

XXI.

Ueber die Veränderungen im arteriellen Stromgebiete unter dem Einflusse des verstärkten Luftdruckes.

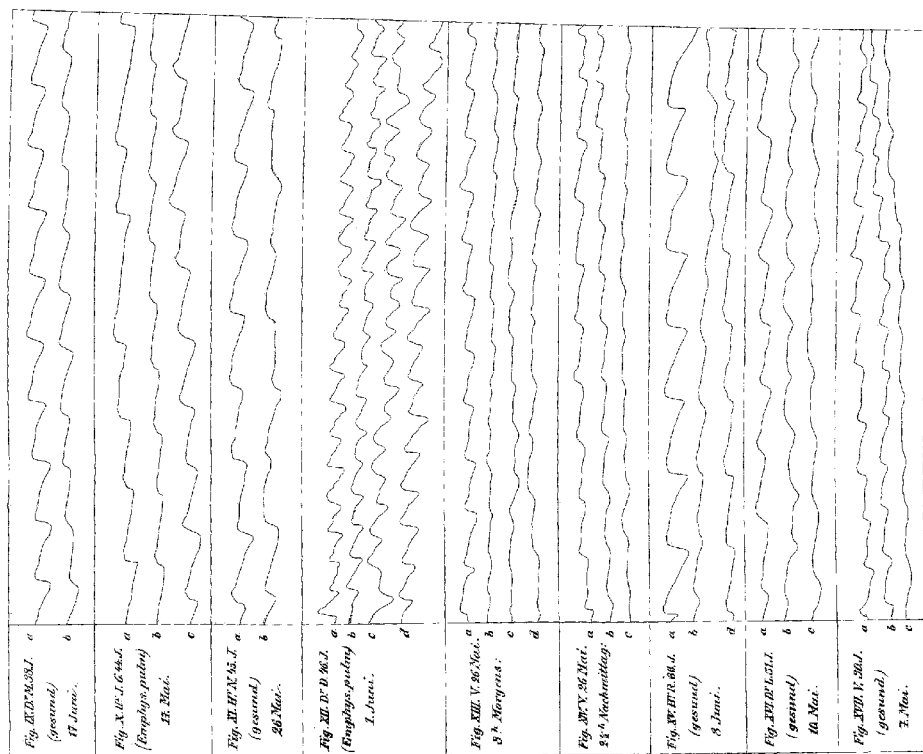
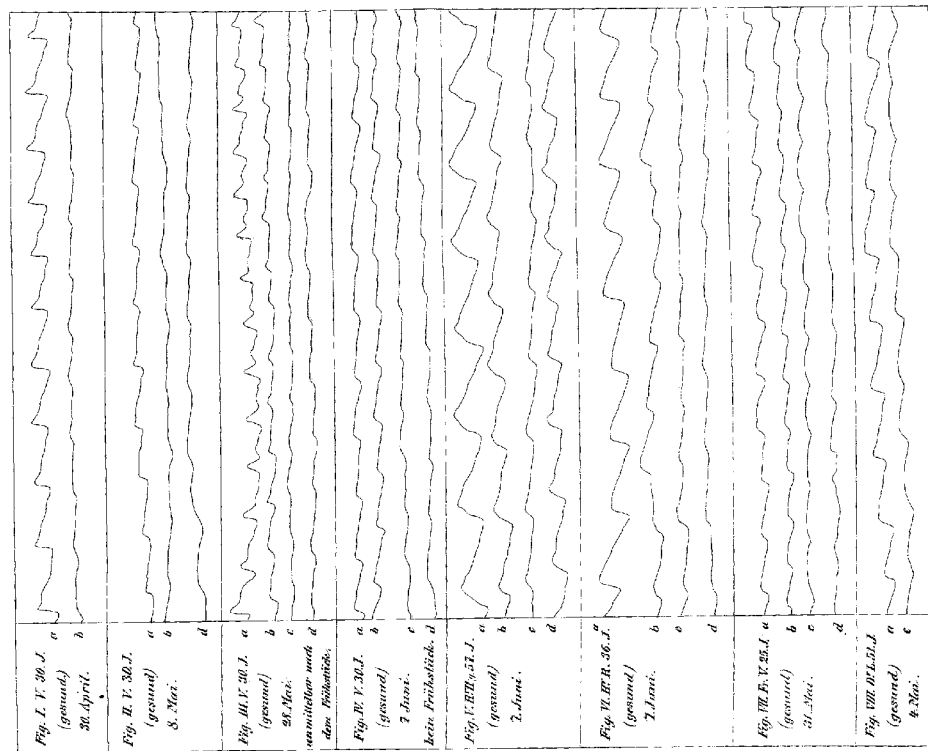
Von Dr. Rudolf von Vivenot jun.,
Docenten an der Wiener Hochschule.

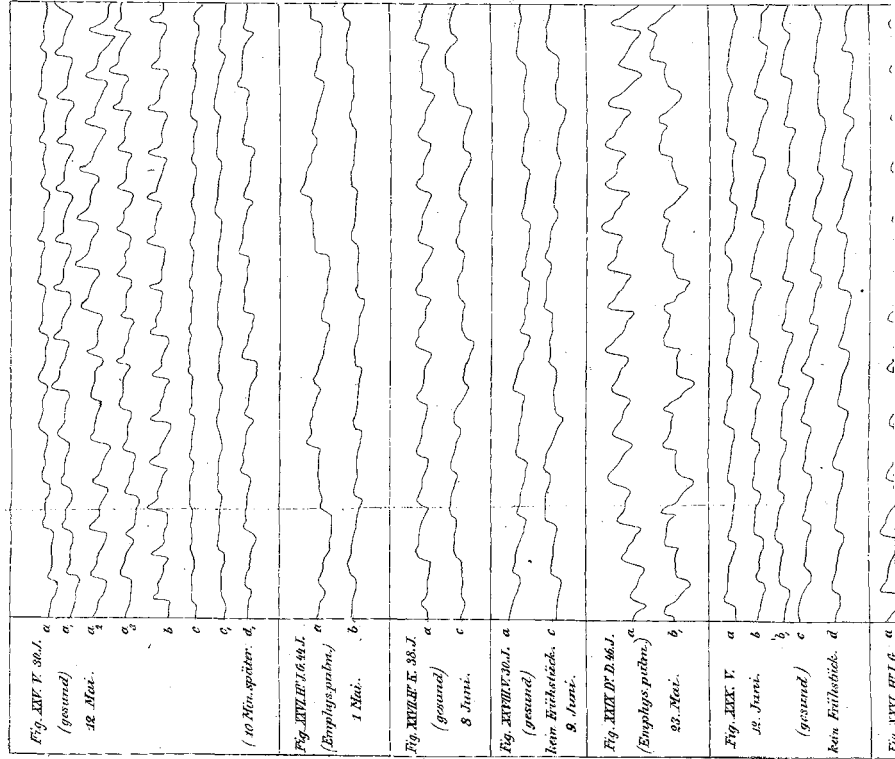
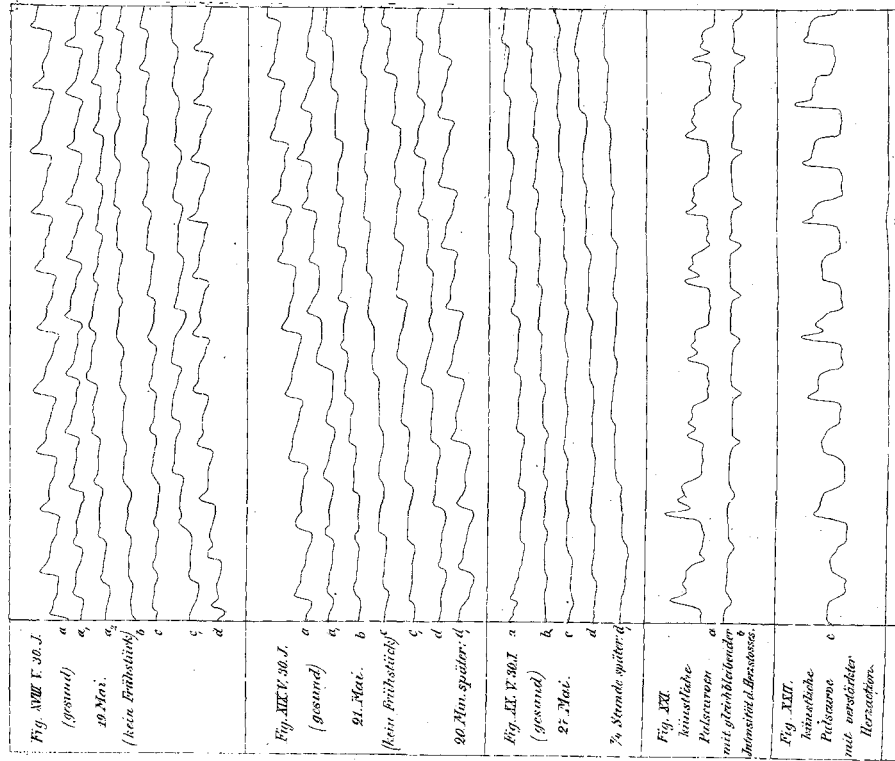
(Hierzu Taf. XI — XII.)

Nachfolgende Untersuchungsreihe bildet eine unmittelbare Fortsetzung und Ergänzung der in den „Medicinischen Jahrbüchern der Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Aerzte zu Wien (Maiheft 1865) von mir als „vorläufige Mittheilung“ veröffentlichten Arbeit: „Ueber den Einfluss des verstärkten und verminderten Luftdruckes auf den Mechanismus und Chemismus der Respiration“, — und der im Julihefte dieses Archivs (XXXIII. Bd.) erschienenen Abhandlung „Ueber die Zunahme der Lungencapacität bei therapeutischer Anwendung der verdichteten Luft.“ Die Beobachtungen, welche den Gegenstand der uns heute beschäftigenden Untersuchung bilden, wurden in demselben pneumatischen Apparate, mit der gleichen Druckverstärkung, zur selben Zeit und zum grössten Theil an denselben Personen angestellt, und auch hier der bei den obenerwähnten Arbeiten eingeschlagene Plan und die gleiche Untersuchungsmethode befolgt.

Der Hauptzweck, welchen wir mit unseren bisher in dieser Richtung unternommenen Arbeiten zu erstreben trachteten, war stets, durch dieselben eine sichere physiologische Grundlage für die therapeutische Verwerthung der verdichteten Luft zu bieten.

Von diesem Standpunkte geleitet, sollte es Aufgabe und Ziel unseres heutigen Beitrages bilden, jene Veränderungen zu untersuchen, welche eine Verstärkung des Atmosphärendruckes auf das normale arterielle Stromgebiet ausübt, — soweit dieselben ohne gewalthätige Eingriffe in den Organismus erforscht werden können.





Es sollte zur Erreichung dieses Zweckes eine namhafte Anzahl, mit sorgfältiger Berücksichtigung aller Cautelen, unter Beseitigung und Eliminirung störender Nebeneinflüsse angestellter Beobachtungen in die Wagschale gelegt werden. Waren nun auf solche Weise durch Vorlage reiner Beobachtungsergebnisse die obwaltenden Verhältnisse zweifellos festgestellt, so war hiemit auch eine sichere Basis für die praktische Verwerthung derselben zu rationellen therapeutischen Indicationen, — wie auch für weitere Untersuchungen auf diesem bisher noch sehr vernachlässigten Felde gewonnen. — Vivisectionen, wie überhaupt Experimente, welche künstliche Veränderungen im Organismus hervorrufen, lagen, so wünschenswerth und nothwendig deren Anstellung zur Ergänzung und Vervollständigung der hier durchgeführten Untersuchung auch genannt werden muss, dem gegenwärtigen Plane fern, und sollen den Gegenstand einer künftigen selbständigen Untersuchung bilden.

