rechten dunkler blauröth. Leber dunkel schwarzbraun, mässig blutreich. An den übrigen Organen nichts Abnormes. Befund von Rückenmark und Gehirn folgt in anderem Zusammenhang.

Versuch 57.

Hund Nr. II.

Das Thier ist vollkommen gesund.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar.
10h 25'	0	— 1°	+ 9°	73 0/100	765 mm
10 28'	0,5		+ 16°	"	
10 32'	3,0		+ 17°	80 "	
10 35'	4,7				
10 48'	4,5				
10 49'	4,7		+ 16°	90 "	
11 35'	4,7		+ 15°		
11 36'	0		+ 6°	90 "	

Als der Druck 2 Atm. erreicht hatte, winselte das Thier im Apparat. Bei 4,5 Atm. hustet und bellt es.

5 Min. nach dem Ausschleusen beginnt der Hund das rechte Hinterbein aufzuziehen; gleich darauf steht er mit krampfhaft gestreckten Hinterbeinen da und stürzt plötzlich nieder. Beide hinteren Extremitäten in Streckstellung in allen Gelenken, unbeweglich. Urin fiesst unwillkürlich ab. — Er rutscht hierauf mit Hilfe der Vorderbeine auf dem Boden umher, ohne

irgendwelche Schmerzensäusserungen zu zeigen. Beide Beine sind vollkommen anästhetisch. Nach 20 Minuten verschwindet der spastische Zustand, die Lähmung an den Hinterbeinen ist nunmehr eine complete, die Reflexe sind gesteigert. Bei Bewegungsversuchen tritt sofort wieder Spasmus ein, um von nun ab constant zu bleiben. Dargebotene Speisen frisst das Thier gierig und trinkt viel Wasser, es zeigt dabei keine Beschwerden. 12 Uhr. Das Thier liegt ruhig ohne Zeichen von Unbehagen. Stuhl geht spontan ab.

Krankheitsverlauf. 2h 40' Nachm. winselt das Thier und giebt Schmerzensäusserungen von sich.

Um 3h Nachm. liegt es vollkommen ruhig da und frisst nach Gewohnheit, Stuhl und Urin gehen unwillkürlich ab. Die Hinterpfoten fühlen sich wärmer an als die Vorderpfoten, Temp. 38,8° C.

Am 6. Tage ist der Zustand des Thieres der gleiche. Es scheint keinerlei Schmerz zu haben, frisst nach Gewohnheit. Temp. 38,5°.

Am 12. Tage Status idem. Die Muskulatur am Gesässe scheint geschwunden, die Dornfortsätze treten im Lendenantheil scharf hervor, ebenso die Beckenknochen. Die Prüfung mit dem electrischen Strom giebt keine sicheren Resultate. Stuhl und Urin gehen unwillkürlich ab.

Da das Thier nicht ruhig liegt, so tritt am 16. Tage starkes Ekzem am Hintertheile und beginnender Decubitus auf, der dem Thiere heftige Schmerzen verursacht. 9h 45' Morg. wird der Hund durch Chloroform getödtet.

Section 10 Uhr Abends. — An den inneren Organen keine auffallenden Veränderungen. Gehirn und Rückenmark werden in toto herausgenommen. — Die Untersuchung ergibt: multiple herdweise Nekrosen der grauen und weissen Substanz des Rückenmarks.

Versuch 58.

Hund Nr. III (Männchen, 4,5 Kilo).

Das Thier befand sich vor dem Experimente im ärztlichen Inspectionszimmer + 19° C.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10h 25'	0	— 1°	+ 9°	73 %	765 mm 73 %
10 28'	0,5		+ 16°		
10 32'	3,0		+ 17°		
10 35'	4,7			90 "	
10 48'	4,5				
10 49'	4,7		+ 16°		
11 35'	4,7		+ 15°		
11 36'	0		+ 6°	90 "	

Während des maximalen Ueberdruckes wurde von Zeit zu Zeit Luft abgelassen und durch frische in der Weise ersetzt, dass der Druck in der Kammer nicht unter 4,5 Atm. während des Zu- und Abströmens sank.

Nach dem Ausschleusen wird das Thier ins Freie gelassen. Es springt vollkommen wohl herum (Schneefall -1°). Nach 5 Minuten wird es ins ärztliche Zimmer gebracht, woselbst der Hund durch 15 Minuten keine Erscheinungen zeigt. Ganz plötzlich jedoch stürzt das Thier dann nieder und es treten Streckkrämpfe in den Hinterbeinen auf. Die hinteren Extremitäten werden steif nachgeschleift. Nach weiteren 10 Minuten fällt das Thier völlig um, es treten auch tonische Krämpfe in den vorderen Extremitäten ein. (Fig. 12.) Athmung oberflächlich, Herzaction unregelmässig, sehr frequent. Das Thier scheint sterbend.

Fig. 12. Nach einer Momentaufnahme vom Versuchsthier Nr. III Lähmung des Hinterthieres, Streckkrämpfe in den vorderen Extremitäten.

Nach weiteren 15 Min. erholt es sich, bewegt die vorderen Extremitäten, fällt jedoch gleich wieder um und verharrt in liegender Stellung. Die Athmung und die Herzthätigkeit bessern sich. — Das Thier nimmt weder Nahrung noch Wasser zu sich; Temperatur an den Hinterpfoten ungleich. Um 12 Uhr liegt es ruhig ohne Zeichen von Schmerzen am Boden.

Krankheitsverlauf. 12 h 25' lassen die Streckkrämpfe an den vorderen Extremitäten nach, 12 h 40' Würgen mit folgendem Erbrechen. 12 h 55' kurzes stossweises Athmen und Zuckungen am ganzen Leibe. 1 h 25' haben sich die Lähmungserscheinungen an den vorderen Extremitäten soweit gebessert, dass der Hund sich aufrichtet. Die Steifheit der Hinterbeine schwindet temporär. Von 2 h 45' liegt das Thier wieder mit vollkommen gelähmten Hinterbeinen ruhig ohne Zeichen von Schmerz da. Stuhl und Urin gehen unwillkürlich ab. Die Sensibilität in den hinteren Extremitäten geschwunden, Reflexe erloschen; die Temperatur an den Hinterpfoten erscheint gegen die an den Vorderpfoten erhöht. Das Thier frisst und trinkt wie gewöhnlich.

Am 6. Tage Statut idem. Temp. $38,5^{\circ}$.

Am 13. Tage scheint die Muskulatur der Lendengegend abgemagert,

Die Dornfortsätze treten scharf hervor. Die linke vordere Extremität scheint schwächer, so dass er sich auf das rechte Vorderbein stützt.

Am 17. Tage Status idem. Der Hund liegt ruhig da, frisst und trinkt wie gewöhnlich. Kein Ekzem.

Skizze, bei schwacher Vergrößerung.

Schnitt durch das untere Dorsalmark des rasch von 4,5 Atmosphären Ueberdruck decomprimierten Hundes, Abgrenzung der nekrotischen Herde durch beginnende reaktive Gliawucherung.

Nach 34 Tagen tritt starkes Ekzem und Decubitus am Hinterthiere auf. Am selben Tage 6 Uhr Abends, also nach fast 5 Wochen, stirbt der Hund.

Sectionsbefund: Ausgebreiteter Decubitus im Bereich des Gesässes und beider Oberschenkel.

Am Gehirn makroskopisch keine Veränderung erkennbar; das Rückenmark zeigt im unteren Abschnitt des Dorsalmarkes eine bläulich durchscheinende Farbe. Behufs mikroskopischer Untersuchung werden beide Organe in Müller'sche Flüssigkeit conservirt. Befund: Multiple heerdeweise Necrosen mit consecutiver Höhlenbildung.

An den Lungen einzelne alte Hämorrhagien; am Herzen keine Veränderungen. Därme normal; Incontinentia alvi et urinae nachweisbar; Blase leer; ihre Schleimhaut verdickt, gewulstet und geröthet.

Das wichtigste Ergebniss dieser vier Versuche sind die mehr minder rasch nach der Decompression aufgetretenen bleibenden Lähmungserscheinungen. Unser diesbezügliches Material ist damit keineswegs erschöpft, indem Fälle mit nervösen Störungen, deren Verlauf durch längere Zeit beobachtet werden konnte, auch in der Versuchsreihe V über die Wirkung der „Recompression“ enthalten sind, die man Ergänzung der mitgetheilten Experimente vergleiche.

Die Lähmungserscheinungen waren in den Versuchen 55, 56, 57 complete Paraplegien des Hinterthieres mit Blasen-Mastdarmstörungen; nur in Versuch 58 trat auch vorübergehende Paraplegie der Vorderbeine auf. Auch hier ist wieder der Umstand hervorzuheben, dass die Symptome erst nach einer längeren Pause, 5 bis 20 Minuten nach dem Ausschleusen, und dann meist plötzlich ein-

setzen. Nach dem letzten Experiment traten anfallsweise asphyctische Erscheinungen auf. Der Hund vom Versuch 56 starb an einer intercurrenten croupösen Pneumonie, die übrigen Thiere wurden nach verschieden langer Zeit getödtet, ohne dass sich im Symptomenbilde eine Besserung gezeigt hätte. Bei den Versuchsthieren II und III trat im Laufe der Erkrankung Decubitus auf. Bei dem eine Stunde nach der Laesion getödteten Hunde, konnten freie Blutgase im ganzen Gefässsystem nachgewiesen werden. Bezüglich des pathologisch anatomischen Befundes im Rückenmark sei hier nur kurz hervorgehoben, dass disseminirte Nekrose mit subsequenter Höhlenbildung bei den Thieren die Wochen gelebt hatten, festgestellt werden konnte. Ein genaues Eingehen auf diese Verhältnisse wird Gegenstand weiterer Mittheilungen sein.

D. Vorübergehende Lähmungen ¹⁾.

Versuch 59.

Hund Nr. LXVII, „Caro“ (8 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
8 h 30'	0	+ 20°	+ 20°	80 %
8 35'	4,3		+ 26°	90 „
9 20'	4,3			
9 21'	0		+ 18°	78 „

Der Hund verlässt die Schleuse ganz wohl und läuft herum. Nach circa 5 Min. fängt er laut zu heulen an und zieht das linke Hinterbein auf; er beisst sich in dasselbe. In der Folge keine weiteren Erscheinungen. Das Thier wird später neuerdings zu Versuchen verwendet.

Versuch 60.

Hund Nr. VII, „Mops“ (Männchen, 6 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h 4'	0	+ 3°	+ 9°	76 %	764 mm 76 %
10 8'	2,5				
10 10'	4,5		+ 15°	90 „	
10 39'	4,5		+ 13°		
10 40'	0		+ 8°	85 „	

1) Vergleiche auch hierzu den Abschnitt V „Recompression“ mit den daselbst geschilderten Lähmungserscheinungen.

Bei einem Drucke von 4,2 winselt der Hund und bellt laut.

10 h 40' ausgeschleust tritt nach 10 Min. eine Parese des linken Hinterfusses auf. Der Hund legt sich nieder und macht den Eindruck, als ob er Schmerzen empfinden würde.

11 h 3' steht er wieder auf, kratzt sich mit dem rechten Hinterfusse. Von da ab schwinden die Erscheinungen; 2 h Nachm. ist er gesund.

Versuch 61.

Hund Nr. VII.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	— 4°	+ 2°	70%	761 mm 65%
10 6'	2,0		+ 7°	90 "	
10 8'	4,5		+ 11°	92 "	
11	4,5		+ 9°	91 "	
11 1'	0		+ 4°	80 "	

Nach dem Ausschleusen in das ärztliche Inspectionszimmer gebracht, stellen sich nach 10 Minuten leichte paretische Erscheinungen ein:

Steifheit des linken Hinterbeines alterierend mit Beugekrämpfen desselben. Der Hund schleift durch einige Sekunden die Hinterbeine nach; er vermag nicht auf den Sessel zu springen.

Die Erscheinungen sind bis 12 Uhr Mittags vollkommen zurückgegangen. Sein weiteres Schicksal s. Versuch 56.

Versuch 62.

Hund Nr. XVIII, „Müller“ (Männchen, 5 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	+ 1°	+ 1°	74%	748 mm 74%
10 5'	4,5		+ 12°	80 "	
10 45'	4,5			— "	
10 46'	0		+ 1°	74 "	

Einige Minuten nach dem Ausschleusen treten paretische Symptome von Seiten der Hinterbeinen auf. Der Hund hält das linke Hinterbein in starrer Beugestellung, winselt laut und beisst sich mehrmals in dasselbe. Nach einer Viertelstunde beruhigt sich das Thier, geringe Schwäche des linken Hinterbeines; im Verlaufe von 3 Stunden schwinden die Erscheinungen vollkommen. Das Thier ist nachmittags vollkommen wieder hergestellt.

Versuch 63.

Hund Nr. IX.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h 34'	0	— 5°	— 2°	80%	765 mm 80%
9 45'	2,0		max.		
9 47'	3,0		+ 10°	90 "	
9 50'	4,5		min.	94 "	
10 45'	4,5		+ 1°		
10 46'	0			85 "	

8 Minuten nach dem Ausschleusen treten vorübergehend paretische Erscheinungen, Steifheit der Hinterbeine, sowie leichte Dyspnoë auf. Der Hund befindet sich jedoch nach einer halben Stunde wieder vollkommen wohl.

Versuch 64.

Hund Nr. XII, „Feher“ (9 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	+ 1	+ 1°	74%	748 mm 74%
10 5'	4,5			80 "	
10 45'	4,5		+ 12°		
10 46'	0		+ 1°	74 "	

15 Minuten nach der Decompression treten tonische Streckkrämpfe in beiden Hinterbeinen auf, die besonders in der ersten halben Stunde häufig sind, das Thier vermag sich nicht zu setzen; Gehen ist erst nach einer Stunde mit Mühe möglich. Im Laufe des Nachmittags schwinden die Erscheinungen vollkommen.

Versuch 65.

Hund Nr. IV, „Muri“ (Männchen. 6 Kilo).

Der Hund wurde vor dem Experiment gefüttert und befand sich im ärztlichen Inspectionszimmer bei 19° C.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h 25'	0	— 1°	+ 9°	73%	763 mm 73%
10 28'	0,5		+ 16°		
10 32'	3,0		+ 17°	90 "	
10 35'	4,7				
10 48'	4,5				
10 49'	4,7		+ 16°		
11 35'	4,7		+ 15°		
11 36'	0		+ 6°	90 "	

20 Minuten nach dem Ausschleusen zieht das Thier das rechte Hinterbein auf und winselt. Nach weiteren 10 Minuten treten vorübergehend Streckkrämpfe in den hinteren Extremitäten auf. Gerufen kommt er mühsam herbei, indem er die Bewegung der Hinterbeine nicht coordiniren kann.

11 h 45' legt er sich nieder und winselt laut, die hinteren Extremitäten sind steif und anästhetisch.

12 h Status idem. Der Hund winselt unaufhörlich.

1 h 3' steht das Thier auf, dreht sich mehrmals um seine Achse, legt sich hierauf wieder nieder; Steifheit besteht an den Hinterbeinen in geringem Grade weiter.

1 h 10' steht das Thier auf, befindet sich vollkommen wohl, läuft herum; das linke Hinterbein ist etwas schwächer. Der Urin geht während des Herumlaufens unwillkürlich ab.

Am nächsten Tage ist das Thier, bis auf eine geringe Schwäche im linken Hinterbein, — der Hund kann nicht auf den Stuhl springen —, wieder hergestellt; Harnentleerung normal. Nach zwölf Tagen alle Symptome vollständig geschwunden.

Versuch 66.