Die uns für heute obliegende Aufgabe beschäftigt sich sonach mit der Feststellung jener Veränderungen, welche

- I. die Frequenz des Pulses,
- II. dessen Gestalt, Grösse, Stärke, überhaupt jene Circulationsverhältnisse, welche durch den Pulswellenzeichner erforscht werden können, endlich
- III. die dem Auge des Beobachters zugänglichen peripheren Blutgefässe an der Conjunctiva und an der Retina des Menschen, an der Ohrmuschel des Kaninchens — ferner die Farbe der Iris und des Augengrundes beim weissen Kaninchen, durch künstliche Verstärkung des Luftdruckes erleiden.

Schliesslich wurde auch eine, wiewohl minder vollkommene Reihe von Gegenversuchen unter vermindertem Luftdruck angestellt.

Mit Bezug auf den Beobachtungsort ist nur daran zu erinnern, dass die Untersuchungen in dem unter der Leitung meines verehrten Freundes Dr. Gustav Lange, am Johannisberg im Rheingau, in der Kaltwasserheilanstalt befindlichen Apparate, dessen Construction und Dimensionen ich bereits im Jahre 1862 ausführlich beschrieben ¹⁾, angestellt wurden, und dass die Druck-

¹⁾ R. v. Vivenot, Ueber die therapeutische Anwendung der verdichteten Luft und die Errichtung eines Luftcompressions-Apparates in Wien. Wochenbl. d. Zeitschr. d. Ges. d. Aerzte zu Wien, 1862. No. 28 u. 29.

verstärkung $\frac{3}{7}$ Atmosphären betrug, was bei der Seehöhe des Johannisberges (den mittleren Barometerstand daselbst mit 742,17 Mm. angenommen), einem Ueberdrucke von 318,07 und einem mittleren Gesamtluftdrucke von $(742,17 + 318,07 \text{ Mm.} =) 1060,24 \text{ Mm.}$, oder einem Aufenthalte in subterranean Tiefe von 4469,8 Metres (13,760 P. F.) entspricht.

Die Beobachtungszeit fällt zwischen den 30. April und den 19. September 1864.

Die Dauer der Untersuchung war nicht von vorne herein in bestimmte Grenzen gebannt; sie konnte und sollte täglich in stetiger Reihenfolge so lange fortgesetzt werden, als es nothwendig schien, um ganz zweifellose Resultate zu ermöglichen, und die Beobachtungsreihe ward erst dann geschlossen, als sich ergab, dass deren Fortsetzung nichts Neues liefere, somit keine Aenderung in dem Ergebnisse veranlassen werde.

Dieser Zeitpunkt stellte sich aber bei den nachfolgenden Beobachtungen früher ein, als bei den die Respiration betreffenden Untersuchungen, daher auch die fortlaufende Reihe der Beobachtungen über die Frequenz des Pulses bereits nach 3, jene der Pulswellenzeichnungen nach 2 Monaten geschlossen wurde. Für die Feststellung der übrigen Verhältnisse genügte die mehrmalige Wiederholung einzelner Experimente.

Die Druckverstärkung wurde auf die bekannte Weise während des zweistündigen Aufenthaltes im pneumatischen Apparate, allmählig binnen 20 Minuten auf das Maximum gebracht, und 1 Stunde auf demselben stationär erhalten; hierauf wurde in 40 Minuten allmählig wieder der normale Luftdruck hergestellt.

Die durch die Druckveränderung gegebenen Abschnitte wurden als maassgebend für die Wahl der Untersuchungszeiten angenommen, und daher die Zählung der Pulsschläge und die Zeichnung der Pulswellen entsprechend den eben beschriebenen Stadien der Druckverschiedenheit, wo möglich täglich viermal vorgenommen, und zwar zuerst bei normalem Luftdruck unmittelbar vor dem Eintritte in den pneumatischen Apparat (a); dann bei Erreichung des Druck-Maximums, d. i. 20 Minuten nach dem Eintritte (b); ferner nach einstündiger Einwirkung des stationären Druck-Maximums, d. i. nach $1\frac{1}{2}$ stündigem Aufenthalte in verdichteter Luft (c); endlich bei Rückkehr unter normalen Luftdruck, also nach 2stündi-

gem Verweilen in dem Apparate (d). Ausnahmsweise wurden auch zu verschiedenen theils regelmässig, theils unregelmässig gewählten Tageszeiten vergleichende Beobachtungen angestellt. Um stete Wiederholungen und weitläufige Redeweise zu vermeiden, wurden die zu obigen 4 Hauptbeobachtungszeiten gemachten Aufzeichnungen, in den Vertical-Columnen der nachfolgenden Tafeln, wie auch im Texte einfach mit a, b, c, d, und die sich aus deren Zusammenstellung ergebenden Differenzen mit a-b, a-c, a-d bezeichnet.

Die längste mir zu Gebote stehende Versuchsreihe wurde an mir selbst angestellt; sie ist, da gleichzeitig auf sämtliche Einfluss habenden Nebenverhältnisse Rücksicht genommen werden konnte, auch die zuverlässigste und vollständigste. Doch genügen die an anderen physiologischen und pathologischen Individuen gewonnenen Beobachtungen, trotz ihrer geringeren Anzahl, zur Bekräftigung und als Belege für die Richtigkeit der an mir gefundenen Verhältnisse.

Für gewisse Experimente, wie z. B. über das Verhalten der Blutgefässe am äusseren Ohre und am Auge wurden mit Vortheil Kaninchen verwendet; und namentlich ist es das weisse Kaninchen, welches vermöge des Pigmentmangels seiner Iris ein für die Bestimmung eines grösseren oder geringeren Blutgehaltes der Iris und des Augengrundes vorzüglich geeignetes Untersuchungsobject abgibt.

Als die für den Aufenthalt in verdichteter Luft bestimmte Tageszeit wurden meist die Vormittagsstunden zwischen 8 bis 10 Uhr oder 9 bis 11 Uhr gewählt. Die genaue Angabe der Eintrittsstunde in den Apparat findet sich für jeden einzelnen Versuch in den nachfolgenden Tafeln gleichzeitig mit dem Beobachtungstage verzeichnet.

Was schliesslich die von mir befolgte Lebensweise betrifft, so war dieselbe eine vollkommen regelmässige, dem durch die beabsichtigte Untersuchung vorgezeichneten Plane entsprechende. Wo von der Regel abgewichen wurde, ist solches ausdrücklich bemerkt, und geschah es vorzugsweise absichtlich und mit Rücksicht auf die Versuche. — Das aus Milchcafee und Weissbrod bestehende Frühstück wurde täglich, je nachdem die Versuche es erheischten, entweder um 7 Uhr im Bette, kurz vor dem Eintritte in

den pneumatischen Apparat, oder eine Stunde vorher, oder erst nach beendeter Sitzung in verdichteter Luft, eingenommen; einige Male wurde versuchsweise der Milchkaffee mit Chocolate vertauscht. Das Mittagessen bestand aus einem einfachen curgemässen Male, ohne Wein, das Abendessen meist aus kaltem Fleisch. Während der zweiten Hälfte der Beobachtungsreihe wurde nach dem Frühstücke stets ein $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ stündiger, mit mässigem Bergsteigen verbundener Spaziergang unternommen, vor dem Eintritte in den Apparat aber, wie auch in demselben, stets angemessene Ruhe beobachtet.

Auf ein zweckmässiges, die Beobachtungsergebnisse nicht verwirrendes Verhalten der anderen als Versuchsobjecte verwendeten Personen, welche theils die Anstalt selbst, theils nahe gelegene Gebäude bewohnten, wurde gleichfalls das Augenmerk gerichtet, und auch bei diesen, von der Norm abweichende Verhältnisse ausdrücklich angegeben.

1. Beobachtungen über das Verhalten der Pulsfrequenz unter normalem und verstärktem Luftdruck.

Nahezu sämmtliche Beobachter, welche das Verhalten der Pulsfrequenz unter dem Einflusse der verdichteten Luft in den Kreis ihrer Untersuchung gezogen, — wie: Tabarié¹⁾, Pravaz Vater²⁾ und Sohn³⁾, Guérard⁴⁾, Bertin⁵⁾, Milliet⁶⁾, ich selbst⁷⁾,

¹⁾ E. Tabarié, *Compt. rend. des séanc. de l'acad. d. sc. de l'Institut.* Tome VI. Paris 1838. p. 896 u. 897.

²⁾ Ch. G. Pravaz, *Essai sur l'emploi médical de l'air comprimé.* Lyon et Paris 1850. p. 37.

³⁾ J. C. T. Pravaz, *Des effets physiologiques et des applications thérapeutiques de l'air comprimé.* Paris 1859. p. 26.

⁴⁾ Guérard, *Note sur les effets physiol. et pathol. de l'air comprimé*, in *Ann. d'hyg. publ. et de méd. lég.* IIe Série, Tome I. Paris 1854. p. 296.

⁵⁾ Bertin, *Etude clinique de l'emploi et des effets du bain d'air comprimé*, etc. Paris 1855. p. 32.

⁶⁾ Milliet, *De l'air comprimé au point de vue physiologique.* Lyon 1856. p. 24; ferner: *De l'air comprimé comme agent thérapeutique.* Lyon 1856. p. 18.

⁷⁾ R. v. Vivenot, *Ueber den Einfluss des veränderten Luftdruckes auf den menschlichen Organismus*, in *Virchow's Archiv*, etc. Band XIX. Heft 5 u. 6. Berlin 1860. S. 508.

Sandahl¹⁾, Levinstein²⁾, J. Lange (in Uetersen)³⁾ und G. Lange (in Johannisberg)⁴⁾, und auch Einbrodt⁵⁾ bei seinen, unserem Gegenstande verwandten Untersuchungen gelangten einhellig zum gleichen Ergebnisse, nämlich: dass der Aufenthalt in verdichteter Luft eine Verlangsamung in der Schlagfolge des Herzens bedinge. Auch die in neuester Zeit in Kohlenwerken⁶⁾, beim Brückenbau zu Kehl, Szegedin, Köln etc. an den daselbst unter einem Drucke von 3—4 Atmosphären beschäftigten Arbeitern gewonnenen Erfahrungen, ergeben das gleiche Resultat. Nur Junod⁷⁾ und François⁸⁾ sind es, welche dem verstärkten Luftdrucke eine pulsbeschleunigende Wirkung zuschreiben. Bei der Art und Weise wie Junod experimentirte, kann man jedoch unmöglich seinen Versuchen beweisende Kraft zuerkennen, und was François's beim Baue der Kehl-Strassburger Rheinbrücke gewonnene Erfahrungen betrifft, so macht der, an den „bis über die Knie im Wasser stehenden Arbeitern“ beobachtete Befund, bei dem Vorhandensein so mannigfacher und mächtiger störender Einflüsse, wohl keineswegs den Anspruch, als reine Einwirkung der verdichteten Luft gelten zu sollen.

¹⁾ O. Th. Sandahl, Om verkningarne af förtätad Luft på den mensklige organismen, i fysiologiskt och terapeutiskt hänseende. Stockholm, 1862. p. 12—32.

²⁾ E. Levinstein, Beobachtungen über die Einwirkung der verdichteten Luft bei Krankheiten der Respirations- und Circulations-Organe. Berlin 1863.

³⁾ J. Lange (in Uetersen), Ueber comprimirt Luft, ihre physiologischen Wirkungen und ihre therapeutische Bedeutung. Göttingen, 1864. S. 25.

⁴⁾ G. Lange (in Johannisberg), Der pneumatische Apparat. Mittheilungen über die physiologischen Wirkungen und die therapeutische Bedeutung der comprimirt Luft. Wiesbaden, 1865. S. 25.

⁵⁾ Einbrodt, Ueber den Einfluss der Athembewegungen auf Herzschlag und Blutdruck. Sitzungsber. d. k. Acad. d. Wiss. zu Wien. 40. Bd. 1860. S. 373.

⁶⁾ B. Pol und T. J. J. Watelle, Mémoire sur les effets de la compression de l'air appliquée au creusement des puits à houille. Ann. d'hyg. publ. He Sér. T. I. 1854. 2e partie. p. 241.

⁷⁾ Junod, Recherches sur les effets physiologiques et thérapeutiques de la compression et de la raréfaction de l'air, tant sur le corps que sur les membres isolés. Arch. gén. de méd. II. Sér. Tome IX. 1835. p. 159.

⁸⁾ François, Des effets de l'air comprimé sur les ouvriers travaillant dans les caissons, servant de base au piliers du pont du Grand-Rhin. Ann. d'hyg. publ. He Sér. T. XIV. 1860. p. 295.

Wenn nun schon eine, von so vielen Forschern einhellig constatirte Thatsache wie jene der Verlangsamung der Herzaction durch Verstärkung des Luftdruckes als solche keinem Zweifel unterliegt, so mag es bei flüchtiger Betrachtung als müssige Arbeit erscheinen, dass ich trotzdem eine Wiederholung von Untersuchungen über die Frequenz des Pulses unternahm. Eine eingehendere und beweisende Untersuchung der die Verlangsamung bedingenden Ursachen wurde jedoch meines Wissens bisher noch nicht unternommen. Auch drängt sich uns, bei der Subtilität der uns beschäftigenden Untersuchungen, bei dem grossen Einflusse, den Lageveränderung, Bewegung, Nahrungsaufnahme etc. auf die Häufigkeit der Pulsschläge ausüben, — unwillkürlich die Frage auf, ob bei den oben angeführten Ergebnissen auch ähnlichen Einflüssen Rechnung getragen worden sei? Mir ist nicht bekannt, dass man diese etwaigen Fehlerquellen zu eliminiren gestrebt habe, und doch dürfte bei deren Berücksichtigung, wenn auch nicht die Thatsache der Verlangsamung, doch sicher deren Betrag eine Aenderung erfahren. Von diesem Standpunkte schien es mir nicht ungerechtfertigt, die bezügliche Frage nochmals aufzunehmen, und durch eine fortlaufende Reihe lange an denselben Individuen fortgesetzter Beobachtungen Daten zu liefern, welche, versehen mit der nöthigen Bürgschaft für die Reinheit der Ergebnisse, eine endgiltige Entscheidung derselben und eine Erforschung der sie bedingenden Grundursachen ermöglichen.

Was vor Allem das für die vorliegende Untersuchung benutzte Material betrifft, so gebiete ich in nachstehender Zusammenstellung über eine Gesamtanzahl von 609 Einzelbeobachtungen, deren 423 an mir selbst, 186 an anderen Personen angestellt wurden, und welche in ihrem Resultate die doppelte Gewährleistung einer ohne Unterbrechung durch einen langen Zeitraum (über 3 Monate) fortgeführten und mit allen nothwendigen Cautelen unternommenen Beobachtung verbindet.

Um den gewünschten Zweck zu erreichen, genügte es jedoch nicht, die Pulsfrequenz nur zu den eingangs mit a, b, c, d bezeichneten, durch die Abschnitte der Druckveränderung gegebenen 4 Hauptuntersuchungszeiten zu notiren, sondern es war vielmehr unerlässlich die Anzahl der Aufzeichnungen unter normalem Luftdruck, mit Berücksichtigung verschiedener Nebenum-

stände zu vermehren. Es wurden demnach Beobachtungen der Pulsfrequenz Morgens im Bette, beim Erwachen in liegender Stellung, — und unmittelbar nach dem um 7 Uhr im Bette eingenommenen Frühstücke, gleichfalls noch in derselben Lage, um deren Einfluss zu erforschen, angestellt.

Bei einer zweiten Reihe von Beobachtungen wurde, um ganz reine Resultate zu erhalten, das Frühstück erst nach der Sitzung im pneumatischen Apparate — ferner einige Male versuchsweise statt Caffee, Chocolate eingenommen. An jenen Tagen wurde überdiess auch die übliche Körperwaschung auf eine spätere Zeit verlegt, um nicht durch Benetzung grösserer Hautpartien mit kaltem Wasser, und durch die beim Waschen stattfindende Bewegung eine Aenderung der bestehenden Circulationsverhältnisse zu veranlassen. Eine dritte Beobachtungsreihe ergibt die Pulsfrequenz unmittelbar nach einem $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ stündigen Spaziergange. Endlich wurden auch zu verschiedenen unregelmässig gewählten Zeiten (nach dem Mittagessen, nach mehrstündiger Ruhe, Nachts etc.) vergleichende Beobachtungen aufgezeichnet.

Zur Zählung der Pulsschläge wurde eine Secunden-Uhr benutzt; die Zählung selbst in sitzender Stellung vorgenommen und stets durch mindestens 2 Minuten fortgesetzt, ein Zeitraum, der sich als ein hinreichend langer erwies, um ein zuverlässiges Mittel zu gewinnen; auch die „unter normalem Luftdruck unmittelbar nach der Sitzung“ überschriebene Beobachtung wurde stets noch im pneum. Apparate in derselben Stellung gemacht, um an den bestehenden Verhältnissen nichts zu ändern.

Während der ganzen Untersuchungszeit (30. April bis 19. September 1864) wurde nahezu täglich Ein 2stündiger Aufenthalt, an einem einzigen Tage (26. Mai) eine Morgens und Abends wiederholte Sitzung, und nur an wenigen Tagen keine Sitzung im pneum. Apparat genommen.

Was die Anordnung der nachfolgenden Tafeln betrifft, so ist zu bemerken, dass die „nach dem Spaziergange“ aufgezeichneten Beobachtungen Raumersparniss halber in die Columnne „nach dem Frühstück“ eingereiht, zum Unterschiede von letzteren aber durch die Bezeichnung „n. Sp.“ kenntlich gemacht sind.

Es ist ferner zu berücksichtigen, dass an jenen Tagen, an welchen die Eintrittsstunde in den pneumatischen Apparat unmit-

telbar nach dem Frühstück stattfand, die Columnne „nach dem Frühstück“ entfallen muss, daher an solchen Tagen die nachfolgende Columnne (a.) deren Stelle vertritt, und als solche zu gelten hat.

Die Tage, an welchen kein Aufenthalt in comprimierter Luft genommen worden war, wurden durch Angabe des Datums ausdrücklich in den Tafeln bezeichnet, während jene, wo anderweitiger Untersuchungen wegen keine Pulszählung gemacht werden konnte, einfach übergangen wurden.

Nach Voraussetzung der eben erörterten einleitenden Bemerkungen bedarf die nachfolgende übersichtliche Zusammenstellung wohl keiner ferneren Erläuterung als jene, dass die aus den Vertical- und Horizontal-Columnnen derselben berechneten Mittelwerthe untereinander nur da mathematisch genau stimmen können, wo deren Berechnung auf der gleichen und identischen Anzahl von Originalbeobachtungen beruht; wo jedoch die Aufzeichnungen der einen oder der anderen Columnne Lücken darbieten, müssen sich bei Berechnung der entsprechenden Mittelwerthe bei Benutzung sämtlicher Aufzeichnungen kleine Divergenzen in dem Endergebnisse herausstellen, welche ich, da sie an und für sich unwesentlich sind, eher vernachlässigen zu dürfen glaubte, als zu deren Vermeidung auf eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Original-Beobachtungen Verzicht leisten zu müssen.

609 Beobachtungen über die Pulsfrequenz unter normalem und verstärktem Luftdrucke.

I. V., 30 Jahr alt, gesund, 423 Beobachtungen.

Beobachtungszeit 1864.		Unter normalem Luftdruck			Unter verstärktem Luftdruck		Unter normalem Luftdruck		Differenz der Pulsfrequenz bei normalem und verstärktem Luftdruck			
Tag	Ein- tritts- stunde in den Apparat	im Bett	Nach dem Frühstück	unmit- telbar vor der Sitzung	bei Errei- chung des Druck- maximums (nach 20 Min.)	b.	c.	amnit- telbar nach d. Sitzung	zu verschiedenen unregelmässig gewählten Tagesstunden	a—b	a—c	a—d
30. April	10 ^h 30'	—	—	72	68	63,5	—	68 um 3 ^h .	—	4,0	8,5	—
1. Mai	"	57	—	76	70	62	—	74 um 1 ^h .	70 um 2 ^h nach dem Mittagessen.	6,0	14,0	—
2.	"	62	—	72	68	65	—	—	68 um 4 ^h nach dem Mittagessen.	8,0	11,0	—
3.	"	—	72	71	69	69	—	—	—	3,0	3,0	—
4.	"	—	75	71	66,5	66	—	—	—	4,5	5,0	—
5.	9 30	—	75	75	69	69	—	—	—	6,0	6,0	—
6.	"	59	—	79	77	70	—	—	—	2,0	9,0	—
7.	"	—	80 i. Bett	78	77	70	—	—	—	1,0	8,0	—
8.	"	70	—	80	71	70	70	56 um 11 ^h Nachts im Bett.	70 um 5 ^h nach 4stündiger Ruhe.	9,0	10,0	— 10,0
9.	"	67	79	81	73	72	65	61 um 11 ^h Nachts im Bett.	4 Stunden n. d. Mittagessen.	—	9,0	— 16,0
10.	"	62	71,3	78	75	71	—	75 um 2 ^h 1 St. n. d. Mittagessen.	—	3,0	8,0	—
11.	"	62	—	90	82	76	76	60 um 10 ^h Nachts im Bett.	—	8,0	14,0	— 14,0
12.	"	64	80	84	84	83	67,5	60 um 11 ^h Nachts im Bett.	—	+ 0,0	1,0	— 16,5
13.	"	63,5	kein Fr.	76	70	70	68	—	—	6,0	6,0	— 8,0
14.	"	70	—	92	82	70,5	66	—	—	10,0	21,5	— 26,0
15.	"	68	82	82	81,5	69,5	63	75 um 4 ^h Nachmittags.	—	0,5	12,0	— 19,0
16.	"	68	78	92	91,5	80	78	60 um 11 ^h Nachts im Bett.	—	0,5	12,0	— 14,0
17.	"	65	80	85	77	74	73,5	—	—	8,0	11,0	— 11,5

[illegible]

Beobachtungszeit 1864.		Unter normalem Luftdruck		Unter verstärktem Luftdruck		Unter normalem Luftdruck		Differenz der Pulsfrequenz bei normalem und verstärktem Luftdruck	
Tag	Ein- tritts- sunde in den Apparat	im Bett beim Erwa- chen	Nach dem Frühstück Sitzung	unmit- telbar vor der Sitzung	bei Errei- chung des Druck- maximums (nach 20 Min.)	Einwirkung des stationä- ren Druck- maximums (nach 1½ St.)	unmit- telbar nach d. Sitzung		
			a.	b.	c.	d.	a-b	a-c	a-c
19. Juni	10h—	—	—	78,5	73,5	73	—	8,5	—13,5
20.	"	—	—	86	79	80	—	—	—14,0
21.	"	—	—	76	73	72	—	+ 8,0	+ 3,0
22.	"	—	—	70	73	72	—	—	—12,0
23.	11—	—	—	70,5	76	74	—	—15,0	—12,0
24.	10 30	—	—	80	81	80	—	—5,5	+ 0,0
25.	"	64	—	73	75	74	—	+ 1,0	+ 0,0
26.	"	—	—	—	—	—	—	—10,0	—9,0
27.	"	—	80	90	80	69	—	+ 0,0	—10,0
28.	"	—	—	80	72	73	—	—4,0	—12,0
29.	"	67	—	73	70	70	—	—11,0	—14,0
30.	"	—	—	68	68	77	—	—10,0	—10,0
1. Juli	"	70	82 n. Sp.	70	69	77	—	—16,0	—17,0
2.	"	74	85 "	64,5	66	72	—	—6,5	—5,0
3.	"	64	86 "	79	72	74	—	+ 0,0	—7,0
4.	"	68	84 "	76	79	69	—	+ 0,0	—6,0
5.	"	—	84 "	75	75	69	—	+ 0,0	—10,0
6.	"	60	87 "	78	70	70	—	—2,0	—6,0
7.	"	64	—	74	68	74	—	+ 0,0	—10,0
8.	"	—	—	70	70	76	—	—10,0	—10,0
9.	"	—	—	76	70	72	—	+ 6,0	+ 0,0
10.	"	61	—	70	76	70	—	—10,0	—4,0
11.	"	—	77 n. Sp.	70	—	—	—	—	—