Hund Nr. X, (Männchen, 6 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h 50'	0	— 5°	+ 3°	72%	768 mm 80%
8 57'	2				
10 7'	4,5		+ 12°	96 "	
10 10'	4,7		+ 13°		
10 50'	4,5				
10 51'	0		+ 9°	90 "	

5 Minuten nach der Decompression erbricht der Hund heftig. Nach 10 Minuten beginnende Lähmungserscheinungen am rechten Hinterbein, kurze Zeit darauf auch am linken. Die Beine werden mühsam nachgeschleppt. Der Hund legt sich nieder und verharrt bis 12 Uhr in dieser Stellung. Im Laufe des Tages schwinden die Symptome, Tags darauf ist das Thier vollkommen gesund.

Versuch 67.

Hund Nr. IV.

Das Thier befindet sich vollkommen wohl. Nebeliges Wetter.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h 50'	0	+ 2,5 ⁰	+ 7,5 ⁰	80 %	767 mm 73 %
9 55'	3,5		+ 11,0 ⁰		
10 3'	4,5		+ 13,5 ⁰		
10 5'	4,7		+ 15 ⁰	90 "	
10 20'	4,6				
10 40'	4,5			96 "	
11 20'	4,5				
11 21'	0		+ 9 ⁰	80 "	

10 Minuten nach dem Ausschleusen tritt Contractur des linken Hinterbeines mit gleichzeitigem Streckkrampf des rechten auf; nach weiteren 5 Minuten winselt das Thier laut, setzt sich mühsam nieder, steht jedoch gleich wieder auf. Die Contractur bleibt bis 1 Uhr bestehen.

Um 2 Uhr ist das Thier wieder vollkommen normal.

Allen den in der Versuchsreihe 59—67 inclusive beschriebenen Erscheinungen von Seiten des Rückenmarkes ist die relativ kurze Dauer gemeinsam, nach welcher eine vollständige Wiederherstellung der gestörten Functionen eintrat, nach der im Beginne an sich schwere Symptome wieder schwanden.

In den Versuchen 59, 60, 62 und 67 waren nur je eine und zwar eine hintere Extremität, in allen Fällen das linke Hinterbein befallen; in den übrigen Versuchen trat unter wechselnden Bildern und in verschiedener Reihenfolge der paraplegische Typus deutlich hervor; im Experiment 63 waren die paretischen Erscheinungen der Hinterbeine von Dyspnoe begleitet.

Am schwersten war der Hund IV befallen, indem die Symptome bei diesem erst am nächsten Tage geschwunden waren, am raschesten hatten sie sich bei den Thieren LXVII und IX zurückgebildet.

Auf die Reihenfolge sowie das Eintreten und die Häufigkeit der einzelnen Symptome werden wir mit Berücksichtigung des Abschnittes C nach Besprechung der Recompressions-Versuche noch einzugehen haben.

E. Verhalten des Blutdruckes nach rascher Decompression.

Nachdem wir nunmehr die direct zu beobachtenden Erscheinungen nach der Decompression geschildert haben, wollen wir daran anschliessend einige Versuche über das Verhalten des Blutdruckes nach raschem Abfall des Barometerdruckes an-

fügen, die überdies eine Ergänzung zu unseren anderweitig mitzutheilenden Experimenten über den Einfluss der Luftdruckänderung (Compression) auf den Blutdruck unter physiologischen Bedingungen bilden.

Diese Versuche stellen uns, wie wir mit Sicherheit sagen können, Untersuchungen über den Blutdruck bei Vorhandensein von freien Gasen im Gefässsystem dar und dienen dazu, die Wirkung dieser letzteren auf die Herzthätigkeit zu studiren.

Aus äusseren Gründen war es uns leider nicht mehr möglich, diesbezüglich über ein reicheres Material zu verfügen; die folgenden Experimente schliessen sich jedoch enge an die von uns eben veröffentlichten Beobachtungen über die Effecte künstlicher Luftembolie auf den Organismus an und werden durch die hierbei gewonnenen Erfahrungen erklärt.

Aus den schon im Capitel III besprochenen Gründen mussten wir uns auch hinsichtlich dieser Versuche in der experimentellen Technik einschränken und dieselbe vereinfachen. Wir konnten zu den Versuchen nicht das Ludwig'sche Manometer und Kymographion verwenden. Wir haben vielmehr das handliche und für unsere Experimente einzig brauchbare v. B a s c h'sche Sphygmanometer verwendet; dasselbe kann sowohl unter dem herrschenden Luftdruck als auch im Compressionsapparate unter Druckerhöhung ohne weiteres benutzt werden, indem mit dem ansteigenden Luftdruck der Blutdruck, gleichzeitig auch der Druck im Manometer und im Versuchsthier die entsprechende Zunahme erfährt, sodass der Stand des Zeigers am Messinstrument, welches man durch das Fenster des Apparates ganz gut beobachten kann, stets bloss den Blutdruckswerth anzeigt ¹⁾.

1) Alle anderen Methoden wären complicirt gewesen und hätten erst die Herstellung eigens für diesen Zweck construirter Instrumente nothwendig gemacht.

Man hätte das erwähnte Rohr c an seinem inneren Ende mit der Arterie carotis des Versuchsthieres in Verbindung mit seinem äusseren Ende an ein sehr empfindliches Manometer anzuschalten gehabt, das neben einer Haupttheilung in Atmosphären, bis 5 Atmosphären Ueberdruck, noch eine Theilung in je 10 zu 10 mm Hg hätte besitzen müssen, um nach hergestelltem Gleichgewicht in der Kammer und im Instrument noch den von Herzen aufgebraachten Druck anzuzeigen.

Die Ludwig'sche Manometerröhre dementsprechend umzugestalten (zu verlängern) wäre wohl nicht gut möglich gewesen.

Versuch 68.

Hund Nr. LIX.

Nach dem Einbinden der Canüle (Cocaïnanästhesie) beträgt der Blutdruck 95—110 mm Hg.

Compression in 4 Min., der Blutdruck am Ende derselben stationär geblieben; die pulsatorischen Schwankungen zwischen 95—105 mm Hg; nach $\frac{3}{4}$ stündigem Aufenthalt in der Schleuse bei 4,0 Atm. Druck sinkt der Blutdruck um ein Geringes und hält sich zwischen 90—100 mm Hg.

Decompression in 50 Sec., der Blutdruck steigt am Ende derselben um ca. 10 mm Hg. und bleibt durch etwa 5 Minuten auf diesem Niveau. Nach dieser Zeit erfolgt unter mehreren starken, unregelmässigen Druckschwankungen ein rasches Ansteigen des Blutdruckes, frequente Herzaction, mehrere grosse, dann rasch aufeinanderfolgend kleine Pulse. Der Druck beträgt zu dieser Zeit 150 mm Hg.; kurz darauf folgt ein Absinken des Druckes und derselbe schwankt in den nächsten Minuten zwischen 115 und 140 mm Hg; nach weiteren 3 Minuten, während welcher Zeit Steifigkeit an den Hinterbeinen des Thieres zu bemerken ist, gelangt der Blutdruck auf das Niveau von 110—115; nach 10 Minuten zeigt das Manometer 100 mm Hg. Das Thier wird vom Brette genommen: Entfernung der Canüle; Ligatur der Carotis, geringes Nachschleppen der Hinterbeine, nach 1 Stunde hat sich der Hund wieder erholt; am nächsten Tage befindet er sich wohl.

Versuch 69.

Hund Nr. LXXI.

Bei einem mittelgrossen Hund wird die rechte Art. femoralis mit dem v. Basch'schen Sphygmomanometer in Verbindung gebracht und ein Blutdruck von 140 mm Hg. gemessen; spec. Gewicht des Blutes 1058. Der Hund wird hierauf auf 4,7 Atm. Ueberdruck eingeschleust und während des $\frac{3}{4}$ stündigen Verweilens ein Blutdruckswerth von 135—145 mm Hg. verzeichnet.

Decompression in 56 Sec. Das Thier befindet sich Anfangs wie vor dem Versuche; nach ca. 2 Minuten treten plötzlich klonische und tonische Streckkrämpfe an allen vier Extremitäten ein und fast gleichzeitig beobachtet man am Manometer ein Ansteigen des Blutdruckes gegen 180; in grossen Pulsen sinkt derselbe dann wieder rasch auf 150 mm und im weiteren Verlauf staffelweise immer mehr und mehr ab, sodass er Werthe von 70—80 erreicht; unregelmässige Druckschwankungen, frequente Herzaction, tiefe Athemzüge. Die Streckkrämpfe haben aufgehört; der Blutdruck sinkt mehr und mehr. Der Hund wird durch Chloroform getödtet.

Section: In den Arterien die Blutsäule stellenweise auf grössere und kleinere Strecken von Gasindices unterbrochen; ganz besonders an den Arterien des Netzes ist dies deutlich zu sehen, aber auch die grossen Körperarterien zeigen grossblasigen Inhalt; im gesammten Venensystem reichlich schaumiges Blut. Besonders die rechte Herzkammer von schaumigem

Blutgasgemisch prall erfüllt; im linken Atrium grosse Gasblasen zwischen den Trabekeln; die linke Herzkammer nahezu contrahirt. Das specifische Gewicht der leichtesten Blutstropfen aus dem rechten Herzen beträgt 1040; das specifische Gewicht des Blutes aus dem linken Vorhof ist ebenfalls bedeutend geringer geworden und wird mit ca. 1042 bestimmt.

Versuch 70.

Hund Nr. LXX.

Nach der unter Cocaïnänästhesie vorgenommenen Operation liegt der Hund ruhig am Brette und verharret in dieser Stellung, ohne Abwehrbewegungen zu machen, während der folgenden ca. $1\frac{1}{2}$ Stunden andauernden Experimente.

Vor der Compression Blutdruck gemessen in der Arteria carotis sinistra 100—120 mm Hg.

Dauer der Compression 5 Min., vorübergehende Steigerung des Blutdruckes auf 130 mm; während des Aufenthaltes in 4,5 Atm. durch $\frac{1}{2}$ Stunde, ausser vorübergehender Amplitudenänderung in den pulsatorischen Schwankungen des Blutdruckes wie zum Beginn des Versuches 120 mm Hg.; Decompressionszeit 15 Minuten, Ausschläge von 100 auf 130 mm Hg, sonst keine Veränderung.

Nach 10 Minuten neuerliche Compression; Aufenthalt im Apparate durch 20 Minuten. Das gleiche Verhalten im Blutdruck wie nach dem ersten Einschleusen. Decompressionszeit 6 Minuten: Zunahme der pulsatorischen Schwankungen, geringe Steigerung des Blutdruckes auf 140 mm Hg. (die Temperaturabnahme im Apparate beträgt 90°C.); dann sinkt wieder der Druck auf 115 mm; nach 10 Minuten neuerliche Compression auf 4,5 Atm. Nachdem das Thier über eine halbe Stunde im Apparate verweilt hat, Decompression in 50 Secunden. Der Blutdruck steigt gegen das Ende der Decompression auf 135 mm Hg. an und bleibt auf dieser Höhe unter wechselnden pulsatorischen Schwankungen; wenige Augenblicke hierauf folgt ein momentanes rapides Ansteigen auf 150 mm Hg., das rasch von starkem Druckabfall um etwa 70 mm gefolgt wird; das Thier beginnt schwer zu athmen und ist unruhig, Herzaction mit der aufgelegten Hand nur undeutlich fühlbar; eben nur angedeutete, pulsatorische Schwankungen.

Der Hund wird rasch wieder eingeschleust.

Durch das Fenster des Apparates kann man beobachten, dass das Thier sich wieder ruhig verhält; der Blutdruck, der unter den Stand von 90 mm Hg. gesunken war, beginnt nahezu gleichzeitig mit dem erreichten maximalen Luftdruck wieder anzusteigen, und nimmt, nach ca. zwei Minuten wieder abgelesen, einen Stand von 120—135 mm Hg. ein; regelmässige, deutliche, langsame Pulse. Diesen Stand behält das Quecksilber im wesentlichen während des über $\frac{1}{2}$ Stunde andauernden Verweilens unter dem Druck von 4,5 Atm. Der Hund wird hierauf langsam in 15 Minuten decomprimirt, und nach vollendetem Druckabfall durch Chloroform getödtet.

Section: In den Mesenterialgefässen hie und da grössere und kleinere Gassäulchen erkennbar; sonst allenthalben normale Verhältnisse.

Wie wir dies in einem physiologischen Theil unserer zusammenfassenden Untersuchungen noch genau auseinandersetzen werden, hat es sich auch bei den drei hier abzuhandelnden Versuchen 68, 69 und 70 gezeigt, dass der Blutdruck während der Compression und unter bedeutend erhöhtem Luftdruck (4,5 Atmosphären) nahezu unverändert blieb, (das eine Thier wurde rasch hintereinander zweimal recomprimirt), hingegen ein Ansteigen des Blutdruckes während oder mehr minder rasch nach der Decompression erfolgte.

Im Versuche 68 trat eine Blutdrucksteigerung um circa 50 mm Hg nach dem Druckabfall unter gleichzeitigem Auftreten von Streckkrämpfen ein, eine nahezu gleich grosse Zunahme auch im Experimente 69.

Dieses Ansteigen des Blutdruckwerthes nach der Decompression haben wir uns durch das Vorhandensein von freien Gasblasen im Gefässsystem zu erklären, durch welche für die Circulation Widerstände gesetzt werden, indem der Durchtritt des Blutluftgemisches insbesondere durch die engen Bahnen der Capillaren eine vermehrte Arbeitsleistung vor allem des linken Herzens beansprucht. Dass dieselbe nicht gleich nach der Decompression, sondern erst nach einigen Minuten besonders deutlich wird, hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass es erst einiger Zeit bedarf, bis die im Beginne feinen Bläschen anwachsen, sich sammeln und dadurch erst die Fortbewegung des Blutes mehr und mehr erschweren. Diese Drucksteigerung war jedoch in beiden Versuchen in dem einzelnen Falle in verschieden kurzer Zeit von einem bedeutenden Absinken des Blutdruckes gefolgt.

Beim Hunde LIX, der am wenigsten durch die Decompression geschädigt wurde, erfolgte ein Abfall des Blutdruckes bis auf den Stand wie vor dem Versuche; das Thier, das Lähmungserscheinungen an den hinteren Extremitäten gezeigt hatte, erholt sich wieder, so dass wir uns bei Vergleichung dieses Experimentes mit den folgenden vorstellen müssen, dass die Elimination des freien Stickstoffes hier in günstiger Weise vor sich ging ohne schwere Störung der Herzthätigkeit oder des vasomotorischen Centrums zu setzen, als deren Ausdruck ein weiteres Absinken des Blutdruckes hätte erfolgen müssen.

Dies trat im Versuche 69 ein; der Druck sank hier nach der vorübergehenden Steigerung auf 180 mm Hg um mehr als 100 mm Hg und das Thier ging in kurzer Zeit an den Folgen der Luftembolie, beschleunigt durch die Chloroformnarkose, zu Grunde.

Die Section ergab auch das Vorhandensein von freiem Gas im ganzen Gefässsystem.

Das im Arterien- und Venensystem circulirende Gas schädigte hier in so eingreifender Weise die Herzthätigkeit, dass nach der vorübergehenden bedeutenden Steigerung des Blutdruckes rasch ein rapides Absinken desselben im grossen Kreislauf erfolgte, das wir uns in Uebereinstimmung mit den Angaben von Couty und Hauer als insbesondere durch die behinderte Speisung des linken Ventrikels mit der nothwendigen Blutflüssigkeit sowie auch durch die functionelle Schädigung des vasomotorischen Centrums bedingt vorstellen müssen. Ebenso wie wir dies in dem gleich zu besprechenden Experiment 70 anzunehmen haben, trat beim Versuchsthier 69 die Wirkung des Vorhandenseins von Luft im Arteriensystem zurück gegenüber der rasch hervortretenden Störung im rechten Ventrikel gegenüber dem Moment der venösen Luftembolie mit ihren Folgen.

Bei dem Hund des letzten Versuches dieser Reihe war die Blutdruckssteigerung gleich nach der zweiten Decompression nur eine geringe, es kam rasch darauf allerdings zu einer erheblicheren Druckzunahme auf 150 mm Hg, die aber sofort von einem schnellen Absinken des Druckes mit Verschwinden der pulsatorischen Schwankungen gefolgt war. Unter der zu dieser Zeit bewerkstelligten neuerlichen Compression hebt sich jedoch das gesunkene Blutdrucksniveau wieder und die Pulse werden wieder deutlich. Wie wir im Abschnitte V des genaueren sehen werden, wurde durch die Recompression eine Resorption der freien Blutgase bewirkt, mit deren Rückaufnahme ins Blut der Blutdruck wieder ansteigen und der Zustand des Thieres sich bessern musste.

F. Keine Erscheinungen.

Versuch 71.

Zwei Hunde Nr. LI und LVI.

Versuch in der Sanitätsschleuse.

Zwei mittelgrosse Hunde werden in 10 Minuten auf einen Ueberdruck von 1 Atm. comprimirt und über eine Stunde im Apparate belassen. Nach

der in 5 Secunden erzielten Decompression springen beide Thiere vollständig munter aus der Schleuse heraus. Beide Thiere zeigen weder nach 5 Minuten, das eine auch in der Folgezeit keinerlei Erscheinungen ¹⁾).

Die nach 10 Minuten vorgenommene Section des einen durch Chloroform getödteten Thieres zeigt freie Gasblasen vereinzelt im System des rechten Herzens; Lunge von normalem Blutgehalt; im übrigen keinerlei pathologische Erscheinungen. Die Gehörorgane wurden bei diesen Experimenten nicht untersucht.

Versuch 72.

Hund LII.

Sanitätsschleuse.

Der Hund wird in 2 Minuten auf einen Druck von 1,2 Atm. comprimirt und eine Stunde lang im Apparate belassen. Das Thier läuft in der Kammer herum und befindet sich wohl. Nach der Decompression, die in 4 Secunden vollzogen ist, zeigt der Hund normales Verhalten und keinerlei Erkrankungssymptome. Auch in der folgenden Zeit tritt keine Aenderung im Befinden ein.

Versuch 73.

Hund Nr. I (Männchen, 5 Kilo).

Dem Hunde wurden vor dem Einschleusen beide Ohren fest verstopft, um die Druckverhältnisse zwischen Mittelohr und äusserem Gehörgang zu verändern.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
10h	0	— 1°	+ 4°	80 %
10 3'	2,5		+ 11°	90 "
11 33'	2,5		+ 6°	95 "
11 34'	0		+ 2°	85 "

Bei steigendem Drucke schüttelt das Thier wiederholt den Kopf; im übrigen befindet es sich wohl.

Nach dem Ausschleusen keinerlei Krankheitserscheinungen.

Versuch 74.

Hund Nr. I.

Das Thier ist vollkommen wohl.

1) Auch bei rascher Decompression von einem Ueberdruck von 0,5 Atm. und 0,8 Atm. zeigten Thiere keine Störungen des Allgemeinbefindens.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h	0	— 2°	+ 1°	90 0/10	742 mm
9 3'	2,7		+ 5°	90 "	
9 15'	2,7		+ 9°	95 "	
10 30'	2,7		+ 8°	95 "	
10 31'	0		+ 6°	85 "	

Während des Einschleusens winselt der Hund, scheint sich aber sonst vollkommen wohl zu befinden.

Während der Decompression läuft das Thier unruhig herum, schüttelt den Kopf; heftiges Zittern der Hinterbeine. Dichter Nebel während der Decompression, lässt ihn nicht weiter beobachten.

Der Hund wird herausgelassen. Starkes Zittern der Hinterbeine, sonst keine Erscheinungen; er befindet sich wohl.

Versuch 75.

Hund Nr. I.

11 h 40' abermals eingeschleust.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
11 h 40'	0	0°	+ 6°	85 0/10
11 41'	3,5		+ 9°	90 "
11 55'	3,5	—	+ 9°	— "
11 56'	0		+ 6°	85 "

Der Hund duckt sich zusammen und winselt stark. Nach dem Einschleusen tritt abermals heftiges Zittern der Hinterbeine auf, der Hund hustet und schüttelt fort und fort den Kopf.

Auftreten von heftiger Diarrhöe, nach 1/2 Stunde verlieren sich alle diese Erscheinungen, der Hund frisst gut und trinkt sehr grosse Mengen von Wasser.

Versuch 76.

Hund Nr. XXX.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
9 h 30'	0	+ 18°	+ 18°	87 0/10
9 35'	4,2		+ 25°	90 "
10 35'	4,2			
10 35'30"	0		+ 18°	87 "

Das Thier bleibt nach dem Ausschleusen vollkommen gesund.

Versuch 77.
Hund Nr. XVIII.

Z.	D. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	+ 13°	— 3°	86 %	740 mm 86 %
10 5'	4,5		+ 17°	90 "	
11 15'	4,5				
11 16'	0		+ 6°	86 "	

Das Thier zeigt nach dem Ausschleusen keinerlei Erscheinungen.

Die nach 20 Minuten vorgenommene Section zeigt vereinzelte Gasblasen im System des rechten Herzens, insbesondere der Vena cava descendens; hie und da in den feineren Arterien des Mesenteriums Gasindices. Bei der mikroskopischen Untersuchung können in den präcapillaren Gefässen des Rückenmarkes sowie der Pia mater zahlreiche Gasbläschen nachgewiesen werden.

Versuch 78.
Hund Nr. LIII.

Ein 6 Kilo schwerer Hund wird in 5 Minuten auf einen Druck von 3,5 Atm. comprimirt und 5 Minuten unter diesem Druck belassen; das Thier zeigt rasch, in ca. 1 Minute decomprimirt, keinerlei pathologische Erscheinungen; es läuft herum und befindet sich vollkommen wohl.

Versuch 79.
Hund Nr. LIII.

Neuerliche Compression des Thieres am nächsten Tage auf einen Druck von 4 Atm.

Es wird 10 Minuten im Apparate belassen und nach dieser Zeit in 51 Secunden entschleust; nach Verlassen der Kammer zeigt das Thier keinerlei Krankheitserscheinungen.

Tödtung desselben nach 10 Minuten durch Chloroform.

Section: Vereinzelte freie Gasblasen im Blute des rechten Herzens. Der übrige Befund ergibt normale Verhältnisse.

Versuch 80.
2 Hunde Nr. LII und LIV.

Die Hunde, beide ca. 7 Kilo schwer, werden in 4 Minuten auf einen Druck von 4,5 Atm. comprimirt und verbleiben 10 Minuten im Apparat. Darnach werden sie in 1 Minute decomprimirt.

Sie zeigen keinerlei Erscheinungen und laufen munter in der Baracke herum.

Nach 10 Minuten wird das eine Thier (LIV) in Chloroformnarkose getödtet. Die Section ergibt:

Nirgends im Gefäßsystem freie Gase. Lungen und Adominalorgane zeigen keinen abnormen Befund.

Das andere lebend gebliebene Thier bietet auch in der Folgezeit keinerlei Erkrankungssymptome dar.

Versuch 81.

Hund Nr. LV.

Ein 5 Kilo schwerer Hund wird in 2 Minuten auf den Druck von 2,8 Atm. eingeschleust und 15 Minuten im Apparate belassen. Das Thier wird hierauf in 40 Sekunden decomprimirt (Temperaturabfall während des Druckabfalles 9° C.) und zeigt keinerlei Erscheinungen.

Die nach 5 Minuten vorgenommene Section ergibt allenthalben normale Verhältnisse; freie Gasblasen in den Gefäßen nirgends nachweisbar¹⁾.

Versuch 82.

Hund Nr. IV.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	— 4°	+ 2°	90 %	759 mm 65 %
10 5'	1,5		+ 7°		
10 7'	3,5		+ 11°	92 "	
10 8'	4,5		+ 12°		
11	4,5		+ 9°		
11 1'	0		+ 4°	80 "	
11 2'	0		+ 4°	85 "	
11 5'	4		+ 14°	88 "	
11 15'	4,5		+ 14°	90 "	
11 16'	4,5		+ 10°	88 "	
Von 11 h 16' angefangen langsames Ausschleusen bis 11 h 45.					

Um 11 Uhr wird der Hund rasch entschleust und dann abermals wieder comprimirt, sobald der Druck auf 4,5 Atmosphären gestiegen war, wird mit dem langsamen Ausschleusen begonnen; dasselbe dauert 30 Minuten.

Nach der Decompression verhält sich das Thier vollkommen normal und zeigt keinerlei Erscheinungen.

Der Hund bleibt auch weiterhin vollkommen gesund.

1) Auch bei Hunden, die 1, 3 und 5 Minuten unter Ueberdrücken von 1,0, 2,0 und 3,0 Atm. zugebracht hatten, traten (mit Ausnahme am Gehörorgane) niemals Erscheinungen ein; auch zwei diesbezüglich vorgenommene Sectionen ergaben negativen Befund.

V e r s u c h 83.

H u n d N r. VII.

Das Thier befindet sich vollkommen wohl.

Spec. Gewicht des Blutes (aus der Pfote entnommen) beträgt 1058.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h50'	0	+ 2°	max. + 15° min. + 9°	80 %	767 mm 73 %
9 55'	3,5			96 "	
10 3'	4,5				
10 5'	4,7				
11 20'	4,6				
11 21'	0			70 "	
11 30'	0				
11 31'	4,5				

Von da ab langsames Ausschleusen bis
12 h 20' (ca. 1 Stunde).

Compression auf 4,7 Atm., rasche Decompression: 10 Min. danach treten keinerlei krankhafte Erscheinungen auf. Das Thier wird neuerdings auf 4,5 Atm. eingeschleust und nach erreichtem maximalen Druck äusserst langsam decomprimirt. Sowohl gleich nach Verlassen des Apparates, wie auch in der Folgezeit treten keine pathologischen Symptome auf; spec. Gewicht des Blutes 1058.

Versuch 84.

H u n d N r. VI.

Das Thier ist völlig normal, frisst und trinkt gut.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h50'	0	+ 3°	+ 11° + 13° + 15° + 9°	80 %	767 mm 73 %
9 52'	2,5			89 "	
9 55'	3,4				
10 3'	4,5			96 "	
10 5'	4,7				
10 40'	4,5				
11 20'	4,5				
11 21'	0			70 "	
11h30'	0		+ 11°	93 "	
11 31'	4,5				
11 45'	2		+ 12°	90 "	
12 5'	1				
12 20'	0		+ 10°	89 "	

Der Hund wurde um 11 h 21' rasch entschleust; keine Erscheinungen. Um 11 h 31' wurde er wieder comprimirt und gleich darauf langsam ausgeschleust.

Das Thier äussert weder beim ersten noch beim zweiten Versuch Zeichen von Unbehagen.

Um 12 h 20' verlässt der Hund vollkommen wohl die Schleuse, er urinirt nach Verlassen derselben und frisst sofort dargereichte Nahrung, trinkt aber auffallend viel.

Versuch 85.

Hund Nr. XXXIX.

Das Thier ist vor dem Versuche vollkommen wohl.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	— 5°	+ 2°		759 mm 65 ‰
10 8'	4,5		+ 12°	90 ‰	
11 0'	4,5		+ 9°	92 "	
11 1'	0		+ 4°	80 "	
11 h 2'	0		+ 4°	80 "	
11 6'	4		+ 14°	85 "	
11 15'	4,5			90 "	
11 45'	0		+ 10°	88 "	

Nach dem Verlassen der Schleuse treten keinerlei krankhafte Erscheinungen auf; die vor dem Versuch sowie die nach der zweiten Decompression vorgenommene Bestimmung des specifischen Gewichtes des Blutes ergab dieselben Zahlenwerthe.

Versuch 86.

Hund Nr. XXXIX.

Vor dem Versuch wird das specifische Gewicht des Blutes, aus der Pfote entnommen, mit 1055 bestimmt.

Das Thier wird in 5 Minuten auf den Druck von 3,5 Atm. comprimirt und eine Stunde in der Kammer belassen; nach dieser Zeit wird es langsam in 35 Minuten decomprimirt.

Der Hund befindet sich wohl; er wird 5 Minuten nach Verlassen des Apparates getödtet; die Section ergibt allenthalben normale Verhältnisse; nirgends im Gefässsystem freie Gasblasen, das specif. Gewicht des Blutes nach der Decompression 1055, zeigt somit keine Veränderung¹⁾.

Versuch 87.

Kaninchen. Caisson.

Seit zwei Tagen befindet sich ein Kaninchen im Caisson unter einem Drucke von 2,3 Atm. und 2,4 Atm.

1) Weitere diesbezügliche Experimente zeigten auch bei Drücken von 4,0 und 4,5 Atmosphären und nachfolgender langsamer Decompression niemals das Auftreten von Krankheitserscheinungen bei den Versuchsthieren.

Beim Einschleusen zeigte sich das Thier sehr erschreckt, legte die Ohren zurück und duckte sich im Caisson in eine Ecke.

Nach kurzer Zeit wurde es wieder munter, lief herum und frass ganz gut.

Nach dem Ausschleusen am 3. Tage, das 15 Minuten dauerte, befand es sich ganz wohl und zeigte keinerlei Erscheinungen.

Die bald nach der Decompression vorgenommene Section ergab normale Verhältnisse.

Versuch 88.

Zwei Kaninchen. Druck 2,4 Atm. Caisson.

Um 12 Uhr werden zwei Kaninchen in den Caisson gebracht und um 4 Uhr Nachmittags in 18 Minuten ausgeschleust.

Sofort nach der Decompression wird das eine Thier in Wasser von 35° C., das andere in Eiswasser gebracht.

Beide Thiere verhalten sich nahezu gleich und zeigen keine krankhaften Erscheinungen¹⁾.

Versuch 89.

Kaninchen. Druck 2,6 Atm. Caisson.

Ein Kaninchen sollte die Procedur des Ein- und Ausschleusens mehrermale durchmachen. Es wurde daher um 10 h Vormittags eingeschleust, verblieb bis 2 h Nachmittags im Druck und wurde um 2 h Nachmittags in 5 Minuten ausgeschleust. Abends befand es sich wieder von 10 h—2 h im Druck und wird danach wieder in 5 Minuten decomprimirt. Am Morgen ist das Thier sehr niedergeschlagen, sitzt ruhig und hat die Ohren zurückgelegt, frisst aber gut.

Am anderen Tage wird es um 10 h Vormittags wieder unter Druck gebracht und um 2 h Nachmittags in der gleichen Zeit wie früher ausgeschleust. Um 4 h Nachmittags wird es durch Chloroforminhalation getödtet.

Section. Im abgebundenen Herzen, sowie in den Gefäßen keine Gasblase mehr. Beide Lungen besonders an ihrem freien Rande stark ecchymosirt. Gehirn und Rückenmark zeigen makroskopisch keine Veränderungen.

Versuch 90.

Kaninchen.

Ein Kaninchen mit offener Nase sowie ein Kaninchen mit fest verstopften beiden Nasenlöchern werden eingeschleust.

1) Auch Kaninchen, die rasch decomprimirt wurden, verhielten sich bedeutenden Temperaturwechseln gegenüber nach dem Ausschleusen gleich.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
10 h	0	+ 3°	+ 3°	90 %
10 4'	2,6		+ 6°	
10 19'	2,6		+ 7,8°	97 "
10 19'35"	0		+ 3°	90 "

Die Thiere zeigen nach dem Druckabfall keine Krankheitserscheinungen. Die abgehackten Köpfe werden zur Untersuchung des Gehörorgans weiter verwendet.