12. Juli	10h. 30'	68	92 n. Sp.	75	73	73	68	—	—	—	2,0	—	2,0	—	7,0
13.	"	—	—	74	76	73	74	—	—	—	—	—	1,0	—	0,0
14.	"	68	88 n. Sp.	83	81	81	72	—	—	—	—	—	2,0	—	11,0
15.	"	—	—	70	71	71	71	—	—	—	—	—	1,0	—	1,0
16.	"	68	82 n. Sp.	77	71	76	73	—	—	—	—	—	1,0	—	4,0
17.	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18.	"	—	—	74	71	70	72	—	—	—	—	—	3,0	—	2,0
19.	"	—	76 n. Sp.	72	67	64	68	—	—	—	—	—	3,0	—	4,0
20. u. 21.	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.	"	65	93 n. Sp.	75	72	70	67	—	—	—	—	—	3,0	—	8,0
23.	"	—	—	74	70	72	69	—	—	—	—	—	4,0	—	5,0
24.	"	—	—	78	68	67	67	—	—	—	—	—	10,0	—	11,0
25.	5 30N.	—	—	78	73	69	68	—	—	—	—	—	5,0	—	10,0
26.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	5 30N.	—	—	68	67	65	65	—	—	—	—	—	1,0	—	3,0
28.	10 30	—	73 n. Sp.	72	67	64	72	—	—	—	—	—	5,0	—	0,0
9. Sept.	9	—	—	69	69	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	"	—	—	70	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allgemeines Mittel	65,22	81,20	79,03	75,43	72,86	72,41	68,53	—	—	—	—	—	3,45	—	7,31
Anzahl der Beob.	53	26	84	86	72	72	18	84	83	83	83	83	84	72	72
Mittel der Beob. ohne Fruchstück	63,14	—	74,00	73,17	71,92	70,75	—	—	—	—	—	—	0,83	—	3,25
Anzahl der Beob.	11	—	12	12	12	12	—	12	12	12	12	12	12	12	12
Mittel der Beob. mit Caffee Fr.	65,75	—	79,88	75,80	72,78	72,74	—	—	—	—	—	—	4,08	—	8,12
Anzahl der Beob.	42	—	72	74	72	60	—	72	71	71	71	71	72	60	60
Mittel der Beob. mit Choccl. Fr.	72,00	—	84,00	82,50	79,00	74,50	—	—	—	—	—	—	1,50	—	9,50
Anzahl der Beob.	1	—	2	2	2	—	—	1	2	2	2	2	1	2	2
Mittel der Beob. n. Spaziergang	66,60	83,77	77,00	72,58	71,92	70,85	—	—	—	—	—	—	4,42	—	6,15
Anzahl der Beob.	13	13	13	13	13	13	—	13	13	13	13	13	13	13	13

II. Hr. H — y, 57 Jahr alt, gesund, 43 Beobachtungen.

Beobachtungszeit. Tag	Ein- tritts- stunde in den pn. Apparat	Unter normal. Luft- druck unmit- telbar vor der Sitzung	Unter verstärktem Luftdruck		Unter normal. Luft- druck unmit- telbar nach d. Sitzung	Differenz der Pulsfrequenz bei normalem und verstärktem Luftdruck		
		a.	bei Er- reichung d. Druck- maxi- mums (nach 20 Min.)	nach ein- stündiger Einwir- kung des stationä- ren Druck- maximums (nach 1½ Stund.)	d.	a — b	a — c	a — d
21. Mai	7h 30'	58	51	48	—	— 7	— 10	—
23.	"	59	52	51	48	— 7	— 8	— 11
24.	8 —	56	48	44	45	— 8	— 12	— 11
25.	"	52	50	51	51	— 2	— 1	— 1
26.	—	—	—	—	—	—	—	—
27.	"	52	52	50	48,5	+ 0	— 2	— 3,5
28.	"	54	55	51	48	+ 1	— 3	— 6
29. Mai bis								
1. Juni	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Juni	"	60	53	54	55	— 7	— 6	— 5
3.	"	56	53	52	49	— 3	— 4	— 7
4.	"	54	51	51	48	— 3	— 3	— 6
5.	—	—	—	—	—	—	—	—
6.	"	62	56	54	54	— 6	— 8	— 8
7.	"	55	52	52	53	— 3	— 3	— 2
Mittel		56,18	52,09	50,73	49,95	— 4,09	— 5,45	— 6,23
Anzahl der Beob- achtungen		11	11	11	10	11	11	10

III. Hr. R., 35 Jahr alt, gesund, 58 Beobachtungen.

3. Juni	8h —'	62	—	54	55	—	— 8	— 7
4.	"	59	58	53	54	— 1	— 6	— 5
5.	"	62	58	53	56	— 4	— 9	— 6
6.	"	56	59,5	58	54	+ 3,5	+ 2	— 2
7.	"	68	65	63	61	— 3	— 5	— 7
8.	"	60	57	55	58	— 3	— 5	— 2
9.	6 30	60	60	58	56	+ 0	— 2	— 4
10.	8 —	67	60	60	63	— 7	— 7	— 4
11.	"	57	55	50	58	— 2	— 7	+ 1
12.	"	58	51	54	52	— 7	— 4	— 6
13.	"	59	62	—	67	+ 3	—	+ 8
14.	"	60	58	51	53	— 2	— 9	— 7
15.	8 30	65	52	55	52	— 13	— 10	— 13
16.	8 —	60	52	55	60	— 8	— 5	+ 0
17.	"	62	51	54	55	— 11	— 8	— 7
Mittel		61,00	57,04	55,21	56,93	— 3,89	— 5,93	— 4,07
Anzahl der Beob- achtungen		15	14	14	15	14	14	15

IV. Dr. L., 51 Jahr alt, gesund, 12 Beobachtungen.

Beobachtungszeit.	Tag	Ein- tritts- stunde in den pn. Apparat	Unter normal. Luft- druck unmit- telbar vor der Sitzung	Unter verstärktem Luftdruck		Unter normal. Luft- druck unmit- telbar nach d. Sitzung	Differenz der Pulsfrequenz bei normalem und verstärktem Luftdruck		
				bei Er- reichung d. Druck- maxi- mums (nach 20 Min.)	nach ein- stündiger Einwir- kung des stationä- ren Druck- maximums (nach 1½ Stund.)				
			a.	b.	c.	d.	a—b	a—c	a—d
30. April	10h 30'		66	—	60	—	—	— 6	—
1. Mai	—		—	—	—	—	—	—	—
2.	„		62	—	60	—	—	— 2	—
3.	—		—	—	—	—	—	—	—
4.	„		66	63	60	—	— 3	— 6	—
5—9.	—		—	—	—	—	—	—	—
10.	9 30		67	66	60	—	— 1	— 7	—
11.—29.	—		—	—	—	—	—	—	—
30.	8 —		66	60	—	—	— 6	—	—
Mittel			65,4	63,0	60,0	—	— 3,33	— 5,25	—
Anzahl der Beob- achtungen			5	3	4	—	—	4	—

V. Dr. M., 38 Jahr alt, gesund, 2 Beobachtungen.

17. Juni	4h 45'	76	65	—	—	76	—	—
----------	--------	----	----	---	---	----	---	---

VI. Dr. D., 46 Jahr alt, Emphysema Pulm., 29 Beobachtungen.

19. Mai	9h 30'	116	108	110	117	— 8	— 6	+ 1
22.	8 —	110	102	90	—	— 8	— 20	—
23.	7 30	77	112 *)	—	108	+ 15	—	+ 11
			*) Asthm. Anfall					
24.	8	117	109	104	107	— 8	— 13	— 10
26.	„	107	109	107	108	+ 2	+ 0	+ 1
28.	„	93	95	93	99	+ 2	+ 0	+ 6
29.	9 30	120	115	120	94	— 5	+ 0	— 26
1. Juni	8 —	107	104	—	96	— 3	—	— 11
Mittel		108,38	106,75	104,00	104,14	— 1,63	— 6,5	— 4,0
Anzahl der Beob- achtungen		8	8	6	7	8	6	7

VII. Hr. J. G., 44 Jahr alt, Emphysema Pulm., 42 Beobachtungen.

Beobachtungs- zeit.	Tag	Ein- tritts- stunde in den pn- Apparat	Unter normalem Luftdruck unmittelbar vor der Sitzung	Unter verstärktem Luftdruck		Unter normal. Luft- druck unmit- telbar nach d. Sitzung	Differenz der Puls- frequenz bei normalem und verstärktem Luftdruck		
				bei Errei- chung des Druckmaxi- mums (nach 20 Minuten)	nach ein- stündiger Einwir- kung des stationä- ren Druck- maximums (nach 1½ Stund.)		a—b	a—c	a—d
1. Mai	10h 30'		88	71	57	—	—17	—31	—
2.	—		—	—	—	—	—	—	—
3.	„		96 n. Spaz.	76	80	—	—20	—16	—
4.	„		88	73	73	—	—15	—15	—
5.	9 30		74	60	60	—	—14	—14	—
6.	„		84	63	63	—	—21	—21	—
7.	„		66	62	58	—	—4	—8	—
8.	„		70	63	60	—	—7	—10	—
9.	„		64	62	61	—	—2	—3	—
10.	„		71	69	58	—	—2	—13	—
11.	„		70	65	59	—	—5	—11	—
12.	—		—	—	—	—	—	—	—
13.	„		61	64 Wein. Fr.	64	—	+3	+3	—
14.-16.	—		—	—	—	—	—	—	—
17.	„		71 kein Fr.	68	63	—	—3	—8	—
18.	„		78	68 Wein. Fr.	84	—	—10	+6	—
19.	„		78	61	59	—	—17	—19	—
Mittel			75,64	66,07	64,21	—	—9,7	—11,43	—
Anzahl der Beob- achtungen			14	14	14	—	14	14	—

Gesamtergebnis der Einzel-Beobachtungen.