Versuch 91.

Kaninchen. Druck 2,6 Atm. Caisson.

Um 10 h Vormittags wird ein Kaninchen eingeschleust, hierauf um 2 h mittelst der Materialschleuse rasch decomprimirt und, nachdem es keine Krankheitserscheinungen gezeigt hatte, nach 2½ Stunden durch Chloroform-inhalation getödtet. Die Section ergab: Nach Eröffnung des Thorax wird das Herz unterbunden, von den grossen Gefässen abgeschnitten und unter Benzol gebracht. Es sinkt unter. Beim Einschnneiden in beide Ventrikel entleeren sich entsprechende Mengen von Blut, die sich auf dem Boden des Gefässes gleichmässig ausbreiten, ohne einzelne Kugeln zu bilden. Aus den Ventrikeln tritt kein Gas aus. In der Aorta descendens sowie in der Vena cava und in den grossen Gefässen der Extremitäten sind keine Gasblasen sichtbar. Die Lungen lufthaltig, zeigen an ihren Convexitäten beiderseits vereinzelte punktförmige Ecchymosen. Im rechten Mittellappen am unteren freien Rande sowie an dessen Spitze Hämorrhagien von der Grösse einer Linse, ebenso solche am unteren Rande des rechten Unterlappens; desgleichen Hämorrhagien am Ober- und Unterlappen der linken Lunge; am Zwerchfell sowie am Herzen keine Ecchymosen vorhanden. Am Gehirn und an der Medulla spinalis makroskopisch keine Veränderungen.

Versuch 92.

Zwei Kaninchen.

Heftiger Regen und Nebel.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h 45'	0	+ 4°	+ 4°		751 mm 80 %
9 46'	1		+ 6°		
9 47'	2,7		+ 10°		
11 57'	2,7				
11 58'	0		+ 5°		747 mm 96 %

Beim Einströmen der Luft ducken sich die Thiere und legen die Ohren zurück. Nachdem der Druck constant geworden ist, scheinen sie sich voll-

kommen wohl zu befinden und laufen in der Schleuse herum. Auch während der Decompression zeigen sie nichts besonderes.

Nach dem Ausschleusen weder Lungenherzerscheinungen noch Symptome von Seiten des nervösen Apparates.

Zum Zwecke des Studiums der Veränderungen am Gehörorgane werden beide Thiere mittelst Chloroform getödtet. Befund des Gehörorganes wird in anderem Zusammenhange des Genaueren mitgetheilt werden.

Versuch 93.

Drei Kaninchen.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h	0	— 1°	+ 5°	85 %	771 mm 80 %
10 5'	2				
10 10'	4,0		+ 10°	96 „	
10 35'	4,0				
10 36'	0		0°	80 „	

Nach dem Ausschleusen zeigen die Thiere keinerlei Erscheinungen¹⁾. Sie wurden zum Zweck der Untersuchung des Gehörorganes nach $\frac{1}{2}$ Stunde durch einen Schlag auf den Kopf getödtet. Befund des Gehörorgans an anderer Stelle.

Versuch 94.

Ein Kaninchen und eine Taube.

Druck 2,5 Atm. Caisson.

Um 10 h Vormittags wurde ein Kaninchen und eine Taube eingeschleust. Um 12 h Mittags wurden beide Thiere mit dem Materiale entschleust und dauerte der Druckabfall 2 Minuten 21 Sekunden. Beide Thiere lebten. Die Taube schien krank zu sein, zitterte und hatte die Federn aufgestellt. Das Kaninchen legte die Ohren zurück und sass gedrückt und theilnamslos da.

Am nächsten Tage haben sich die Thiere vollständig erholt und zeigten keinerlei Erscheinungen.

Versuch 95.

Zwei Meerschweinchen.

Sanitätsschleuse.

Während man bei einem Ueberdruck von 1,94 Atmosphären in der Recompressionskammer mit anderen Versuchen beschäftigt ist, wurden zwei

1) Auch mehrere Experimente bei Drücken von 3,5, 4,5 und 4,7 Atmosphären lehrten, dass auch bei längerem Aufenthalt dieser Thiere und rasch bewerkstelligtem Druckabfall keine Erscheinungen auftraten; in mehreren Fällen konnten nichtsdestoweniger Gasblasen nachgewiesen werden.

mitgenommene Meerschweinchen mittelst der Medicamentenschleuse in 2 Secunden entschleust. Die Thiere zeigen nach der Decompression keinerlei Erscheinungen und werden nach 8 Tagen getödtet.

Die Untersuchung der Gehörorgane folgt in anderem Zusammenhang.

Versuch 96.

Meerschweinchen.

Ein Meerschweinchen wird in 1,5 Minuten eingeschleust; maximaler Ueberdruck 4,5 Atm. Das Thier bleibt 15 Minuten im Apparat. Ausschleuszeit 1 Minute 30 Secunden.

Es zeigt keinerlei Erscheinungen. Nach 5 Stunden wird es durch Chloroforminhalation getödtet.

Section: Lungenechymosen. In der linken Bulba eine kleine Hämorrhagie makroskopisch sichtbar; folgt des Genaueren an anderer Stelle.

Versuch 97.

Meerschweinchen.

Ein Meerschweinchen wird in 5 Minuten auf einen Druck von 4,5 Atmosphären comprimirt und sofort darnach in 30 Secunden decomprimirt. Nach der Herausnahme aus dem Apparate zeigt es keine Erscheinungen; Hörvermögen bei Händeklatschen anscheinend normal.

Nach 4 Stunden wird das Thier durch Chloroforminhalation getödtet.

Die Section ergibt: Reichliche Ecchymosen in den Lungen. Am Gehörorgan makroskopisch kein pathologischer Befund. Die übrigen Organe normal.

Versuch 98.

Zwei Meerschweinchen.

Einem Meerschweinchen werden beide Nasenlöcher mit Watte und Collodium verstopft, dasselbe dann in 4 Minuten eingeschleust. Es verbleibt 25 Minuten unter einem Drucke von 4,5 Atm. und wird in 1 Minute entschleust. Nach der Decompression scheint das Thier das Hörvermögen eingebüsst zu haben, da es beim Zusammenklatschen der Hände, selbst ganz nahe am Ohre, nicht wie es sonst und bei anderen Thieren der Fall ist, zusammenschreckt und die Ohren spitzt. Es sitzt vollkommen ruhig im Käfig; nach 2 Stunden hört es wieder. Nach weiteren 2 Stunden wird es mittelst Chloroform getödtet. Die Untersuchung des Gehörorganes zeigt makroskopisch in beiden Bullen Blutungen in der Schleimhaut derselben. Mikroskopischer Befund folgt an anderer Stelle.

Das zweite Thier zeigt nach der Decompression keinerlei Erscheinungen und befindet sich wohl.

Versuch 99.

T a u b e n. Caisson.

Druck: 2,5 Atm.

Decompression auf 0,4 Atm.

Druckanstieg auf 2,5 Atm.

Decompression in 20 Minuten zum normalen Atmosphärendruck.

Um 6 h Vormittags werden zwei Tauben eingeschleust. Die eine Taube sitzt unten im Caisson ängstlich und gedrückt, während die andere munter ist. Sie überleben die Senkung des Caissons um 10 h Vormittags, bei welcher die Druckverminderung 2,1 Atm. betrug. Die Tauben werden lebend in 20 Min. ausgeschleust und zeigen ausser Apathie und geringer Reaction gegen äussere Reize keine Erscheinungen. Sie werden durch Chloroforminhalation getödtet und secirt.

Die Section ergab: Bei der einen Taube Ecchymosen am Brustbein; bei beiden Thieren Ecchymosen im Schädel- sowie in den Wirbelknochen. In den Knochen der Extremitäten nichts Abnormes. In den Lungen vereinzelte hirsekorn-grosse Ecchymosen; an den anderen Organen nichts abnormes.

Versuch 100.

T a u b e. Druck 2,5 Atm. Caisson.

Eine Taube wird eingeschleusst und verhält sich beim Einschleussen folgendermaassen: Am Schlusse der Druckerhöhung sträubten sich ihre Feder, sie athmete schwer und liegt endlich bewegungslos, wie todt, da. Nach einiger Zeit erholte sie sich. Sie blieb 4 Stunden unter Druck.

Nach der Decompression in 50 Sec. zeigte sie sich apathisch; sonst nichts zu bemerken.

Versuch 101.

3 Tauben.

Drei Tauben werden in 5 Minuten auf einem Drucke von 4,2 Atm. comprimirt.

Im Drucke verhalten sich die Thiere wie in ihrem Käfig im Freien. Zeit des Verweilens $\frac{3}{4}$ Stunden, hierauf Decompression in 30 Sekunden. Die Thiere zeigen sofort nach der Decompression und auch in der Folgezeit keinerlei Erscheinungen.

Section: Keine Ecchymosen in den Lungen, zahlreiche Ecchymosen in der Crista sterni. Befund des Gehörorganes an anderer Stelle.

Versuch 102.

Frosch. Druck 2,3 Atm. Caisson.

Ein Frosch wird curarisirt und um 4 h 30' Nachm. in den Caisson gebracht und um 6 h ausgeschleust. Unter dem Mikroskop werden zunächst

die Schwimmhäute betrachtet. In denselben circulirt das Blut normal; keine Gasblasen sichtbar. Das Peritoneum zeigt Stasen in den venösen Gefäßen, nirgends aber sind Gasblasen zu sehen. Das Herz wird ausgeschnitten und pulsirt, in Oel gebracht, fort, ohne dass Gasentwicklung zu beobachten wäre.

Versuch 103.

Frosch.

Ein Frosch mit freigelegtem Mesenterium, am Präparierbrettchen fixirt, wird in 5 Minuten auf einen Druck von 4,7 Atm. gebracht; bleibt 1 Stunde unter Druck und wird in 50 Secunden ausgeschleust. Unter dem Mikroscope zeigt die Blutbewegung in den Gefäßen keine Veränderung; keine Gasblasen sichtbar, auch das Herz enthält keine solchen.

Versuch 104.

Frosch.

Ein Frosch wird in 10 Minuten bis zu 4,2 Atm. comprimirt; bleibt 40 Minuten unter Druck und wird dann in 55 Secunden entschleust.

Aus der Schleuse genommen wird das Mesenterium unter dem Mikroskop beobachtet. Es zeigen sich keine Veränderungen in der Blutcirculation keine freien Gase in der Blutbahn.

Versuch 105.

Sechs Fische.

In einem $\frac{1}{2}$ Meter hohen Glaszylinder werden 6 Goldfischchen in 5 Minuten eingeschleust und bleiben 20 Minuten unter einem Drucke von 4,5 Atm. Decompressionszeit 15 Minuten.

Während des Aufenthaltes in comprimierter Luft halten sich die Thiere meist am Grunde des Gefäßes und zeigen auch nach dem Ausschleusen keine Aenderung in ihrem Verhalten.

Hierauf nochmals bis 4,5 Atm. comprimirt und nach 20 Minuten Verweilens in 30 Secunden entschleust, bieten die Thiere kein abnormes Verhalten.

Wie Eingangs gesagt, hat diese Gruppe von Experimenten das Gemeinsame, dass die Versuchsthiere nach dem Aufenthalte in comprimierter Luft vollkommen wohl blieben und keinerlei Krankheitserscheinungen darboten. Wie wir nebst den Versuchen 71, 72, 73 und 74 häufig zu sehen Gelegenheit hatten, zeigen Hunde nach rascher Decompression von Drücken unter 3,0 Atmosphären niemals pathologische Symptome, sie vertragen die Decompression ohne Nachtheil, wenn wir hiebei auch annehmen müssen, dass nach dem Druckabfall freie Gasblasen im Blute

kreisen, die wir ja sogar nach der Decompression von 1,2 Atm. Ueberdruck nachzuweisen im Stande waren (s. Versuch 25a).

Fassen wir die Versuche 76 und 77 ins Auge, so fällt der Umstand auf, dass die verwendeten Hunde, obwohl sie genau denselben Bedingungen bei den Experimenten unterworfen worden waren, wie jene Thiere, die nach der Decompression schwerere oder leichtere Symptome darboten, durch den raschen Druckabfall in keiner Weise geschädigt wurden.

Dieses Ausbleiben von pathologischen Erscheinungen haben wir uns nicht etwa als die Folge des Nichtauftretens von freigegebenen Gasblasen im Blute vorzustellen, indem uns ja die Versuche 71 und 77 gezeigt haben, dass solche auch im Gefäßsystem, insbesondere des rechten Herzens, wenn auch in geringerer Menge vorhanden waren. Es sind vielmehr individuelle Momente, die hier in Betracht kommen, unter welchen die Abgabe des Gasüberschusses durch die Lungen so beschleunigt und erleichtert wird, so dass es nicht zu pathologischen Erscheinungen kommt. Für die Bedeutung individueller Momente spricht auch die Beobachtung, dass Thiere mit fettreichem Panniculus adiposus, die auch dann bei der Section reiche Fettentwicklung am Mesenterium und am Pericard zeigten, häufiger gerade den schwersten Erscheinungen unterworfen waren als muskulöse magere Thiere; ob auch bei Hunden die Race von einem gewissen Einfluss ist, darüber lässt sich nichts Sicheres sagen ¹⁾.

Gewiss müssen wir aber nach unserem grossen Thatmaterial annehmen, dass diese Fälle Ausnahmen darstellen, indem ja in der Mehrzahl der Beobachtungen Versuchsthiere, Hunde, die eine entsprechend lange Zeit, über eine halbe Stunde in einem Ueberdruck von 3–5 Atm. zugebracht hatten und in einer Minute decomprimirt wurden, schwere Allgemeinerscheinungen oder nervöse Störungen darboten, als deren Ursache das Vorhandensein von freiem Gas im Gefäßsystem in bedeutenderer Menge nachgewiesen wurde.

1) Erwähnt sei hierzu noch ein nicht näher beschriebener Versuch:

Drei Hunde wurden gleichzeitig durch 1 Stunde 10 Minuten unter Druck gebracht und dann rasch entschleust. Von diesen drei Thieren zeigte das eine vonübergehende paretische Erscheinungen, das zweite complete Paraplegie der Hinterbeine mit Blasen- und Mastdarmlähmung, das dritte hatte vorübergehende Dyspnoë, befand sich aber nach einer Stunde vollkommen wohl.

Unzweifelhaft geht aber aus den nunmehr zu besprechenden Versuchsergebnissen hervor, dass für das Zustandekommen von Erscheinungen drei Umstände massgebend sind: die Höhe des Druckes, die Dauer des Aufenthaltes in demselben und die Raschheit der Decompression. Fehlt einer dieser Factoren oder ist sein Werth gegenüber den beiden anderen kein entsprechender, so wird es nicht zu schädlichen Folgen kommen.

Wie uns die Versuche 78—81 und 75 am Hunde, welche alle bei bedeutendem Ueberdrucke angestellt worden sind, zeigen, war es hier die kurze Dauer des Aufenthaltes in comprimierter Luft — bis 15 Minuten, die trotz rascher Decompression das Auftreten einer grösseren Menge freien Gases in der Blutmasse und damit das Auftreten pathologischer Symptome verhinderte.

Die Sectionsbefunde der Thiere 80 und 81 ergaben auch das Fehlen von Gasblasen in den Gefässen; im Versuche 79 konnten dieselben noch in der rechten Herzkammer in geringer Menge nachgewiesen werden.

Was die Geschwindigkeit des Druckabfalles anlangt, so lehren die Versuche 86 und die dort mitgetheilten Erfahrungen, sowie die Versuche 82—85 inclusive an Hunden, dass bei Drücken über 3 Atmosphären, in den meisten Versuchen kamen Druckerhöhungen von 4,5 Atm. in Anwendung, dann keine Erscheinungen eintraten, wenn die Decompression langsam vor sich ging. Es hat sich ergeben, dass gewiss eine Dauer von 30 Minuten für das Absinken des Druckes genügt, damit die Thiere nicht geschädigt werden, auch hat die Section im Versuche 86 nach dieser Zeit keine freien Gase mehr nachweisen lassen. Ein grosses Material würde es natürlich erfordern, wollte man für die einzelnen Drücke diese untere Grenze des Genaueren bestimmen, indem es gewiss, gerade mit Rücksicht auf das schon Gesagte, berechtigt ist, anzunehmen, dass in manchen Fällen auch Zeiten von 5—20 Minuten ausreichend sein werden, um die Elimination der Blutgase in der Raschheit zu ermöglichen, dass keine Erscheinungen auftreten.

Die Versuche 82—85 inclusive lehren uns aber auch noch des Ferneren, dass rascher Druckabfall ohne nachtheilige Folgen¹⁾ ver-

1) Von den „rein mechanischen“ Schädigungen des Gehörorganes wird an anderer Stelle die Rede sein.

tragen wird, wenn man, ohne das Eintreten von Krankheitssymptomen abzuwarten, die Thiere schnell wieder unter den früheren Druck bringt. Es wird hierbei einerseits, wie wir in Kenntniss der früheren Versuchsreihen sagen können, die Decompression in diesem Falle keine nachtheiligen Folgen haben, weil die Zeit zur Entbindung von Gasblasen zu kurz ist und andererseits nicht hinreichend war, um es zur Bildung einer grösseren Menge freien Gases kommen zu lassen, welche ja dann Erscheinungen bewirkt hätte. Angenommen, es wäre während der so kurz dauernden Decompression bereits zum Auftreten von freiem Stickstoff in einzelnen Gefässbezirken gekommen, so musste derselbe bei der rasch folgenden Recompression, Versuche 82 und 85 (nach einer Minute), gleichsam im Status nascendi wieder resorbiert werden und konnte in den Fällen, Versuche 83 und 84 (nach neun Minuten), noch keine die Gewebe schädigende Wirkung entfaltet haben. In allen vier Experimenten waren dann nach der zweiten langsam bewerkstelligten Decompression die eventuell vorhandenen Gasblasen sicher geschwunden. Man vergleiche hierzu auch die folgende Reihe von Experimenten, insbes. die Versuche 109 und 111.

Die mit Kaninchen vorgenommenen Versuche 87 bis 93 inclusive sowie die dort mitgetheilten Erfahrungen (s. die Anmerkung) ergaben das bemerkenswerthe Resultat, dass diese Thiere selbst nach der raschen Decompression von 4,5 Atm. niemals Erscheinungen zeigten (Vers. 93); dass sie daher bei viel geringeren Drücken 2,5 Atm. und nachfolgendem langsamen Druckabfall (5—20 Minuten) keine Krankheitssymptome darboten ist selbstverständlich.

Anders gestalten sich die Verhältnisse bei den Meerschweinchen. Wenn auch die Thiere in den Experimenten 95 und 98¹⁾ keine Erscheinungen zeigten und die Druckveränderung ohne Schädigung vertrugen, so wissen wir doch aus den Ergebnissen des Versuches 54, nach welchem alle drei Meerschweinchen (Ueberdruck 4,5 Atm., Aufenthalt ca. 1½ Stunden, Decompression innerhalb einer Minute) mehr minder rasch, dass eine nach Auftreten einer Paralyse der Hinterbeine, starben, dass diese Thiere gegen die Einwirkungen solcher Druckveränderungen, wie wir sie bei unseren Experimenten

1) Die Versuche 96 und 97 wurden aus anderen Gesichtspunkten angestellt.

angewendet haben, sich nicht refractär verhalten und somit empfindlicher sind als Kaninchen.

Von Vögeln haben wir Tauben in das Bereich unserer Untersuchungen gezogen, Versuche 99, 100, 101 und feststellen können, dass diese Thiere durch Druckveränderungen bis 4,5 Atm. und rasche Decompression nicht geschädigt werden ¹⁾ und sich nach dem Experiment vollkommen wohl befanden, wenn auch bei zwei Thieren Ecchymosen in der Diploë des Knochens nachgewiesen wurden (Vers. 99 und 101).

Frösche, bei welchen, wie man weiss, die Hautathmung eine sehr bedeutende ist, vertrugen die Experimente ohne jegliche Folgen wie dies zum Theil schon in Abschnitt I gesagt wurde; insbesondere sei erwähnt, dass sie während und nach einer raschen Decompression niemals aufgebläht wurden ²⁾. Andererseits können die hier bezüglich des Einflusses der Druckänderung auf die Blutcirculation gemachten Beobachtungen als Ergänzung des dort Gesagten dienen.

Wollte man mit Rücksicht auf das Mitgetheilte, abgesehen von den letztgenannten Versuchen 102—105 inclusive eine Empfindlichkeitsscala für Aenderungen des Barometerdruckes bis 4,5 Atm. aufstellen, so kämen nach unserer Erfahrung als die wenigst empfindlichen Thiere die Tauben und Kaninchen an die erste Stelle, dann würden die Meerschweinchen und dann die Hunde folgen, die bei der Decompression von 3,5 Atm. an, schon schwere Symptome zeigen. Der Mensch erweist sich, wie wir nach dem vorliegenden grossen Beobachtungsmaterial sagen können, am allerempfindlichsten gegen die Effecte der Decompression, indem selbst nach 15 bis 20 Minuten andauernder Druckverminderung von einem Ueberdruck von 2 Atm. schwere Erscheinungen, ja der Tod ³⁾ eintreten kann, eine Thatsache, die mit den Erfahrungen über die Folgen der Luftembolie aus anderen Ur-

1) Natürlich wieder von den Veränderungen am Gehörorgan abgesehen.

2) Philippson konnte dieses Phänomen nach der Decompression beobachten, wenn er den Stickstoff der Luft durch Stickoxydul ersetzte.

3) Wir selbst verfügen über die Obduction eines solchen Falles; der betreffende Arbeiter hatte noch mehrere Stunden nach dem Ausschleusen gelebt. Die nach ca. 12 Stunden vorgenommene Section ergab, wie sicher festgestellt werden konnte, freies Gas im rechten Herzen. Der übrige Befund an anderer Stelle.

sachen, Lufteintritt in die Venen bei chirurgischen Operationen, gut im Einklange steht.

Anhangsweise sei noch des Versuches 105 mit Fischen gedacht, auf welche, wie zu erwarten stand, der rasche Druckwechsel von 1,0 auf 4,5 Atm. ohne Einfluss war.

V. Recompression.

Die Experimente dieses Abschnittes waren von dem Gesichtspunkt geleitet zu untersuchen, ob thatsächlich die nach der Decompression aufgetretenen Erscheinungen dadurch beeinflusst werden können, dass man die Thiere nach kürzerem oder längerem Zuwarten wieder in den erhöhten Luftdruck zurückbringt. Es ist dies ein Verfahren, welches zuerst von Hoppe-Seyler nach seinen Versuchen über die Wirkung starker Luftverdünnung vorgeschlagen unter dem Namen *Recompression*, vielfach bei den nach rascher Druckverminderung auftretenden Erkrankungen (sog. *Pressionserscheinungen*) praktisch in Verwendung gezogen wird und dessen Werth experimentell festzustellen wir im folgenden bemüht waren. Die in diesem Abschnitt mitgetheilten Versuchsergebnisse können als Ergänzung der Versuchsreihe „*Lähmungserscheinungen*“ betrachtet werden.

Versuch 106.

Hund Nr. XXXXII.

Sanitätsschleuse.

Ein mittelgrosser, junger Hund wird in einer halben Stunde auf einen Druck von 2 Atm. comprimirt und nach einstündigem Verweilen durch die Medicamentenschleuse momentan entschleusst. Nachdem der Hund 20 Minuten ausserhalb der Schleuse zugebracht hatte, ohne irgendwelche Krankheitserscheinungen darzubieten, wird er abermals innerhalb weniger Secunden durch die Medicamentenschleuse unter Druck gesetzt. In der Schleuse scheint das Thier etwas schlechter zu hören, zeigt aber sonst keine Symptome.

Nach weiterem Verweilen von einer halben Stunde wird der Druck langsam in $\frac{3}{4}$ Stunden herabgesetzt, und das Thier 5 Minuten nach vollendeter Decompression getödtet.

Die Section ergibt überall normale Verhältnisse, keine Ecchymosen in den Lungen; nirgends sind Gasblasen in den Gefässen nachzuweisen.

V e r s u c h 107.

Hund Nr. LVII.

Ein mittelgrosser Hund wird in 5 Minuten eingeschleust, $\frac{3}{4}$ Stunden im Apparate unter einem Druck von 4,5 Atm. belassen und nach der Decompression, die in 50 Secunden vollzogen ist, durch Thoraxstich getödtet.

Im Gefässsystem allenthalben freie Gasblasen in der bereits beschriebenen Form und Vertheilung nachweisbar. Das todte Thier wird sofort auf den früheren Druck recomprimirt und eine halbe Stunde in dem Ueberdruck von 4,5 Atm. belassen. Nach dieser Zeit wird es in einer halben Stunde decomprimirt. An der Vertheilung, der Zahl und der Form der Gasblasen in den Arterien und Venen hat sich nichts geändert, indem selbst an jenen Stellen, wo die Blutgase als feine Bläschen nebeneinander gehäuft durch die Gefässwand durchscheinend und die höchste Kuppe auf der Blutflüssigkeit einnehmend zu sehen waren, keine Veränderung, kein Grösserwerden derselben beobachtet werden konnte.

V e r s u c h 108.

Hund Nr. XI, „Burschel“ (8 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h 34'	0	— 5°	— 2°	80 %	765 mm 80 %
9 45'	2		max.		
9 47'	3		+ 10°	90 „	
9 50'	4,5		min.		
10 45'	4,5		+ 1°	94 „	
10 46'	0			87 „	

Bald nach dem Ausschleusen treten dyspnoische sowie beginnende Lähmungserscheinungen, Unmöglichkeit activer Bewegung der Hinterbeine, Streckkrämpfe, gesteigerte Reflexe auf. Nach kurzer Zeit ist die Lähmung der Hinterbeine eine vollständige.

Recompression nach 10 Minuten.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h 56'	0				
10 59'	3				
11	4,5				
11 20'	Langsames Entschleusen bis 12 h 25' (ca. 1 Stunde) auf den herrschenden Barometerstand.				

Der Hund wird eingeschleust. Die heftige Dyspnoë, die unregelmässige Herzaction, der ganze Symptomencomplex der Asphyxie ist nach der Decompression geschwunden; die Lähmung jedoch bleibt bestehen.

6 h 40' Nachm. Paraplegie der Hinterbeine. Das Thier liegt ruhig im Stall; es hat nicht uriniert.

Am nächsten Morgen wird der Hund todt im Stalle gefunden.

Section: Die Lungen zeigen an mehreren Stellen bis bohnen-grosse Ecchymosen. Am Herzen sowie an den übrigen Organen nichts Pathologisches nachweisbar. Das Gefässsystem zeigt makroskopisch normale Blutfüllung; Blase stark dilatirt.

Die mikroskopische Untersuchung des gehärteten Rückenmarkes folgt in anderem Zusammenhang.

Versuch 109.

Hund Nr. XXXVI.

Das Thier war vor dem Versuch vollkommen gesund.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg
8 h	0	12°	11°	78 %
8 11'	4,5		20°	92 "
9 12'	4,5		18°	92 "
9 12'45"	0		10°	80 "

Neuerliche Compression.

9 h 17'	0	12°	10,5°	81 "
9 19'	4,5		18°	90 "
10 39'	4,5		17°	90 "
10 39'40"	0		10°	80 "

5 Minuten nach der ersten Decompression zeigt der Hund keinerlei Erscheinungen. Abermals auf einen Druck von 4,5 Atm. gebracht und rasch decomprimirt läuft das Thier wenige Minuten herum, bleibt dann mit ausgespreizten Hinterbeinen und gestrecktem Schweife stehen, Harn und Faeces gehen ab; dann stürzt es, leise winselnd, mit gelähmten Hinterbeinen zusammen. Zugleich hochgradige Dyspnoë, die Zunge hängt aus dem Maule heraus, Speichel fliesst reichlich ab. Die Lähmung ergreift nunmehr auch die vorderen Extremitäten. Der Hund wird recomprimirt.

Recompression.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
11 h	0	20°	19°	72 %
11 2'	4,4		28°	86 "
11 12'	4,4		26°	86 "
11 14'			20°	80 "
Langsames Entschleusen bis 12 h (ca. 46 Min.) auf dem herr- schenden Barometerstand.				

Nach der langsamen Decompression zeigt das Thier keine Dyspnoë mehr. Athmung und Puls regelmässig, eher verlangsamt.

Das Hinterthier ist noch immer gelähmt. Die Hinterbeine nachschleppend, sucht sich der Hund fortzubewegen; dabei hält er den Kopf gegen den Boden gesenkt, schleppt sich stets im Kreise herum, den Kopf mit der Schnauze in den Sand bohrend, und überschlägt sich fast dabei. Reflexe im Bereich der Hinterbeine erloschen, ebenso complete Anästhesie des Hinterthieres. Blase und Mastdarm gelähmt. Aufgerichtet und dann sich selbst überlassend fällt das Thier bei jedem Bewegungsversuch mit den vorderen Extremitäten, mit dem Kopfe voran stets nach der rechten Seite.

Nach 2 Tagen wird der Hund getödtet.

Section: Herz und Gefässsystem bieten nichts pathologisches; Lungen blutreich, an einzelnen Stellen stechnadelkopfgrosse Ecchymosen.

An den Abdominalorganen normaler Befund. Am Gehirn und Rückenmark makroskopisch nichts abnormes wahrnehmbar.

Gehörorgan: Trommelfell beiderseits dunkelblauroth verfärbt. Die Bulla jeder Seite von schwarzbraun gefärbtem coagulirten Blute erfüllt.

Versuch 110.

Hund Nr. IV.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h20'	0	+ 2°	+ 2°	85°/o	765 mm 83°/o
9 21'	3,5			95 "	
9 25'	4,5		max.	92 "	
10 15'	4,5		+ 10°	97 "	
10 16'	0		min. 0°	85 "	

Nach dem Ausschleusen läuft der Hund 10 Minuten lang ohne Erscheinungen umher. Dann tritt plötzlich heftige Dyspnoë, 120 Respirationen pro Minute, zugleich spastische Lähmung der Hinterbeine ein. *Recompression*.

Aufs neue, bis zu einem Drucke von 4,5 Atm. eingeschleust, schwindet, sichtlich, wie man sich durchs Fenster der Kammer überzeugen kann, die Dyspnoë und die Lungen-Herzerscheinungen. Das Thier, welches wie todt dalag, richtet sich nunmehr auf die Vorderbeine auf; für kurze Zeit vermag es wieder die hinteren Extremitäten zu gebrauchen; die Lähmung wird jedoch gleich darauf im Apparat während des langsamen 40 Minuten dauernden Ausschleusens wieder manifest. Nach dem Druckabfall sind die Herz-Lungenerscheinungen völlig geschwunden, an den Hinterbeinen complete spastische Lähmung mit Anästhesie. Stuhl und Urin gehen unwillkürlich ab.