	Mittlere Pulsfrequenz (in der Minute).				Mittlere Verlangsamung (in der Minute).			Absolute Maxima der Puls- verlangsamung.		
	a.	b.	c.	d.	a—b.	a—c.	a—d.	a—b.	a—c.	a—d.
I. V. (326 Beob.)	79,03 (84 B.)	75,43 (86 B.)	72,66 (84 B.)	72,44 (72 B.)	— 3,45 (84 B.)	— 6,33 (83 B.)	— 7,31 (72 B.)	— 16,0	— 22,0	— 26,0
II. Hr. H—Y. . . . (43 Beob.)	56,18 (11 B.)	52,09 (11 B.)	50,73 (11 B.)	49,95 (10 B.)	— 4,09 (11 B.)	— 5,45 (11 B.)	— 6,05 (10 B.)	— 8,0	— 12,0	— 11,0
III. Hr. R. (58 Beob.)	61,00 (15 B.)	57,04 (14 B.)	55,21 (14 B.)	56,93 (15 B.)	— 3,89 (14 B.)	— 5,93 (14 B.)	— 4,07 (15 B.)	— 13,0	— 10,0	— 13,0
IV. Dr. L. (12 Beob.)	65,40 (5 B.)	63,00 (3 B.)	60,00 (4 B.)	—	— 3,33 (3 B.)	— 5,25 (4 B.)	—	— 6,0	— 7,0	—
V. Dr. M. (2 Beob.)	76,00 (1 B.)	65,00 (1 B.)	—	—	— 11,00 (1 B.)	—	—	— 11,0	—	—
VI. Dr. D. (29 Beob.)	108,38 (8 B.)	106,75 (8 B.)	104,00 (6 B.)	104,14 (7 B.)	— 1,63 (8 B.)	— 4,38 (6 B.)	— 4,00 (7 B.)	— 8,0	— 20,0	— 26,0
VII. Hr. J. G. . . . (42 Beob.)	75,64 (14 B.)	66,07 (14 B.)	64,21 (14 B.)	—	— 9,57 (14 B.)	— 11,43 (14 B.)	—	— 21,0	— 31,0	—
Allgemeines Mittel . . (512 Beob.)	76,09 (138 B.)	72,20 (137 B.)	69,17 (133 B.)	70,15 (104 B.)	— 4,13 (135 B.)	— 6,73 (132 B.)	— 6,50 (104 B.)	— 10,4	— 14,6	— 19,0
Mittel mit Ausschluss von VI. und VII. . . (441 Beob.)	73,92 (116 B.)	70,54 (115 B.)	67,93 (113 B.)	67,70 (97 B.)	— 3,63 (113 B.)	— 6,15 (112 B.)	— 6,68 (97 B.)	— 10,8	— 12,8	— 16,7

Wenn wir aus den vorstehenden Zusammenstellungen vorerst die an meiner Person aus 324 Beobachtungen gewonnenen Ergebnisse ins Auge fassen, so ergibt das allgemeine Mittel, dass die Pulsfrequenz bei mir Morgens gegen 6—7 Uhr beim Erwachen im Bette am kleinsten ist (65,22), dass sie unmittelbar nach dem im Bette eingenommenen Frühstücke ihr Maximum erreicht (81,20), vor dem Eintritte in den pneumatischen Apparat bereits etwas weniger frequent geworden ist ($a = 79,03$), unter dem Einflusse der verdichteten Luft aber eine, proportional mit der Aufenthaltsdauer unter dem verstärkten Luftdrucke, fortschreitende Abnahme ($b = 75,43$ und $c = 72,66$) nachweist, welche selbst bei Rückkehr unter normale Druckverhältnisse noch fort dauert ($d = 72,41$) und nach welcher der Puls auch im Verlaufe des Tages sich nicht mehr auf die vor dem Eintritte in den pneumatischen Apparat eingenommene Höhe erhebt (68,33). Diese Abnahme der Pulsfrequenz findet sich bei mir unter 423 Beobachtungen 375 mal verzeichnet, während 18 mal keine Veränderung und 30 mal eine Pulsbeschleunigung wahrgenommen wurde.

Wollten wir uns mit diesen summarisch erhaltenen Mittelzahlen begnügen, so könnten wir schon diess Resultat als einen neuen Beleg für den Ausspruch gelten lassen, dass die Verstärkung des Luftdruckes eine Verlangsamung des Kreislaufes bedinge, welche nach den vorliegenden Beobachtungen, wenn wir die Frequenz zur Eintrittszeit in den pneumatischen Apparat (a) als vergleichenden Ausgangspunkt annehmen, bei Erreichung des Druck-Maximums (b) 3,45, nach $1\frac{1}{2}$ stündiger Einwirkung des stationären Druck-Maximums (c) 6,33 und bei Rückkehr unter normalen Luftdruck (d) 7,31 Schläge in der Minute betrüge.

Da jedoch dem angestrebten Plane gemäss unsere Untersuchung das Gewicht der erhaltenen Werthe einer genauen Würdigung unterziehen und den Einfluss der Druckverstärkung in reinster Gestalt darstellen soll, so fällt uns die Aufgabe zu, alle in obigen Durchschnittszahlen den wahren Werth verdeckenden Factoren auszuscheiden, und so müssen wir vorerst die zu diesem Zwecke unter normalem Luftdrucke gemachten Beobachtungen einer genauen Zergliederung unterwerfen.

Die drei Hauptfactoren, auf welche sich unter gewöhnlichen normalen Verhältnissen die Veränderungen der Stromge-

schwindigkeit des Blutes in den Arterien zurückführen lassen, sind: die Lage, Bewegung und Nahrungsaufnahme.

Die Lage übt an und für sich keinen directen Einfluss auf die Herzaction aus, wohl aber vermag sie durch Veränderung der, dem Gesetze der Schwere gehorchenden arteriellen Blutvertheilung¹⁾ in den peripheren Gefässen den Lauf des Blutes zu hemmen oder zu befördern, und indirect durch Vermehrung oder Verminderung des sich durch die Gefäss-Contractilität der Herzsystole entgegenstellenden Widerstandes und secundäre Aenderung des Blutdruckes in denselben, die Contractionen des Ventrikels zu erschweren oder zu unterstützen, und dadurch auch die Anzahl der Herzschläge zu verlangsamen oder zu beschleunigen. Verticale Stellung begünstigt bekanntlich die Entleerung des Herzens, horizontale behindert dieselbe, wie diess schon aus Guy's Versuchen²⁾ hervorgeht, welcher bei stehender Stellung 79, bei sitzender 70, bei liegender Stellung 67 Pulsschläge in der Minute, also eine nur durch die Lageveränderung bewirkte Differenz von 12 Pulsschlägen in der Minute beobachtete. Eine genaue Bestätigung dieser Ergebnisse liefern uns die an mir am 7., 13., 19., 21.—25. Mai, 2., 7.—9. und 12. Juni gemachten Beobachtungen, an welchen durch Hinweglassung des Frühstückes und nicht Vornahme des Waschens der reine Einfluss der Stellungsänderung ersichtlich wird, und nach welchen der horizontalen Lage bei mir im Mittel 63,14, der verticalen 74,00 Pulsschläge entsprechen, woraus sich, von Guy's Resultaten wenig abweichend, eine Beschleunigung um 10,86 Pulsationen in der Minute ergibt.

Ein exquisites einschlägiges Beispiel liefern die Beobachtungen vom 24. Mai, an welchem Tage die Pulsfrequenz Morgens um 4 Uhr im Bette 54, um 6 Uhr im Bette gleichfalls noch 54, nach dem Aufstehen jedoch 78, mithin um 24 Schläge mehr zeigte.

¹⁾ E. J. Marey, *Physiologie médicale de la circulation du sang, basée sur l'étude graphique des mouvements du coeur et du pouls artériel avec application aux maladies de l'appareil circulatoire*; avec 235 fig. Paris 1863. p. 214: ... „So oft die Schwere derart auf einen Körpertheil wirkt, dass sie dadurch beiträgt, den Blutlauf zu hemmen oder zu befördern, so veranlasst sie auch eine secundäre Modification im allgemeinen Blutdruck in den Arterien und demnach auch eine Aenderung in der Häufigkeit der Herzschläge.“

²⁾ Guy, *Hospital Reports*. Vol. III. London 1838. p. 92—308.

Den gleichen Erfolg wie Veränderung der horizontalen Lage in die verticale, bringt auch der Uebergang von Muskelruhe in Bewegung hervor, welche letztere darum die Pulsfrequenz vermehrt, weil Muskelbewegung Erweiterung der Capillaren, dadurch Verminderung des Widerstandes und leichteres Abfließen des Blutes durch dieselben begünstigt ¹⁾).

Es ergibt sich auch aus unseren hierher bezüglichen Beobachtungen (s. die Aufzeichnungen der 2. Verticalcolumnne, vom 1. Juli bis 28. Juli), dass nach einem $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ stündigen mit mässigem Bergsteigen verbundenen Spaziergange, die mittlere Anzahl der Pulsschläge ihren Höhepunkt erreicht, und sich stets zwischen 80—90 bewegt, im Mittel die Höhe von 83,77 erreicht, während an denselben Tagen Morgens in liegender Stellung, im Bette, die mittlere Pulsfrequenz nur 66,60 Schläge, mithin um 17,17 weniger in der Minute beträgt.

Stelle ich die bezüglichen Werthe einander entgegen, um die Unterschiede der Pulsfrequenz bei liegender und verticaler Stellung, und nach Bewegung zu überblicken, so erhalte ich als mittlere Pulsfrequenz

bei horizontaler Lage und Ruhe	65,01,
- verticaler - - - -	74,00,
nach Muskelbewegung (Spaziergang)	83,77.

Verticale Lage erhöht also im Vergleich zur horizontalen die Pulsfrequenz um 8,99, Muskelbewegung im Vergleich zur verticalen Ruhelage, dieselbe um 9,77, also nahezu um den gleichen Betrag. Die extreme Schwankung der Pulsfrequenz zwischen horizontaler Ruhelage und Bewegung beträgt demnach im Mittel 18,76 Schläge in der Minute.

Der Einfluss der Nahrungsaufnahme gibt sich auch durch Aenderung der Pulsfrequenz zu erkennen, und veranlasst bekanntlich eine Beschleunigung des Pulses, während Abstinenz eine Verlangsamung desselben im Gefolge hat. Namentlich sind es warme Getränke, welche durch Erwärmung des Blutes eine Er-

¹⁾ E. J. Marey, Physiologie médicale de la circulation du sang, etc. p. 221: „... Vermehrung der Pulsfrequenz ist nur der Effect des leichteren Abfließens des Blutes durch die Capillaren. Muskelbewegung veranlasst letzteres, theils durch Erweiterung der Capillaren, theils durch Begünstigung des venösen Ablaufes.“

weiterung der peripheren Gefäße und dadurch Beschleunigung der Circulation bedingen ¹⁾. Sehr auffallend zeigt sich dieser letztere Einfluss bei den von uns in der 2. und 3. Verticalcolumnne aufgezeichneten, nach dem Frühstück und unmittelbar vor der Sitzung angestellten Beobachtungen, welche uns als allgemeines Mittel beziehungsweise eine Pulsfrequenz von 81,20 und 79,03 ergeben. Noch klarer tritt dieser Einfluss hervor, wenn wir von der 2. Verticalcolumnne die dem „Spaziergänge“ entsprechenden Beobachtungen ausschliessen, hingegen von den, unmittelbar vor der Sitzung (Col. a) aufgezeichneten Beobachtungen diejenigen hinzuzählen, welche dem unmittelbar nach dem Frühstück erfolgten Eintritte in den pneumatischen Apparat entsprechen, in der 3. Columnne aber auch noch eine Sonderung jener Aufzeichnungen vornehmen, welche einer halben Stunde, und 1 — 2 Stunden nach Einnahme des Frühstücks entsprechen.

Auf diese Weise erhalten wir noch reinere Resultate als jene, welche in der tabellarischen Zusammenstellung, der daselbst befolgten Anordnung gemäss, berechnet sind, und wir finden als mittlere Pulsfrequenz unmittelbar nach dem Frühstück (7 Uhr) 81,80, also im Vergleich zu dem vor dem Frühstück in aufrechter Stellung mit 74,00 gefundenen Resultate eine durch Nahrungsaufnahme erzielte Pulsbeschleunigung um 7,80. Wir sehen auch gleichzeitig, dass die durch das Frühstück veranlasste Zunahme der Pulsfrequenz, jene, welche durch Muskelbewegung erzielt wurde, nicht ganz erreicht, sondern um 1,97 in der Minute hinter derselben zurückbleibt. Die Einzelbeobachtungen der 3. Columnne (a) ergeben ferner, dass etwa $\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Frühstück (8 Uhr) die mittlere Pulsfrequenz von 81,80 auf 79,42, 1 — 2 Stunden nach dem Frühstück aber auf 75,88 in der Minute gesunken ist. Ein auffallendes einschlägiges Beispiel finden wir am 22. Maj, an welchem Tage zur gewohnten Stunde kein Frühstück eingenommen wurde, und die Pulsfrequenz um 6 Uhr Morgens im Bette 63 Schläge, nach dem Aufstehen 74 Schläge zählte, durch den Aufenthalt in verdichteter Luft auf 67 herabsank, um sich unmittelbar nach dem um 12 Uhr eingenommenen Frühstücke auf 80 emporzuheben.

¹⁾ Marey, *Physiol. médicale de la circulation etc.* p. 350.

Ein ähnliches Ergebniss liefert auch der 2 Mal beispielsweise gemachte Versuch, das Caffeefrühstück mit Chocolate zu vertauschen. Auch hier gibt sich der Einfluss des warmen Getränkes durch Steigerung der Pulsfrequenz von 72 auf 84, — also um 12 Schläge — kund.

Der zweite, gleichwohl in Folge der geringeren Anzahl zu Grunde liegender Beobachtungen weniger eclatante Einfluss der Nahrungsaufnahme auf die Pulsfrequenz erhellt aus den im Verlaufe des Tages zu verschiedenen Stunden unternommenen Pulszählungen. Während die Pulsanzahl um 1 Uhr vor dem Mittagmahle noch mit 74 verzeichnet ist, erscheint sie nach demselben im Mittel auf 76,3 gestiegen, um dann allmählig zwischen 3 Uhr und 5 Uhr auf 71,0 — 68 zu fallen.

Den Einfluss der absoluten Ruhe in horizontaler Lage, in welchen aber hier auch noch der Einfluss der Nahrungsabstinenz als bestimmender Factor eingreift, zeigen uns die zur Nachtzeit angestellten Beobachtungen, welche nebst der sich daran anschliessenden gleich Eingangs erörterten Morgenbeobachtung (1. Col.) die niedrigsten absoluten Werthe enthalten, zusammengenommen aber einen Mittelwerth von 68,33 Schlägen ergeben. — So erhalten wir als mittlere Pulsfrequenz um 10 Uhr Nachts 60, um 11 Uhr 59,2, um Mitternacht 67 ¹⁾, um 4 Uhr Morgens 54 Schläge in der Minute.

Stellen wir, nach dem bisher Erörterten die sich für die verschiedenen Tagesstunden ergebende Pulsfrequenz schematisch zusammen, so wird uns diese Zusammenstellung dem Gesagten zu Folge sogleich einen flüchtigen Ueberblick über die Ursachen der Zu- und Abnahme der Pulsfrequenz gewinnen lassen, wie aus folgendem Schema ersichtlich wird:

Beobachtungs-Stunde:	6 ^h M.	7 ^h	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	1 ^h N.	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	10 ^h A.	11 ^h	12 ^h	4 ¹
Pulsfrequenz:	62,22	81,20	79,03	75,43	72,66	72,41	74,00	76,33	68,00	71,00	70,00	60,00	59,20	67,00	54
Vorherrschender Einfluss:	Horizontale Ruhelage u. Abstinenz.	Frühstück und Spaziergang.		Verdichtete Luft.					Mittagmahl.				Horizontale Ruhelage und Abstinenz.		

¹⁾ Eine einzige Beobachtung.

Hieraus ergibt sich als täglicher Gang der Pulsfrequenz bei mir: bedeutendes Ansteigen nach dem Frühstück, um 7 Uhr; von da an stetige Abnahme bis gegen 1 Uhr; um 2 Uhr Nachmittags Zunahme der Pulsfrequenz durch das Mittagessen, und stetige Abnahme derselben bis in die Nacht und gegen Morgen.

Nachdem wir hiermit das verschiedene Verhalten der Pulsfrequenz unter normalem Luftdruck eingehend erörtert, sind wir nun in den Stand gesetzt, die für den verstärkten Luftdruck erhaltenen Resultate nach ihrem wahren Werthe zu würdigen, und auf denselben zurückzuführen. Es sei uns desshalb erlaubt, nochmals auf das in unserer Tafel enthaltene allgemeine Mittel zurückzukommen. Aus dem über die Häufigkeit des Pulses bei normalem Luftdruck Gesagten geht nun hervor, dass die in unserem Allgemeinmittel erhaltenen Werthe keine ganz reinen Resultate sind, sondern dass die Ausgangsbeobachtung (Col. a), welche als Basis für den Betrag der gefundenen Pulsverlangsamung unter verstärktem Luftdrucke dient, eine zu hohe Pulsfrequenz zeigt, indem in ihr der Einfluss der vorhergegangenen Nahrungsaufnahme und der Muskelbewegung enthalten ist; dass dadurch demnach der von uns aus dem Allgemeinmittel gefundene Betrag der Verlangsamung zu hoch angegeben ist, die Differenzen zu gross erscheinen. Scheiden wir aus dem Allgemeinmittel alle jene Beobachtungen, welche nachweisbar durch fremde Einflüsse (Caffeh- und Chocolate-Frühstück, und Spaziergang) alterirt sind, so bleiben uns jene Aufzeichnungen als reine zurück, bei welchen unter Einhaltung absoluter Ruhe das Frühstück erst nach dem Aufenthalte in verdichteter Luft eingenommen wurde. Aus diesen nun ergibt sich uns als unanfechtbares Resultat:

1) Dass die verdichtete Luft, — wie diess auch aus dem Allgemeinmittel hervorgeht, wirklich die Pulsfrequenz herabsetze.

2) Dass, wie diess gleichfalls schon im Allgemeinmittel ersichtlich ist, die Verlangsamung allmählig mit der Dauer des Aufenthaltes unter verstärktem Luftdruck, und selbst über diese Dauer hinaus, noch zunimmt, so dass die bei Erreichung des Druckmaximums gefundene Abnahme der Pulsfrequenz nach 1stündiger Einwirkung des stationären Druckmaximums eine neue Abnahme erfahren, und bei Rückkehr zum normalen Drucke noch bedeutender geworden.

An beiden bisher gefundenen Thatsachen wird somit durch diese Beobachtungen im Vergleich zum Allgemeinmittel nichts geändert.

3) Dass jedoch der Betrag der Verlangsamung (die Differenz $a-b$, $a-c$, $a-d$) kein so bedeutender ist, wie er durch das allgemeine Mittel dargestellt wird. Nachdem die Morgens beim Erwachen im Bette mit 63,14 Schlägen in der Minute aufgezeichnete Pulsfrequenz durch das Aufstehen und die Veränderung der horizontalen in die verticale Lage auf 74,00 gestiegen ist, fällt dieselbe durch den reinen Einfluss der Verstärkung des Luftdruckes bei Erreichung des Druckmaximums auf 73,17, nach 1stündiger Einwirkung des stationären Druckmaximums auf 71,92, und bei Rückkehr zum normalen Drucke auf 70,75 in der Minute. Wir erhalten somit als reine, der von uns angewandten Druckverstärkung entsprechende Differenzen, für $a-b = -0,83$, $a-c = 2,08$, $a-d = -3,25$. Die Differenzen sind mithin im Vergleich zum Allgemeinmittel um mehr als die Hälfte kleiner geworden.

Betrachten wir nun im Gegensatz zu den eben erörterten reinen Resultaten, jene, welche nachweisbar durch fremde Einflüsse alterirt sind, so finden wir, dass in diesen, dem Caffee- und Chocolade-Frühstück und dem Spaziergange entsprechenden Beobachtungsreihen, sämmtliche Werthe grösser sind, als die im Allgemeinmittel gefundenen. Doch nicht die Pulsfrequenz allein hat allenthalben zugenommen, sondern auch die Differenzen zwischen a , b und c sind namhaft grösser geworden, und zwar sind letztere mehr als doppelt und 3 Mal so gross als es die reinen Beobachtungen ergeben. Dieses letzte Resultat scheint somit neuerdings einen Satz zu bestätigen, welchen ich aus den Ergebnissen meiner vor Jahren zu Nizza angestellten Untersuchungen aufgestellt hatte ¹⁾, nämlich: Die Grösse der Verlangsamung unter verstärktem Luftdruck wächst in proportionalem Verhältnisse mit der unter normalem Luftdruck beobachteten Frequenz des Pulses, und zwar ist die durch die Verdichtung der Luft hervorgerufene Verlangsamung der Pulsfrequenz eine um so grössere, je mehr sich die Anzahl der Pulsschläge von der Normalen entfernt.

¹⁾ Vivenot, Ueber den Einfluss des veränderten Luftdruckes etc., in Virchow's Archiv Bd. XIX. Heft 5 u. 6. S. 511. 1860.

Noch schlagender tritt dieser Satz hervor, wenn wir die Einzelbeobachtungen in Bezug auf die Extreme der Verlangsamung untersuchen. Ziehen wir zu diesem Behufe aus unseren Einzelbeobachtungen jene aus, welche eine die normale bedeutend überschreitende Pulsverlangsamung nachweisen, und benutzen wir, um augenfälligere Resultate zu erhalten, für diese Zusammenstellung nur jene, wo das Maximum der Verlangsamung 12 Schläge in der Minute überschreitet:

	Pulsfrequenz unter				Differenz:		
	normal. Luftdr. a	verstärktem Luftdruck b c		normal. Luftdr. d	a-b	a-c	a-d
9. Mai	81	73	72	65	— 8	— 9	—16
11.	90	82	76	76	8	14	14
12.	84	84	83	67,5	0	1	16,5
14.	92	82	70,5	66	10	21,5	26
15.	82	81,5	69,5	63	0,5	12	19
16.	92	91,5	80	78	0,5	12	14
28.	92	82	74	76	10	18	16
31.	88	80	66	75	8	22	13
1. Juni	94	93	86	81	1	8	13
15.	96	91	84	80	5	12	16
19.	87	78,5	73,5	73	8,5	13,5	14
22.	85	70	73	72	15	12	13
27.	90	90	80	69	0	10	21
29.	84	73	70	70	11	14	14
1. Juli	86	70	69	77	16	17	9
Mittel	88,2	81,4	75,1	72,6	— 6,8	—13,1	—15,6

Diese Zusammenstellung gibt als solche und in ihrem Resultate einen höchst lehrreichen Einblick in die Art der Pulsretardation. Wir sehen in derselben bei Durchmusterung der Einzelbeobachtungen sowohl, wie auch der Mittelwerthe, dass nur die Pulsfrequenz der ersten 3 Verticalcolumnen (namentlich jene der Columnne a) die aus dem Gesamtmittel aller meiner Beobachtungen berechneten Mittelwerthe, welche wir beziehungsweise daselbst mit 79,0, 75,4 und 72,7 gefunden hatten, übersteigt, dass aber die letzte Columnne (d) genau das aus sämtlichen Beobachtungen gefundene Mittel (72,4) ergibt. Mit anderen Worten ausgedrückt, zeigt uns diess, dass die Pulsretardation nicht in einer Herabsetzung derselben unter die normale Frequenz, sondern vielmehr in einer Zurückführung der anomalen Anzahl auf die normale Anzahl der Pulsschläge besteht.

Als entgegengesetztes Beispiel sei auf die am 21. Mai gefundene Pulsfrequenz hingewiesen, welche schon vor Beginn der Sitzung 70 betrug, und nach 2 Stunden erst auf 69 herabgesetzt war, da sie bereits anfangs an der Grenze der normalen Anzahl sich befand. Aus obiger Darstellung ersehen wir zugleich, dass das absolute Maximum der Pulsverlangsamung bei mir am 14. Mai mit -26 beobachtet wurde, an welchem Tage der Puls von 92 auf 66 herabging.

Absolute Minima, d. h. keine Verlangsamung wurde unter 423 Beobachtungen bei mir 18 Mal verzeichnet, ja 30 Mal wurde sogar — wie bereits eingangs erwähnt — ein Plus, und zwar das höchste am 11. Juni mit $+10$ Schlägen in der Minute gefunden:

Ehe wir einen Erklärungsversuch der bisher erörterten That-sachen unternehmen, wollen wir noch die an den anderen Personen gemachten Beobachtungen und daraus erhaltenen Resultate untersuchen, um so mehr als wir jetzt in der Lage sind, auf Grundlage der an mir angestellten Beobachtungen, dieselben einer gerechten Würdigung zu unterziehen.