Krankheitsverlauf:

Am nächsten Tage bleibt die Lähmung im gleichen. Der Penis ist erigirt und es besteht Priapismus bis zum Tode des Thieres. Die elektrische Prüfung ergibt keine sicheren Resultate. Retentio urinae; Blase ausdrückbar;

Temp. 40,3° C. Am 4. Tage frisst und trinkt der Hund. Status idem. Auch am 8. Tage hat sich der Zustand des Thieres nicht geändert, es wird photographirt. Temp. 39,2° C. In der Nacht vom 9. auf den 10. Krankheitstag stirbt der Hund.

Section am nächsten Tage:

Abdomen aufgetrieben. Penis erigirt. Nach Eröffnung der Bauchhöhle zeigt es sich, dass die ausgedehnte Blase mehr als die Hälfte derselben einnimmt, sie ist prall gespannt. Am oberen Pol der Blase in der Ausdehnung von ca. Guldengröße ein diphteritischer Entzündungsprozess, der eine leichte Verklebung der Blase mit den anlagernden hinaufgedrängten Dünndärmen herbeigeführt hat. In der Blase ca. 1/2 Liter trüben Harnes. Derselbe alkalisch reagirend, zeigt deutlich Albumen; Blasenschleimhaut aufgelockert injicirt; beide Nieren aufs doppelte vergrößert, deren Becken erweitert; Nierensubstanz aufgelockert, wie schwammig. Cystitis, Pylonephritis.

Die Lungen zeigen in allen Lappen vereinzelte Ecchymosen; das Herz und die übrigen Organe bieten nichts pathologisches. Gehirn und Rückenmark zeigen makroskopisch nichts abnormes.

Der mikroskopische Befund desselben ergibt: Multiple herdwweise Nekrosen insbesondere in den Seitensträngen des unteren Dorsalmarkes (Fig. 14 a b).

Fig. 14.

Skizzen, bei schwacher Vergrößerung.

Zwei Schnitte aus dem unteren Dorsalmark eines rasch von 4,5 Atmosphären Ueberdruck decomprimirten Hundes, der 10 Tage nach dem Experiment getödtet wurde. a Necrose des rechten Seitenstranges. b Necrotische Herde in beiden Seitensträngen.

Versuch 111.

Hund Nr. V (Männchen, 9 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10h 4'	0	+ 4,5°	+ 8°	76 %	764 mm 76 %
10 9'	3,5		+ 14°	90 „	
10 10'	4,5		+ 15°		
10 39'	4,5	+ 6 °	+ 13°		
10 40'	0		+ 9°	80 „	

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 45'	0	+ 6 °	+ 9°	79 „	
10 47'	3,5		+ 15°		
10 60'	4,5		+ 16°	90 „	
11 3'	4,5		+ 15°		
11 15'	4,5				
11 16'	0	+ 6 °	+ 10°	80 „	
11 20'	0		+ 9°		
11 22'	4,3		+ 18°	nicht	
11 24'	4,5	+ 6 °	+ 17°	notirt	
11 49'	4,5				
11 50'	0		+ 4°		

Das Thier wurde um 10 h 40' und um 11 h 16' rasch ausgeschleust, ohne dass beide Male 5 Minuten nach der Decompression pathologische Erscheinungen aufgetreten wären.

Nach dem drittmaligen Ausschleusen um 11 h 50' läuft der Hund noch durch 2 Minuten umher; dann tritt jedoch plötzlich eine Contractur im linken Hinterbein auf der bald darauf auch Contractur im rechten Hinterbeine folgt; Fäces und Urin gehen unwillkürlich ab; der Hund fällt auf den Boden. Mit dem spastischen Zustand alternirend treten Streckkrämpfe auf, die bald von vollständiger Paraplegie beider Hinterbeine gefolgt sind.

Das Thier wird sofort recomprimirt und in 5 Minuten auf den früheren Druck gebracht, 10 Minuten lang in demselben belassen und dann langsam entschleust.

Recompression.

12 h 10'	0				
12 15'	4,5	Von da ab langsame Decompression bis 12 h 55' (ca. 45 Minuten) auf den äusseren Barometerdruck.			

Während des Ausschleusens hat sich der Zustand so weit gebessert, dass der Hund auf drei Beinen in der Kammer umher läuft, das linke Hinterbein bleibt in maximaler Beugstellung.

Nach dem Ausschleusen liegt das Thier ruhig da; bis auf die Contractur des linken Hinterbeines sind alle Lähmungserscheinungen an den Extremitäten geschwunden.

Abduction sowie Streckversuche des kranken Beines verursachen Schmerzen, das Thier winselt. Die Erregbarkeit der linken hinteren Extremität für den faradischen Strom gesteigert.

Krankheitsverlauf:

Nach zwei Tagen: Urin geht unwillkürlich ab. Die Contractur des linken Hinterbeines lässt zeitweise nach, so dass der Hund dann alle vier Extremitäten benutzen kann, jedoch ist der Gang des Thieres stolpernd, es bleibt an Gegenständen, die am Boden liegen, mit den Hinterfüssen hängen.

Am 3. Tage ist die Incontinentia urinae geschwunden; der Hund frisst und trinkt nach Gewohnheit. Die Lähmung hat sich soweit gebessert, dass er sich nunmehr aller vier Füße bedienen kann.

Nach 8 Tagen sind alle Erscheinungen bis auf eine Schwäche des linken Hinterbeines geschwunden.

Nach weiteren 10 Tagen Status idem.

Ein Monat nach dem Experiment ist die Schwäche in dem Hinterbeine vollständig geschwunden.

Nach weiteren 8 Tagen wird der Hund zu einer läufigen Hündin gegeben; der Coitus gelingt erst am 2. Tage, obgleich der Hund schon am ersten Tage häufig diesbezüglich fruchtlose Versuche macht, keine Erection. Das Thier bleibt am Leben.

Versuch 112.

Hund Nr. VI.

Das Thier ist vollkommen gesund; es frisst und trinkt nach Gewohnheit, und zeigt keinerlei Krankheitserscheinungen.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9 h 20'	0	+ 2°	+ 1°	83 %	765 mm 83 %
9 30'	4,5		max. +10	90 „	
10 15'	4,5				
10 16'	0		min. 0°	80 „	

6 Minuten nach dem Ausschleusen um 10 h 16 Min. stürzt der Hund plötzlich unter den Erscheinungen von Asphyxie und Lähmung der hinteren Extremitäten nieder; sofortige Recompression.

Recompression (2 Hunde).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10 h 26'	0				
10 27'	4,5				
10 h 28'	0				
10 31'	4,5	Von da an langsame Decompression beider Thiere auf den äusseren Baro- meterstand bis 11 h 25' (ca. 1 Stunde).			

Da ein zweites Versuchsthier eben unter asphyctischen und Lähmungs-Erscheinungen zusammenbricht und der Recompression bedarf, wird der bereits im Apparat befindliche Hund rasch decomprimirt, um jenen in die Schleuse bringen zu können. Während des steigenden Druckes bessert sich der Zustand des ersten Thieres, das bis dahin wie todt dalag, so weit, dass

es nunmehr aufsteht, sich schüttelt und ohne Zeichen von Dyspnoë in der Kammer umhergeht.

Das plötzliche Ausschleusen zum Zwecke der Recompression eines anderen Thieres hatte somit keinen schädlichen Effekt gehabt. Der Hund befindet sich nach der Recompression vollkommen wohl.

Auch der Zustand des zweiten Thieres hat sich bedeutend gebessert; nach 20 Minuten tritt jedoch abermals anfallsweise Dyspnoë auf, die aber nicht so heftig ist wie das erstemal und von keinen Lähmungserscheinungen begleitet ist.

Nachmittags 3 Uhr tritt vorübergehend ein ca. 4 Minuten dauernder dyspnoischer Anfall auf. Am anderen Tage morgens befindet sich das Thier anscheinend wohl, frisst und trinkt wie gewöhnlich.

Versuch 113.

Hund Nr. IX „Weiss“ (Männchen, 8 Kilo).

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
9h50'	0	-4,5°	+2°	72%	768 mm 80%
9 57'	2		max.		
10 7'	4,5		+13°	96 „	
10 10'	4,7		min.	90 „	
10 50'	4,7		+9°		
10 51'	0			80 „	

Kurz nach dem Ausschleusen zeigt der Hund beginnende paretische Erscheinungen an den hinteren Extremitäten, Steifheit der Beine, Stuhl geht unwillkürlich ab. Nach 5 Minuten tritt heftige Dyspnoë auf (140 Resp. pro Minute). Das Thier stürzt nunmehr an allen Extremitäten vollständig gelähmt zusammen und scheint zu verenden.

Sofortige R e c o m p r e s s i o n auf den früheren Druck.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
11 h	0				
11 2'	4,5				
11 16'	Langsames Entschleusen bis 11 h 50' (ca. 34') auf den äusseren Barometerstand.				

Mit steigendem Druck schwindet sichtlich die Dyspnoë, das Thier steht auf und verhält sich im Apparate während des langsamen Ausschleusens vollständig ruhig.

Nach dem Verlassen desselben zeigt das Thier keinerlei Krankheitserscheinungen, Dyspnoë und Lähmungssymptome sind geschwunden, der Hund bleibt gesund.

Versuch 114.

Hund Nr. XLIII.

Ein mittelgrosser Hund wird in der Experimentirkammer einem Druck von 3,5 Atm. ausgesetzt und dann nach einstündigem Aufenthalt im Apparat in 53 Secunden entschleust.

Ca. 12 Minuten, nachdem das Thier aus dem Apparat herausgenommen wurde, beginnt es die Hinterbeine nachzuschleppen, bleibt zeitweise stehen und athmet mehrmals auffallend tief ein; wenige Augenblicke danach tritt starke Dyspnoë auf, der Hund fällt um, die Hinterbeine gelähmt; dann treten Streckkrämpfe an den vorderen Extremitäten auf. Das Thier wird sofort wieder re-comprimirt; in einer Minute ist der maximale Druck von 3,5 Atm. erreicht, der Zustand des Thieres bessert sich. Es wird durch 10 Minuten im constanten Druck belassen und dann langsam in 30 Minuten ausgeschleust. Dyspnoë sowie die Erscheinungen an den Vorderbeinen sind geschwunden; am Hinterthier ist nur mehr geringe Schwäche der Beine erkennbar.

Versuch 115.

Hund Nr. XLIV.

Ein mittelgrosser Hund wird in 3 Minuten auf den Druck von 4,5 Atm. comprimirt und eine Stunde in diesem Druck belassen; rasche Decompression in 53 Secunden (Temperaturabfall während derselben 12°).

Nach zwei Minuten fällt das Thier plötzlich um und beginnt mühsam zu athmen; Herzaction frequent unregelmässig, gurgelnde Geräusche über dem Herzen zu hören, die Reflexe an den Extremitäten deutlich gesteigert, Beginn von Streckkrämpfen in den hinteren Extremitäten, das Thier wird sofort in ca. einer Minute auf 4 Atmosphären wieder eingeschleust und durch 3 Minuten im Druck belassen.

Hierauf Decompression in 25 Minuten; man kann durch das Fenster die successive Besserung des Zustandes beobachten, indem das Thier nach einiger Zeit aufsteht und im Apparat umhergeht.

Das Thier befindet sich wohl; es vermag aus der Druckkammer herausgenommen herumzugehen, wenn auch noch eine gewisse Schwäche der Hinterbeine bemerkbar ist.

Hierauf wird der Hund nach einer Viertelstunde durch Chloroform getödtet.

Die Section ergibt im Gebiet der grossen Körpervenestämme vereinzelte freie Gasblasen; auch im rechten Vorhof zwischen den Trabekeln einzelne grosse Gasblasen sichtbar.

Versuch 116.

Hund Nr. XXXVII.

Ein Hund von 5 Kilo wird auf 4 Atm. comprimirt und nach $\frac{1}{2}$ stündigem Aufenthalt in der Kammer in einer Minute entschleust; unter ca. 10 Mi-

nuten nach dem Verlassen des Apparates auftretenden spastischen Erscheinungen an den Hinterbeinen erfolgt complete Lähmung der Hinterbeine, Störungen der Function des Rectums im Verlauf von weiteren 10 Minuten. Das Thier wird auf den vorigen Druck *recompressirt* und $\frac{1}{2}$ Stunde in demselben belassen; es wird hierauf vorsichtig in 35 Minuten ausgeschleust.

Keine Besserung, das Thier kriecht mühsam mit den Vorderbeinen am Boden herum und schleppt die Hinterbeine nach. Erst am zweiten Tage hat sich der Zustand so weit gebessert, dass der Hund nunmehr auch Bewegungen mit den Hinterbeinen machen kann und nach weiteren vier Tagen wieder herumzulaufen vermag.

Versuch 117.

Hund Nr. XLV.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.
10h	0	+ 21°	+ 18°	80 %
10 5'	4,2		+ 22°	90 „
10 20'	4,2			
10 21'	0		+ 16°	78 „

Ca. 5 Minuten nach Verlassen des Apparates tritt Paralyse aller vier Extremitäten auf. Das Thier macht heftige Brechbewegungen und wird unter zunehmender Dyspnoë asphyctisch, es liegt sterbend am Boden; gurgelnde Geräusche über dem Herzen zu hören; *sofortige Recompression*.

10h37'	0			
10 38'	4,2			
Sofort langsames Entschleusen bis 11 h 10' (ca. 30 Minuten) bis auf den herrschenden Barometerstand.				

Nach rascher Recompression langsam entschleust, verlässt das Thier, dessen Krankheitserscheinungen bereits im Apparat geschwunden waren, anscheinend wohl, denselben.

Nach einigen Minuten, während welcher Zeit der Hund umherläuft, fängt sein Gang an schwankend zu werden; das Thier taumelt und fällt zu Boden. Nach ca. einer Stunde tritt plötzlich complete Paralyse aller vier Beine auf. Asphyctische Erscheinungen kommen nicht mehr zur Beobachtung. Athmung und Puls nach der langsamen Decompression zeigen eine Abnahme der Frequenz, das Thier bleibt noch 36 Stunden am Leben.

Keine Section.

Versuch 118.

Hund Nr. XLVI.

Ein mittelgrosser Hund wird in 4,8 A. Druck gebracht und $\frac{3}{4}$ Stunden in der Kammer belassen; er wird hierauf in 51 Secunden decomprimirt.

Das Thier, anfangs ohne Erscheinungen, wird nach ca. 8 Minuten von den schwersten Symptomen befallen; es stürzt plötzlich um und bleibt regungslos liegen. Unregelmässige Herzaction; anfangs frequente, gleich darauf langgezogene tiefe Inspirationen; Streckkrämpfe an den Hinterbeinen.

Sofortige Recompression auf den vorigen Druck in 2 Minuten. Wie man durchs Guckloch beobachten kann, bleibt das Thier anfänglich am Boden liegen, tiefe Athemzüge deutlich zu sehen. Nach 5 Minuten hat sich der Hund erholt und kriecht im Apparate herum; er wird noch 10 Minuten in der Kammer belassen und dann in 50 Minuten ausgeschleust; das Thier verlässt die Kammer vollkommen wohl. Tödtung des Hundes.

Section.

Freie Gasblasen in den Gefässen können nicht nachgewiesen werden; auch im Herzen, dessen linker Ventrikel contrahirt ist, rothes, nicht schaumiges Blut. Lungen erscheinen in ihrem Blutgehalt nicht geändert.

Versuch 119.

Hund Nr. XLVI.