Wenn wir die an Hrn. H—y, Hrn. R., Dr. L., Dr. M., Dr. D. und Hr. J. G. gewonnenen Mittelwerthe mit den an mir gefundenen Zahlen vergleichen, so finden wir allenthalben die grösstmögliche Uebereinstimmung. Bei Jedem derselben finden wir bei Erreichung des Druckmaximums eine Verlangsamung des Pulses im Vergleich zur Ausgangsbeobachtung, und eine weitere Abnahme der Pulsfrequenz nach 1stündiger Einwirkung des constanten Druckmaximums. Nach 2stündigem Verweilen unter dem verstärkten Luftdrucke, d. i. unmittelbar nach der Sitzung ergibt sich bei Hrn. H—y ein Fortschreiten der Verlangsamung wie bei mir, bei Hrn. R. und Dr. D. (III. und VI.) hingegen ist eine kleine Erhöhung der Pulsfrequenz über den zuletzt in verdichteter Luft gefundenen Werth ersichtlich, trotz welcher jedoch die Anzahl der Pulsschläge noch immer hinter der bei der Ausgangsbeobachtung gefundenen zurückbleibt. Letzterer Umstand, das geringe Ansteigen der Frequenz bei Rückkehr zum normalen Druck, hat daher auch in dem Gesamtergebnisse, in dem aus sämtlichen 512 Einzelbeobachtungen berechneten Allgemeinmittel seinen Ausdruck gefunden, in welchem sich die mittlere Häufigkeit des Pulses zur Eintrittszeit in den pneu-

matischen Apparat mit 76,09, bei Erreichung des Druckmaximums mit 72,20, nach 1stündiger Einwirkung des letzteren mit 69,17, bei Rückkehr unter normale Druckverhältnisse aber mit 70,16 Schlägen in der Minute berechnet. Da in diese Mittelwerthe auch jene Beobachtungen mit einbegriffen sind, welche an 2 Emphysematikern (Dr. D. und Hr. J. G.) erhalten wurden, wobei besonders Dr. D. durch die stete Beschleunigung seiner Herzaction, Hr. J. G. aber durch die beträchtliche Pulsverlangsamung unter dem Einflusse der verdichteten Luft, etwas abweichende Verhältnisse von dem an normalen Individuen gefundenen Ergebnissen liefern, und wodurch einerseits die mittlere Pulsfrequenz erhöht, andererseits die mittlere Verlangsamung zu gross wird, mithin das Gesamtergebniss nicht die Bürgschaft normaler Verhältnisse bietet: so dürfte es gerechtfertigt erscheinen, jene 2 auf anomalen Verhältnissen beruhenden Beobachtungen aus dem allgemeinen Mittelwerthe auszuschliessen. — Wir erhalten dann, mit Ausschluss der Beobachtungen VI. und VII., als Mittelwerthe, welche aus 441, an normalen Individuen angestellten Beobachtungen resultiren, das Ergebniss, dass die mittlere Pulsfrequenz zur Eintrittszeit in den pneumatischen Apparat 73,92, bei Erreichung des Druckmaximums 70,54, nach 1stündiger Einwirkung desselben 67,93, jene bei Rückkehr unter normalen Luftdruck aber 67,70 Schläge in der Minute beträgt, in welchem Endresultate die niederste Pulsfrequenz abermals erst nach beendeter Sitzung beobachtet wird. Demgemäss erhalten wir als mittlere Pulsverlangsamung aus sämtlichen Beobachtungen, für a—b 4,13; — für a—c 6,73, — für a—d 6,50 Schläge in der Minute, während sich bei Ausschluss der anomalen unter VI. und VII. zusammengefassten Beobachtungen eine mittlere Retardation, beziehungsweise um 3,63, 6,15 und 6,68 Schläge ergibt.

Vergleichen wir nun die aus dem Allgemein-Mittel sowohl, wie auch an den einzelnen Personen gewonnene mittlere Pulsverlangsamung, mit den an mir selbst als Allgemein-Mittel erhaltenen Resultaten, so ergibt sich, dass die Zahlenwerthe der für die gesunden Individuen gefundenen Verlangsamung (mit Ausschliessung des nur auf einer Aufzeichnung beruhenden Dr. M.) sich wenig von dem für mich berechneten Betrage entfernen. Während meine mittlere Pulsverlangsamung bei a-b = 3,45, bei a-c = 6,33, für

a-d 7,31 Schläge in der Minute beträgt, so finden wir als solche bei Hrn. H—y, Hrn. R. und Dr. L., für a-b 4,09, 3,89 und 3,33; für a-c 5,45, 5,93 und 5,25; für a-d endlich 6,05 und 4,07, — eine Uebereinstimmung, welche, abgesehen von der Normalität der Versuchspersonen, auch dadurch erzielt wurde, dass die Resultate unter gleichen Bedingungen gewonnen wurden.

Es wird somit auch an anderen Personen die Thatsache der Pulsverlangsamung und der Betrag derselben bestätigt, und ist nur in Hinsicht auf den letzteren zu bemerken, dass nach den an mir gemachten Erfahrungen noch eine Correction anzubringen sei, um die gewonnenen Resultate in ganz reine zu verwandeln. Benutzen wir die aus meinen Detailbeobachtungen sich ergebenden Werthe zur Correction für die an anderen Individuen erhaltenen Mittelwerthe, so ergäbe sich bei dem von uns angewandten Luftdruck, als corrigirte mittlere Pulsverlangsamung am Gesunden, für a-b = — 1,01, für a-c = — 1,90, für a-d = 2,62, welches Resultat als reine Einwirkung der erwähnten Druckverstärkung angesehen werden darf, in der Praxis in diesem unscheinbaren Betrag aber nur dann zur Beobachtung gelangt, wenn, wie diess bei einem Theile der an mir selbst angestellten Beobachtungen geschah, alle störenden Nebeneinflüsse aus der Beobachtung selbst und aus dem Resultate entfernt werden.

Untersuchen wir nun die an jenen 6 Personen gefundenen Extreme der Veränderung der Pulsfrequenz durch Verstärkung des Luftdruckes, so finden wir folgende, als absolute Maxima der Verlangsamung: die Differenz a-b ergibt bei Hrn. H—y —8,0, bei Hrn. R. —13, bei Dr. L. —6, bei Dr. M. (nach einer einzigen Beobachtung) —11, bei Dr. D. —8, bei Hrn. J. G. —21; die Differenz a-c zeigt für Hrn. H—y —12, für Hrn. R. —10, für Dr. L. —7, für Dr. D. —20, für Hrn. J. G. —31; die Differenz a-d endlich für Hrn. H—y —11, für Hrn. R. —13, für Dr. D. endlich —26 Schläge in der Minute. Die an mir erhaltenen höchsten Werthe mit eingerechnet, ergibt sich als allgemeines Mittel der sich als Effect der verdichteten Luft darstellenden absoluten Maxima der Pulsverlangsamung, für a-b = —10,4, für a-c = —14,6, für a-d = —19,0 Schläge in der Minute, oder mit Hinweglassung der an Nichtgesunden gefundenen Werthe, für a-b = 10,8, für a-c = 12,8, für a-d endlich 16,7. Wir sehen also,

dass auch die Maxima jene bei den Einzelbeobachtungen gefundene Eigenthümlichkeit zeigen, dass deren Betrag mit der Aufenthaltsdauer in verdichteter Luft zunimmt, und am Ende der Sitzung bei Rückkehr unter normalen Luftdruck den grössten Werth annimmt.

Es bestätigen ferner auch die an anderen Personen gefundenen Werthe das aus meinen Selbstbeobachtungen abgeleitete Resultat, dass die Pulsverlangsamung eine um so grössere ist, je mehr sich die vor dem Aufenthalt in verdichteter Luft beobachtete Pulsanzahl des Individuums von der ihm normaler Weise eigenthümlichen entfernt¹⁾. Es zeigt sich diess sogleich, sowohl beim Anblick der Maxima der an den 2 Emphysematikern Dr. D. und Hrn. J. G. erhaltenen Pulsfrequenz, als auch namentlich bei Durchmusterung der bezüglichen Einzelbeobachtungen. Auch hier finden sich bei Hrn. J. G. die höchsten Werthe, während bei Dr. D. diese Erscheinung durch vor oder während der Sitzung intercurrirende Husten- und Asthma-Anfälle (23. und 26. Mai) nicht recht hervortreten vermag, und daher namentlich in den, aus den Einzelbeobachtungen berechneten Mittelwerthen gedeckt erscheint. — Als ganz reine Beobachtung ist bei Hrn. J. G. jene des 17. Mai anzusehen, an welchem Tage der, sonst den Trunk nicht verachtende Mann, kein Frühstück zu sich genommen hatte, daher auch hier zwar die Thatsache der Verlangsamung, doch mit einem, den Mittelwerth nicht erreichenden Betrage, zum Vorschein kommt.

Minima, d. h. keine Verlangsamung wurde bei Hrn. H—y 1 mal, bei Hrn. R. 2 mal, bei Dr. D. 3 mal verzeichnet. Bei Dr. L., Dr. M. und Hrn. J. G. kam ein Gleichbleiben der Pulsfrequenz nicht zur Beobachtung. Wohl aber erübrigt uns noch jener Fälle zu gedenken, wo eine Beschleunigung des Pulses wahrgenommen wurde, und zwar fand diess bei Hrn. H—y unter 43 Beobachtungen 1 mal, bei Hrn. R. unter 58 Beobachtungen 4 mal, bei Dr. D. unter 29 Aufzeichnungen 7 mal, bei Hrn. J. G. unter 42 Beobachtungen 3 mal statt. Abermals ist es Dr. D., welcher

¹⁾ Sehr schön geht diess auch aus der bereits mehrfach erwähnten trefflichen Arbeit Sandahl's hervor, aus dessen langen Beobachtungsreihen die Tafeln VII. S. 21—26 (Hr. V. A., 31 Jahre alt, Tuberculose), und VIII. S. 26—29 (Hr. A. L., 33 Jahre alt, Tuberculose mit Emphysem) diesen Erfahrungssatz gleichfalls bestätigen.

sowohl die häufigste, als auch die grösste Pulsbeschleunigung nachweist, und zwar letztere am 23. Mai mit + 15 Schlägen in der Minute, während eines zur Zeit der Sitzung aufgetretenen heftigen asthmatischen Anfalles. Die an Hrn. R. am 13. Juni nach der Sitzung mit + 8 gefundene Pulsbeschleunigung hat dieselbe Ursache, wie die gleichzeitig auch an mir beobachtete Zunahme der Pulsfrequenz, nämlich psychische Aufregung, verursacht durch das Bersten eines Rohres am Dampfkessel, wesshalb die Sitzung unterbrochen werden musste. Die an 2 Tagen, am 13. und 18. Mai, an Hrn. J. G. beobachtete Pulsbeschleunigung findet ihre natürliche Erklärung in dem während des Aufenthaltes im pneumatischen Apparate kurz vor Erreichung des Druck-Maximums versuchsweise genossenen Schoppen Weines.

Es erübrigt uns jetzt die Frage in Erwägung zu ziehen, ob die Verlangsamung des Pulses, welche wir als directen Effect der Luftverdichtung gefunden, eine vorübergehende, mit Rückkehr unter normale Druckverhältnisse verschwindende sei, oder ob, wie ich diess für die Respirationsfrequenz jüngst nachgewiesen, eine über die Dauer des Versuches hinaus reichende, sich allmählig in eine bleibende umwandelnde Nachwirkung stattfindet?

Dass unmittelbar nach der Rückkehr unter normalen Luftdruck die Pulsfrequenz nicht alsogleich wieder anzusteigen beginnt, sondern dass die Einwirkung der Luftverdichtung sich insofern nachhaltig erweist, als unmittelbar nach der Sitzung die Anzahl der Pulsschläge den geringsten Werth ergibt, haben wir bereits aus unseren Tafeln und der daran geknüpften Erörterung erkannt¹⁾. Mitunter war es auch möglich, das Vorhandensein dieser, über die Dauer des Versuches reichenden Nachwirkung nach $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$, ja selbst nach mehreren Stunden noch zu constatiren.