Z.	Dr. i. A.	A. T.	Sch. T.	Sch. Hg.	Bar. Hg.
10h 25'	0	15°	12°	70%	Barom. 760mm, Hyg. 70%
10 29'	4,7		18°	85 „	
11 29'	4,7				
11 30'	0		10°	75 „	

Das Thier zeigt wenige Augenblicke nach dem Druckabfall schwere Störungen; es stürzt wie vom Blitze getroffen um, streckt die Beine von sich und scheint bewusstlos; Thorax in maximaler Inspirations-Stellung.

Sofortige Recompression jedoch nur auf 3 Atmosphären.

11h 36'	0				
11 39'	3,0	19°	82%		
12	3,0				
12 20'	0		79 „		

Nach dem Druckabfall erscheint der Zustand des Thieres gebessert; Bewusstlosigkeit besteht nicht mehr, es reagirt auf äussere Reize, bleibt jedoch am Boden liegen und vermag die Beine nicht zu bewegen. Athmung und Puls langsam, regelmässig.

Das Thier wird nach einer Stunde getödtet.

Section: Mehrere grosse Gasblasen im rechten Ventrikel, daneben mässige Mengen nicht schaumigen Blutes; der linke Ventrikel contrahirt. Im übrigen makroskopisch Gasblasen in den Gefässen nirgends mehr nachweisbar. Der übrige Befund ergibt normale Verhältnisse.

Versuch 120.

Hund Nr. XLVII.

Nach einstündigem Verweilen in einem Druck von 4,5 Atm. wird das Thier in einer Minute decomprimirt.

Bald nach dem Druckabfall tritt Dyspnoë auf und man vermag gurgelnde Geräusche über dem Herzen zu hören; der Hund schleppt sich mühsam am Boden umher, endlich bleibt er, alle vier Beine von sich gestreckt, liegen.

Recompression auf 2 Atmosphären Ueberdruck.

Man lässt das Thier eine halbe Stunde im Apparate und decomprimirt es hierauf langsam in 20'.

Der Hund wird aus der Schleuse genommen; er vermag sich jedoch noch immer nicht fortzubewegen und fällt bei diesbezüglichen Versuchen immer wieder zu Boden.

Nach 3 Stunden: Das Thier athmet ruhig und regelmässig; desgleichen regelmässige langsame Herzaction. Auf Anrufen reagirt es nur träge.

In der Nacht stirbt der Hund. Section wurde nicht gemacht.

Betrachten wir zunächst die Versuche 108 bis 112 inclusive. Bei allen hiebei verwendeten Thieren traten mehr minder rasch nach dem Druckabfall Herz - Lungenerscheinungen sowie paralytische Symptome auf.

Frühestens nach 10 Minuten, zu welcher Zeit sämtliche Erscheinungen manifest waren, wurden die Hunde wieder rasch in den früheren Druck gebracht und ca. 10—20 Minuten in der Kammer belassen, um dann langsam durchschnittlich in $\frac{3}{4}$ Stunden ausgeschleust zu werden.

In allen Versuchen konnte festgestellt werden, dass die Herz-Lungenerscheinungen nach der Recompression schwanden, die früher bestandene Dyspnoe hatte aufgehört, die gurgelnden Geräusche über dem Herzen waren geschwunden, Athmung und Herzaction der Thiere schien ungestört zu sein, indem gewöhnlich langsame tiefe Respirationen und meist verlangsamte Herzaction beobachtet wurde. Ja, man konnte sogar sehen, dass dieser Symptomencomplex schon im Apparate schwand, meist gleich im Anschlusse an den erreichten maximalen Ueberdruck, wie wir dies auch anlässlich anderer, hier nicht näher ausgeführter Versuche wahrgenommen haben¹⁾. Häufig jedoch, und es verdient dies be-

1) Wir erinnern diesbezüglich auch an den Versuch 70, woselbst ein Wiederansteigen des gesunkenen Blutdruckes nach der neuerlichen Compression beobachtet werden konnte.

sonderer Erwähnung, schwinden die Störungen der Respiration und Circulation schon bei Drücken, die bedeutend geringer sind als diejenigen, von denen herab das Thier decomprimirt die schweren Erscheinungen davongetragen hatte. Man beobachtet dann wie sich ein schwer asphyctisches Thier schon während des Druckanstieges erholt und bevor noch der Druck sein Maximum erreicht hat, bereits ruhig und regelmässig athmet.

Diesbezüglich sind auch die Experimente 119 und 120 von Interesse, welche gezeigt haben, dass die Lungen-Herzerscheinungen in dem einen Falle schon nach der Recompression auf 3 Atm., in dem anderen nach dem Druckanstieg auf 2 Atm. schwanden, obwohl dieselben nach einer Decompression von 4,5 Atm. aufgetreten waren.

Anders aber verhielten sich die Symptome von Seiten des nervösen Centralapparates. Bei allen Thieren der Versuche 108—112 waren entweder gleichzeitig mit den asphyctischen Symptomen oder denselben vorangehend Lähmungserscheinungen insbesondere des Hinterthieres von verschiedener Intensität aufgetreten. Diese Symptomengruppen konnten mit Ausnahme des Falles 111 nicht zum Verschwinden gebracht werden; die Läsion im Rückenmarke war nach 10 Minuten, nach welcher Zeit die Recompression vorgenommen wurde, bereits eine so schwere, dass die Lähmung auch nach der langsamen Decompression fortbestand, und im Versuche 108 und 109 sowie im Versuche 110 bis zum Tode des Thieres, der bei 108 am nächsten Tage, bei 109 nach 2 Tagen und bei 110 am neunten Tage erfolgte, permanent blieb. Im Versuche 111 gestalteten sich die Verhältnisse anders. Hier war nach dem innerhalb einer Minute erfolgten Druckabfall vorerst eine Lähmung des linken Hinterbeines eingetreten, die dann rasch von einer vollständigen Lähmung des Hinterthieres gefolgt war. Recompression: Die Lähmung des Hinterbeines besteht fort, die übrigen nervösen Erscheinungen sind jedoch vollständig zurückgegangen. Die Störung des somit zuerst und am schwersten afficirten Beines konnte durch die neuerliche Einwirkung des erhöhten Luftdruckes nicht gebessert werden, die Paralyse schwand vielmehr nach und nach abnehmend erst in fünf Wochen.

Dieser Versuch wird besonders lehrreich, wenn wir ihn mit dem Experiment 114 vergleichen, auf das wir gleich werden einzugehen haben.

Vorerst wollen wir jedoch die Sectionsresultate sowie die

Todesursache in den erstgenannten Beobachtungen besprechen und die Erfahrungen an den Hunden LVII und XLII in Betracht ziehen. Der erste Fall betrifft ein Thier, welches von einem Ueberdruck von 2 Atm. plötzlich entschleust nach einer Beobachtungszeit von 5 Minuten, ohne dass pathologische Symptome auftraten, rasch recompimirt nach der darauffolgenden langsamen Decompression getödtet und secirt wurde. Die Section ergab keine freien Gasblasen in den Gefässen, was wir mit Rücksicht auf die Versuche 25, 25a und 71 als den Effect der Recompression anzusehen berechtigt sind.

Wenn auch im Versuche 108 die asphytischen Symptome wie schon gesagt nach der Recompression geschwunden waren und sich das Thier bis auf die Lähmung anscheinend wohl befand, indem keine Störungen der Herzthätigkeit und der Respiration zu beobachten waren, so erfolgte doch nach ca. 10 Stunden das letale Ende. Wie die Section zeigte, konnten 'mit freiem Auge im Gefässsystem nirgends mehr Gasblasen nachgewiesen werden, auch kann man wohl annehmen, dass in den Capillaren der einzelnen Organe kein gasbläschenführender Inhalt mehr vorhanden war, da derselbe in Erwägung der langen Zeit bereits abgegeben sein musste. Das Kreisen des Blutgasgemisches in den Gefässen, insbesondere der nervösen Substanz, die dadurch veränderte und bedeutend herabgesetzte Gewebsernährung führte durch die Schädigung lebenswichtiger Centren den Tod herbei; war ja auch die nach der Decompression aufgetretene Paraplegie keine bloss vorübergehende; die Läsion im Rückenmark vielmehr eine so intensive, dass die betreffenden Symptome nicht mehr schwanden.

Auch bei dem Versuchsthier Nro. IV hatte die Recompression keine Besserung der Erscheinungen von Seiten des Rückenmarkes bewirkt; auch nach derselben war vollständige Paraplegie des Hinterthieres vorhanden, die Symptome, wie sie vor der neuerlichen Luftdruckerhöhung auftraten, bestanden fort und waren deutlich ausgeprägt; neben der Lähmung der Hinterbeine beherrschte vor allem die Paralyse der Blase das Bild und der am nächsten Tage aufgetretene Priapismus hielt bis zum Tode des Thieres an, welcher am neunten Tage nach dem Experiment unter den Erscheinungen der Cystitis und Pyelonephritis erfolgte.

Im Versuche 111 waren keine Störungen der Herz-Lungen-thätigkeit, nach der Decompression nur Erscheinungen von Seiten

des Rückenmarkes aufgetreten; der rasche Druckabfall war von einem paraplegischen Symptomencomplex gefolgt, in dem die nervösen Bahnen des zuerst afficirten linken Hinterbeines am meisten geschädigt worden waren, so dass die Erscheinungen von Seiten dieser Extremität auch nach der Recompression bestehen blieben. Dass die Function des rechten Beines nach der langsamen Decompression nahezu vollständig wiederhergestellt war, müssen wir nicht nothwendiger Weise als den Effect der Recompression ansehen, sondern wir können nach unseren anderweitigen Erfahrungen annehmen, dass die Störungen hier von vorne herein leichtere und daher nur vorübergehende waren und auch ohne weitere therapeutische Versuche zurückgegangen wären. Die Störungen des linken Hinterbeines bildeten sich erst allmählich zurück und nach circa einem Monat war die Gebrauchsfähigkeit des Beines wieder vollkommen hergestellt.

Im Experimente 116 war die rasche Decompression nur von Lähmungserscheinungen des Hinterthieres gefolgt; die Recompression, erst nach dem Manifestwerden der Symptome vorgenommen, hatte, wie zu erwarten stand, keine Besserung im Gefolge, wenn auch die Zeit des Aufenthaltes im erhöhten Druck und die Dauer des Druckabfalles entsprechende waren.

Auch in den Versuchen 112, 113, 114 und 115 war nach der ersten Decompression derselbe Symptomencomplex wie in den Experimenten 108—110 aufgetreten; die Recompression hat hier aber nicht bloss die Allgemeinerscheinungen zum Schwinden gebracht, es wurde durch dieselbe auch erreicht, dass die Symptome von Seiten des Rückenmarkes, die eben sich ausbildenden Lähmungen keine bleibende wurden, indem die Setzung dauernder Läsionen an den durch die gestörte Circulation mangelhaft ernährten Stellen verhindert wurde.

In allen vier Experimenten, und dieser Umstand muss besonders betont werden, wurden die Thiere sogleich, nachdem die Erscheinungen aufgetreten waren, neuerlich in den frühern Druck gebracht, so dass eine Zeit von höchstens zwei Minuten zwischen dem Auftreten der ersten pathologischen Erscheinungen und dem Wiederansteigen des Luftdruckes verstrich, eine Zeit, die in der Reihe 108—112 eine viel längere, bis 10 Minuten andauernde war.

In den Versuchen 112, der eine Hund, und 113 wurde durch die Recompression vollständige Heilung erzielt. Bei dem andern

Thier des Versuches 112, welches ebenfalls nur wenig über eine Minute unter dem gleichen Ueberdruck wie in dem die Erscheinungen verursachenden Experimente geathmet hatte, waren ebenfalls alle schweren Symptome geschwunden; es traten jedoch bald nach der Recompression sowie nach einigen Stunden neuerlich Anfälle von Dyspnoe auf, als Zeichen, dass vollständig normale Verhältnisse noch immer nicht im Organismus hergestellt waren, dass die Abgabe und Resorption des freien Gases noch immer nicht vollendet war und dadurch Störungen der Herzthätigkeit bedingt wurden. In weiterer Folge befand sich das Thier dann wohl und hatte keinerlei Erscheinungen mehr.

Auch des Experimentes 117 ist diesbezüglich hier Erwähnung zu thun. Die nach dem Auftreten der schweren Erscheinungen wenn auch sofort vorgenommene Recompression auf den vorigen Druck, mit dem gleich darauf erfolgten Ausschleusen in 30 Minuten waren zu kurz gewesen, um die vollständige Elimination des freien Stickstoffes zu bewirken; die Herz-Lungenerscheinungen waren allerdings geschwunden; wir müssen jedoch annehmen, dass nach der zweiten Decompression noch freie Gase in der Blutbahn kreisten, die hinreichend waren, noch nach einiger Zeit schwere Schädigungen, so die Lähmung aller vier Extremitäten hervorzurufen. Die Störungen waren so eingreifender Art, dass das Thier im Verlauf von 36 Stunden verendete.

Dass die Recompression, um ihre volle Wirksamkeit entfalten zu können, thatsächlich durch einen entsprechenden Zeitraum ausgeführt werden muss, dass man insbesondere die Decompression äusserst langsam zu bewerkstelligen hat, wenn man das Thier auch nur auf kurze Zeit in dem maximalen Ueberdruck belässt, ergibt sich aus dem Versuche 115, bei welchem durch die Section noch Gasblasen in einzelnen Bezirken des Gefässsystems nachzuweisen waren, wenn auch das Thier nach Verlassen des Apparates keine Erscheinungen mehr zeigte. Recomprimirt wurde in diesem Versuche auf 4,0 Atm. durch 3 Minuten; die Dauer des Druckabfalls betrug 25 Minuten. Vergleiche hierzu auch die Experimente 116 und 120.

Der Versuch 114, welchen wir schon herangezogen haben, ergab nach der Recompression eine so bedeutende Besserung der Symptome, dass der früher an den Hinterbeinen vollständig gelähmte Hund wieder gehen konnte, wenn auch eine gewisse

Schwäche derselben nicht zu verkennen war; die Erscheinungen von Seiten der erst nach dem Befallenwerden der Hinterbeine nur leicht geschädigten vorderen Extremitäten waren vollständig geschwunden.

Im Versuche 118 war der Erfolg der Recompression ein vollkommener. Das Thier, das in Erwägung bereits besprochener Versuchsreihen wahrscheinlich nach kürzerer oder längerer Zeit gestorben wäre, wurde durch die neuerliche Erhöhung des Luftdruckes während der Zeit von 15 Minuten und den in 50 Minuten bewerkstelligten Druckabfall gerettet und vollkommen wiederhergestellt. Auch die Section lehrte, dass wieder normale Verhältnisse für den Kreislauf geschaffen worden waren, indem das Gefäßsystem allenthalben normale Blutfüllung und nirgends mehr das Vorhandensein freier Gasblasen zeigte. Denselben Erfolg hatte die Recompression auch im Versuche 106, bei welchen die Section ebenfalls keine Gasblasen mehr zeigte, deren wenn auch symptomloses Verhandensein nach der ersten fast momentanen Decompression wir in Rücksicht bereits besprochener Versuchsergebnisse annehmen dürfen. Die neuerliche Compression hatte in diesen Fällen die vollständige Rückabsorption und Elimination des freien Stickstoffs bei der Passage des Blutes durch die Lungen ermöglicht.

Dass eine Resorption des in Form grösserer und kleinerer Blasen in den Gefässen freigewordenen Gases im todten Thier nicht erfolgt, haben wir an Versuch 107 zeigen können.

In den beiden letzten Beobachtungen dieses Abschnittes 119 und 120 wurde bei der Recompression mit Vorbedacht nicht der gleiche Ueberdruck wieder angewendet, wie in dem ersten, die Erscheinungen verursachenden Experimente, sondern es wurden geringere Drücke, in dem zweiten Falle nur die halbe Luftdruck-erhöhung in Wirksamkeit gebracht. War es ja von theoretischem Standpunkt aus denkbar, dass die Recompression auf geringeren Druck genügen könnte, um die Blutflüssigkeit von den vorhandenen freien Gasblasen zu befreien und dadurch die Ausbildung weiterer Folgezustände zu verhindern sowie auch durch Wiederherstellung normaler Circulationsbedingungen die bereits aufgetretenen Störungen zum Verschwinden zu bringen, da man wohl annehmen darf, dass selbst kurze Zeit nach der ersten Decompression ein gewisser Gasüberschuss bereits abgegeben worden sein kann, so dass die noch im Gefäßsystem vorhandene Menge freien

Gases eine solche ist, wie sie einer Decompression von einem geringeren Ueberdruck entsprechen würde.

Das Thier XLVI zeigte nach der zweiten langsamen Decompression wohl eine Besserung der schweren Erscheinungen, die sich jedoch nur auf die Herz-Lungensymptome und dadurch auf den Allgemeinzustand erstreckte. Die Unbeweglichkeit der Beine bestand hingegen noch fort und das Thier vermochte sich nicht zu erheben. Die nach einer Stunde vorgenommene Section bewies auch, dass der Effect der Recompression kein vollständiger war, indem sich noch freies Gas im rechten Herzen vorfand. Allerdings müssen wir zu diesem Versuche noch bemerken, dass das Thier nur durch eine Minute unter 3 Atm. Druck gebracht und in 20 Minuten ausgeschleust wurde.

Beim Hunde Nr. XLVII schien die neuerliche Druckwirkung von 2 Atmosphären in der Dauer von einer halben Stunde einen günstigen Einfluss auf die Herzthätigkeit gehabt zu haben, wie der Zustand des Thieres nach der langsamen Decompression zeigte. Zu einer vollen und bleibenden Wiederherstellung der schwer geschädigten Functionen war es jedoch nicht gekommen. Die sich allmählich mehr und mehr bessernden Circulations- und Ernährungsverhältnisse waren hier nicht mehr im Stande, die gesetzten Störungen wieder auszugleichen; das Thier starb nach mehreren Stunden.

Wie wir dies schon bei Gelegenheit einer anderen Versuchsreihe gesagt haben, würde allerdings eine noch viel grössere Zahl von Experimenten nothwendig sein, um den Werth der Recompression für die einzelnen Fälle noch genauer zu determiniren und festzustellen, und dadurch die Werthe der anzuwendenden Druckgrössen, sowie die Dauer des Aufenthaltes und der Decompression in bestimmte Grenzen zu bringen und näher zu präcisiren; wir glauben jedoch nach den mitgetheilten Beobachtungen die Wirksamkeit einer neuerlichen Compression genügend beleuchtet und für die einzelnen Symptomengruppen klargestellt zu haben.

Gegen die Erscheinungen von Seiten des Herzens und die Störungen des Respirationsapparates ist die Recompression ein ausgezeichnetes Mittel und wirkt geradezu lebensrettend in jenen Fällen, wo durch die Behinderung dieser lebenswichtigen Functionen bereits schwere Allgemeinerscheinungen aufgetreten sind.

Auch bei begrenzten Störungen, bei den durch lokale Schä-

digungen im Rückenmark bedingten Lähmungserscheinungen haben wir von der Recompressionsdauer dann günstige Erfolge gesehen, wenn das Thier gleich nach dem Auftreten derselben unter Druck gebracht wurde.

Man darf jedoch in der Beurtheilung des Werthes der Recompression bezüglich der Lähmungserscheinungen nicht zu sanguinisch sein, denn man muss sich stets vor Augen halten, dass sich auch scheinbar schwere paraplegische Symptome nach Minuten oder Stunden spontan bessern und schwinden können und andererseits wieder ausgesprochene Lähmungen mit manifesten Erscheinungen durch den Effect der Recompression nicht zurückgehen und nur dann gebessert werden, wenn man die für den einzelnen Fall vorher nicht genau zu bestimmende „kritische“ Zeit versäumt hat.

Die Herz-Lungenerscheinungen können — und wir verfügen diesbezüglich über Beobachtungen am Menschen — noch nach Stunden günstig beeinflusst werden im Gegensatz zu den Lähmungserscheinungen, auf welche eine neuerliche Erhöhung des Luftdruckes nur in deren Initialstadium wirken kann.

Es braucht nach dem Gesagten wohl nicht besonders betont zu werden, dass die Recompression im Allgemeinen umso günstiger wirkt, je frühzeitiger dieselbe vorgenommen wird, je länger man den Aufenthalt ausdehnt und je langsamer die darauffolgende Decompression bewerkstelligt wird.

Am Schlusse dieses Abschnittes haben wir noch einige Bemerkungen über die an unseren Versuchsthieren beobachteten Lähmungserscheinungen nachzutragen, wobei wir nunmehr unsere gesammten diesbezüglichen Erfahrungen berücksichtigen können.

Was zunächst bei übersichtlicher Betrachtung dieser Erscheinungen auffällt, ist die Prädilection der Störungen von Seiten der hinteren Extremitäten. Wenn auch die Paraplegie der Hinterbeine nicht immer vollständig und in beiden Beinen mit gleicher Intensität ausgebildet ist, so ist doch der paraplegische Typus der Läsion in den meisten Fällen mehr oder minder deutlich ausgeprägt, indem bloss in wenigen Fällen Symptome nur von Seiten einer Extremität allein auftraten. In der Mehrzahl der Beobachtungen war auch die Funktion der anderen alterirt.

Die Störung von Seiten des weniger befallenen Beines war aber dann stets eine bloss vorübergehende, und man konnte die betreffende Extremität schon beim Einsetzen der Erscheinungen als die weniger afficirte meist dadurch erkennen, dass die Art der Symptome, vorwiegend Reizerscheinungen, schon auf den weniger intensiven Grad der Läsion ihrer Bahnen schliessen liessen. Haben wir doch oft genug beobachtet, dass, während das eine Bein bereits vollkommen unbeweglich war, ein theilweiser und zeitweiser Gebrauch des andern noch möglich blieb, wenn auch die Funktion desselben in verschiedener Stärke gelitten hatte. In solchen Fällen, wo die Störung insbesondere eine hintere Extremität befallen hatte, liess sich in Bezug auf die Häufigkeit ein Ueberwiegen der einen Seite gegen die andere nicht nachweisen. Die Lähmung betraf jedoch in der Mehrzahl der Beobachtungen, insbesondere bei Decompression von höherem Ueberdruck nicht bloss die hinteren Extremitäten, sondern wir hatten es häufig mit einer vollständigen Lähmung des Hinterthieres zu thun. Die Störungen der Funktionen von Blase und Mastdarm werden wohl erst später deutlich und manifest, eine diesbezügliche Störung wird jedoch bereits im Beginne in jenen Fällen mit Sicherheit angenommen werden dürfen, wo an dem betreffenden Versuchsthier, wie wir dies bei den entsprechenden Experimenten beschrieben haben, unwillkürlicher Stuhlabgang auf Läsionen dieser Sphäre hinweist.

Meist setzen die nervösen Störungen mit Reizerscheinungen ein, bevor es zu vollständiger Lähmung der betreffenden Extremitäten kommt.

Tonische Streckkrämpfe von wechselnder Intensität leiten die folgenden Lähmungserscheinungen ein, die im Beginn auf längere (im Versuch 58 durch $3\frac{1}{2}$ Stunden) oder kürzere Zeit spastischen Charakter besitzen; die Reflexe sind dann deutlich gesteigert und passive Bewegungen versetzen die Extremität in krampfhaftes Streckstellung, auch scheint das Thier Schmerzen in dem befallenen Beine zu haben, indem es sich häufig unter Winseln in dasselbe beisst.

Meist ist die Entwicklung des Bildes folgende. Das Thier springt aus dem Apparat heraus und läuft noch herum, dann plötzlich bleibt es stehen, spreizt die hinteren Extremitäten auseinander, krümmt dabei häufig auch den Rücken und zittert an den Beinen, den Schweif in die Höhe gestreckt; plötzlich geht

noch in dieser Stellung Stuhl, oft auch Urin ab; die Beine werden immer steifer, die Zehen maximal dorsalwärts flectirt, und so versucht es der Hund, zu gehen. Er stürzt aber gleich auf eine Seite und bleibt mit gestreckten Hinterbeinen, oft auch unter gleichzeitigen asphyctischen Erscheinungen liegen, fruchtlos bemüht, mittelst der Vorderbeine am Boden weiterzukriechen.

Die Steifheit der hinteren Extremitäten lässt dann allmählich nach, das Thier versucht sich aufzurichten; da treten jedoch abermals Streckkrämpfe auf und es liegt wieder mit weit von einander gespreizten, steifen Hinterbeinen am Boden. Nach wechselnder Zeit lässt der spastische Zustand nach, Extremitäten und Schweif bleiben unbeweglich; die Reflexe können aber noch lange Zeit gesteigert sein.

Auch in der sensiblen Sphäre lassen sich häufig schon in der ersten Zeit Defecte nachweisen (Versuch 55 und 58). Die den Symptomencomplex dominirenden Motilitätsstörungen bessern sich dann meist in weiterer Folge und nach Tagen oder Wochen kann das Thier seine Extremitäten wieder vollkommen wie vor dem Versuch gebrauchen. In den schweren Fällen gewinnt die sich entwickelnde Cystitis mit ihren Folgen, sowie das Auftreten von Decubitus für den Allgemeinzustand des Thieres an Bedeutung und es geht unter diesen Umständen zu Grunde, ohne das Bewegungsvermögen der Beine wieder erlangt zu haben (nach 5 Wochen im Versuch 58).

Aber nicht immer sind es Reizerscheinungen, welche die Lähmungen einleiten und ihrem Manifestwerden vorangehen; wir haben Beobachtungen mitgetheilt, welche zeigen, dass das Thier in manchen Fällen und dann meist gleich im Anschluss an die Decompression plötzlich auf den Hintertheil zusammenbricht und an den hinteren Extremitäten gelähmt bleibt, ohne dass Krämpfe in denselben aufgetreten wären; wohl aber kann es hiebei vorkommen, dass vorübergehende Streckkrämpfe in den vorderen Extremitäten auftreten.

Dieses Einsetzen der Lähmungen ohne vorhergehende oder begleitende irritative Symptome ist besonders in jenen Fällen deutlich, wo die Thiere nach Verlassen des Apparates an allen vier Extremitäten paralytisch zusammenstürzen (Versuche 14, 53, 114, 117 und 119) und wie bewegungslos am Boden daliegen. Diese schweren nervösen Erscheinungen sind aber dann, wie wir

gesehen haben, auch meist mit so bedeutenden Störungen der lebenswichtigen Functionen, Asphyxie, verbunden, dass sie von letalem Ausgang gefolgt sind. Wir haben uns in solchen Fällen vorzustellen, dass die Läsionen der betreffenden Bahnen im Rückenmarke gleich im Beginne so eingreifende, die Ischaemie und Anaemisirung der betreffenden Bezirke so vollständige waren, dass die von denselben versorgten Extremitäten ihre Functionen vollkommen einbüssten.

Dass es einmal zu einer bleibenden Paraplegie der vorderen Extremitäten allein gekommen wäre, haben wir in Uebereinstimmung mit anderen Autoren nie beobachten können.

Wie ja aus der Beschreibung der einzelnen Versuche zur Genüge hervorgeht, können die Bilder wechselnde sein und die Aufeinanderfolge der nervösen Symptome, die Art des Ergriffenseins der einzelnen Extremitäten in Bezug auf In- und Extensität vielfach variiren. Aber auch ihr zeitliches Auftreten kann in Rücksicht auf die Erscheinungen von Seiten des Herzens und des Respirationsapparates ein verschiedenes sein. Häufig treten beide Symptomengruppen gleichzeitig auf; man beobachtet Streckkrämpfe in den Beinen und zu derselben Zeit Dyspnoe und Störungen der Herzthätigkeit; in anderen Fällen treten nach der Decompression zuerst asphyctische Symptome auf und dann erst folgen die Lähmungserscheinungen. Es kann aber auch vorkommen, dass die Paraplegien die Reihe der Störungen eröffnen und dann erst, in solchen Fällen wohl meist leichtere, Allgemeinstörungen auftreten; es kann endlich in seltenen Fällen sogar geschehen, dass vorübergehende Dyspnoe noch zu einer Zeit auftritt, nach welcher die Lähmungserscheinungen bereits wieder geschwunden sind.

Fassen wir nunmehr nach Besprechung der einzelnen Versuchsreihen die gewonnenen Resultate dieser Untersuchung kurz und übersichtlich zusammen, so glauben wir nunmehr die folgenden Sätze entgültig festgestellt zu haben, die zugleich eine Bestätigung der Anschauungen der französischen Autoren bilden können.

Die Blutvertheilung des Organismus erfährt in comprimierter Luft aus mechanischen Ursachen keine Veränderung; man kann daher eine solche zur Erklärung der nach der Decompression auftretenden pathologischen Erscheinungen nicht heranziehen.

Nach rascher Decompression, deren Dauer für den einzelnen Fall innerhalb einer gewissen unteren Grenze schwankt, kann man im Gefäßsystem freies Gas nachweisen.

Das aus dem Blute freigewordene Gas ist seiner Zusammensetzung nach fast ausschliesslich Stickstoff.

War der Aufenthalt in comprimierter Luft ein genügender, und die Decompression eine entsprechend rasche, so treten nach derselben pathologische Erscheinungen auf. Dieselben sind nach ihrer In- und Extensität verschieden und können in zwei Hauptgruppen unterschieden werden, wovon entweder jede allein oder beide gleichzeitig vorhanden sein können. Die eine Gruppe umfasst die schwereren Störungen, die der Herz- und Lungenthätigkeit; sie ist vorwiegend für den Allgemeinzustand des Thieres von maassgebender Bedeutung und kann daher direct zum letalen Ausgange führen. Der anderen Gruppe gehören die Störungen seitens des Centralnervensystems, insbesondere des Rückenmarkes an.

Alle diese Erscheinungen sind durch das Vorhandensein von freiem Gas im Gefäßsysteme bedingt, und es walten hiebei der Hauptsache nach dieselben Momente vor, wie nach der künstlichen Einbringung von Luft in das Gefäßsystem. Was speciell die Erscheinungen von Seiten des Rückenmarks betrifft, so haben wir uns dieselben durch das Vorhandensein von Luft in den Arterien zu erklären, wodurch es zu multipler, heerdweiser Necrose in demselben kommt.

Die nach der Decompression aufgetretenen Erscheinungen können durch neuerliche Erhöhung des Luftdruckes zum Theile zum Schwinden gebracht werden. Die Symptome von Seiten des Herzens und des Respirationsapparates wer-

den unter allen Umständen günstig beeinflusst, Lähmungserscheinungen jedoch nur dann, wenn die Recompression rechtzeitig vorgenommen wird.

Der Erfolg derselben hängt im Allgemeinen ab von der Kürze der Zeit, die zwischen dem ersten Auftreten der Erscheinungen und der neuerlichen Compression liegt, der Höhe des Druckes und der Dauer derselben, sowie von der zeitlichen Ausdehnung, der Langsamkeit des Druckabfalles.

Auf die hier nur übersichtlich mitgetheilten Erfahrungen werden wir noch ausführlich zurückkommen. Wir werden die hier gewonnenen Resultate über die Effecte rascher Veränderungen des barometrischen Druckes des näheren mit den Ergebnissen der venösen und arteriellen Luftembolie in Beziehung zu bringen haben und der Genese der einzelnen Symptome in besonderer Berücksichtigung der am Menschen nach der Decompression beobachteten Erscheinungen eine eingehende Interpretation widmen.