Wenn wir jedoch untersuchen, ob sich auch hier, wie mir diess für die Zunahme der Athmungsgrösse und Abnahme der Respirationsfrequenz nachzuweisen vergönnt war, diese Nachwirkung durch eine von einem Tage zum andern bemerkbare, bleibende Abnahme der Pulsfrequenz geltend mache, so ist aus obiger Zusammenstellung nicht die Spur einer solchen nachzuweisen.

¹⁾ Auch Einbrodt (Op. cit. p. 379) fand, dass nach Aufhebung der Druckverstärkung die Verlangsamung des Herzschlages noch eine gewisse Zeit anhält.

Nach Bertin, welcher als mittlere Pulsverlangsamung 12 bis 15 Schläge, als von ihm beobachtetes Maximum 30 bis 36 Schläge in der Minute angibt¹⁾, soll eine bleibende Verlangsamung nicht zu den Seltenheiten gehören. Er berichtet unter anderen über einen Fall von doppelseitigem Lungen-Emphysem, wo der vor der ersten Sitzung 106—108 Schläge habituell zählende Puls, nach derselben auf 72, und von Sitzung zu Sitzung continuirlich bis auf 45 fiel, um sich lange Zeit nach der Behandlung nicht mehr über 56 Schläge zu erheben²⁾. Auch Milliet³⁾ erwähnt einer analogen, an einem Emphysematiker gemachten Beobachtung, und J. Lange (in Uetersen)⁴⁾ hebt gleichfalls einen Fall hervor, in welchem er bei einem jungen, der Tuberculose verdächtigen Manne, dessen Puls 98 Schläge zählte, nach dem ersten Bade ein Herabsinken desselben auf 58, nach dem zweiten Bade auf 56—54, und ein ferneres Verweilen auf dieser niederen Stufe beobachtete. Bei Durchmusterung der von Sandahl⁵⁾ mitgetheilten langen Beobachtungsreihen, welcher bei $\frac{1}{2}$ Atmosphäre Ueberdruck im Mittel eine Verlangsamung von 9,94 Schlägen in der Minute (also genau dieselbe, wie sie aus meinen zu Nizza gewonnenen Beobachtungen resultirt, mit 10) erhielt, kann ich jedoch keinen Fall finden, bei welchem sich eine nennenswerthe constante und dauernde Erniedrigung der Pulsfrequenz mit Sicherheit nachweisen liesse. Auch aus der kurzen von Tutschek⁶⁾ angestellten Versuchsreihe geht eine solche nicht hervor, noch weniger aber wird sie aus den von J. Lange (in Uetersen) mitgetheilten Fällen (Tafel III, IV, und V) ersichtlich, obwohl er selbst angibt⁷⁾, dass „beinahe immer durch den Gebrauch der comprimierten Luft die Pulsfrequenz mit jedem Tage abnimmt, und nach vollendeter Cur noch längere Zeit hindurch einen niederen Stand behält.“ — Mir selbst konnte es, wie gesagt, nicht gelingen, weder aus meiner ersten noch aus

¹⁾ Bertin, Etude clinique etc. p. 32.

²⁾ Bertin, Op. cit. p. 34.

³⁾ Milliet, De l'air comprimé au point de vue physiologique. p. 25.

⁴⁾ J. Lange (in Uetersen), Op. cit. p. 23.

⁵⁾ Sandahl, Op. cit. p. 50.

⁶⁾ Tutschek, Ueber die Wirkung der comprimierten Luft. Baier. ärztl. Intelligenzblatt. Mai 1863.

⁷⁾ J. Lange, Op. cit. p. 23.

dieser letzten Untersuchungsreihe einen beweisenden Anhaltspunkt für die Constanz und Dauer der Nachwirkung zu finden. Aus den hier mitgetheilten Beobachtungen geht hervor, dass mein, vor der ersten Sitzung am 30. April, 72 Schläge in der Minute zählender Puls nach einem Monate, also am 30. Mai (siehe Col. a) eine Frequenz von 86, nach 2 Monaten, am 30. Juni 78 und am 19. September, dem Schlusstage der Untersuchung, 88 Pulsschläge nachweist, nachdem ich in diesem Zeitraume von nahezu 5 Monaten (143 Tagen) 123 zweistündige Sitzungen in verdichteter Luft genommen hatte.

Da aber während derselben Zeit meine Athmungsgrösse eine dauernde Zunahme von 3051 auf 3794 Cubik-Centimeter erfahren hatte, und die Respirationsfrequenz gleichzeitig von 20—16 dauernd auf 4,0—3,4 gesunken war¹⁾, so ergibt diess Resultat, verglichen mit dem Mangel einer dauernden Nachwirkung auf die Pulsfrequenz, dass kein Verhältniss zwischen der letzteren und den Veränderungen, welche der Respirationsprozess durch den lange andauernden Gebrauch der verdichteten Luft erleidet, aufgestellt werden kann.

Stelle ich beispielsweise für die Grenztage der Untersuchungsreihe meine Puls- und Respirationsfrequenz zusammen, so finde ich vor der ersten Sitzung (30. April) erstere mit 72, letztere mit 20,5 in der Minute, mithin 3 mal so viel Pulsschläge als Athemzüge verzeichnet, während am letzten Sitzungstage (19. September) die Pulsfrequenz 88, die Athemfrequenz 4,66 in der Minute betrug, demnach 1 Athemzug auf 19 Pulsschläge gezählt wird.

Aehnliches ergibt sich aus meinen an anderen Personen angestellten Beobachtungen, wie auch aus den Mittheilungen anderer Forscher. Schon Milliet²⁾ hebt das auffallende Missverhältniss der Puls- und Respirations-Verlangsamung hervor, und gibt an, häufig eine Herabsetzung des Pulses um 15—20 Schläge bei gleichbleibender Respirationsanzahl beobachtet zu haben. Nur soll nach ihm der Einfluss der Respiration auf die Pulsverlangsamung erst bei einem Ueberdrucke von mehr als 25 Centimetern deutlich zum Vorschein kommen, weil bis zu dieser Druckhöhe die Anzahl der

¹⁾ Siehe meine „vorläufige Mittheilung“ über den Einfluss des verstärkten und verminderten Luftdruckes auf den Mechanismus und Chemismus der Respiration. Med. Jahrbücher der Ges. d. Aerzte. Wien, 1865.

²⁾ Milliet, Op. cit. p. 20.

Athemzüge unverändert bleibe, — eine Behauptung, welche sich nach meinen Erfahrungen nicht als stichhaltig erweist, da ich umgekehrt bei weit höherem Druck mitunter Verlangsamung der Respiration um 2—3 Züge in der Minute, ohne die geringste Veränderung der Pulsanzahl gefunden habe. Auch Bertin¹⁾ beobachtete in einem Falle von „rheumatischem Herzklopfen(?)“ bei unveränderter Anzahl der Athemzüge eine Verminderung der Pulsfrequenz um 30 Schläge. G. Lange (in Johannisberg)²⁾ endlich findet auch nach seinen Erfahrungen kein bestimmtes Verhältniss zwischen der Herabsetzungs-Zahl der Puls- und Respirationsfrequenz.

Aus dem Gesagten geht also zur Evidenz hervor, dass das von uns gefundene Ergebniss auch durch die Resultate anderer Beobachter seine volle Bestätigung erhält, und dass somit eine dauernde Herabsetzung der Pulsfrequenz weder überhaupt, noch etwa in einem proportionalen Verhältniss mit der (innerhalb gewisser Grenzen) täglich abnehmenden Häufigkeit der Respiration, als directe Wirkung der verdichteten Luft zur Beobachtung gelangt. Dauernde Verlangsamung des Pulses durch verstärkten Luftdruck kann nur auf indirecte Weise da erfolgen, wo primär vorhandene Athemhindernisse eine Beschleunigung der Pulsfrequenz bedingen. Wird nun in solchen Fällen durch längeren Gebrauch der verdichteten Luft das Athemhinderniss ganz oder theilweise beseitigt, so fällt schon hiemit die Bedingung für die anfangs beobachtete Beschleunigung des Pulses fort, welcher Umstand nun secundär natürlich in Herabsetzung der Pulsanzahl seinen Ausdruck findet. Hieher gehören auch, meines Erachtens, jene oben von Bertin, Milliet und J. Lange mitgetheilten Fälle mit dauernder Herabsetzung der Pulshäufigkeit, welche daher nicht als Regel, sondern als Ausnahme, nicht als directe, sondern nur als indirecte Wirkung der verdichteten Luft betrachtet werden kann.

Sollen wir uns nun nach dem bisher Erörterten Rechenschaft geben über die Ursachen der von uns zweifellos constatirten Abnahme der Pulsfrequenz unter dem Einflusse der verdichteten Luft, so führt uns 1) der nur geringe Be-

¹⁾ Bertin, Op. cit. p. 37.

²⁾ G. Lange (in Johannisberg), Der pneumatische Apparat etc. S. 26.

trag der Pulsherabsetzung überhaupt, 2) die allmähliche Abnahme der Pulsverlangsamung, welche mit der Dauer der Druckverstärkung wächst, und erst bei Rückkehr unter normalen Luftdruck ihr Maximum erreicht, 3) die Beobachtung, dass die Verlangsamung um so grösser ist, je weiter die Pulsanzahl zur Beobachtungszeit sich von der normalen entfernt, d. h. dass der Betrag der Verlangsamung proportional wächst mit der abnormen Beschleunigung des Pulses; vor allem aber 4) das vollkommene Fehlen einer dauernden Nachwirkung und der Mangel eines bestimmten Verhältnisses zwischen der durch täglich wiederholten Aufenthalt unter verstärktem Luftdruck täglich seltener werdenden Athemfrequenz und der, trotzdem nur ephemere bleibenden Herabsetzung der Häufigkeit des Pulses — zu dem Ausspruche:

dass wir diese sich als nur ephemere darstellende Verlangsamung der Pulsfrequenz, als einfachen rein mechanischen Effect der Druckverstärkung erklären, welcher durch Vermehrung des auf der Körperoberfläche, somit auf den peripheren Gefässen lastenden Druckes, das Volum und Lumen derselben verkleinert;

den Abfluss des Blutes aus den Capillaren dadurch erschwert;
den Widerstand, welchen die mit der Herzsystole ausgestossene Blutwelle an den Gefässwandungen erfährt, vermehrt; und —

indem bekanntlich die Anzahl aller in bestimmter Zeit vollführter Muskelbewegungen um so seltener ausfällt, je schwerer diese vollzogen werden können, durch Vermehrung dieser Widerstände eine Erschwerung der Herzaction, eine Verlangsamung der Herzpulsationsfrequenz veranlasst, gemäss dem von Marey¹⁾ aufgestellten Gesetze, welches lautet: „Das Herz schlägt um so häufiger, je leichter es sich entleeren kann.“

Die allmählig und continuirlich auf die peripheren Gefässe wirkende und deren Compression veranlassende Druckverstärkung ruft dadurch eine Veränderung in der allgemeinen Blutvertheilung hervor, wobei das Blut aus den peripheren Gefässen theilweise verdrängt wird, und wodurch die Blutmenge in denselben, zwar relativ, im Vergleich zur Verkleinerung des Lumens, vermehrt, —

¹⁾ Marey, Phys. méd. de la circulation etc. p. 209.

absolut aber vermindert ist. Wenn sich nun allmählig durch die andauernde Compression der Gefässe und consecutive Veränderung der Blutvertheilung ein gewisser, den neu obwaltenden Druckverhältnissen entsprechender Gleichgewichtszustand hergestellt hat, so kann dieser bei Wiederherstellung der normalen Druckverhältnisse nicht sofort einer plötzlichen Erweiterung der Gefässe weichen, sondern es wird erst einer gewissen Zeit bedürfen, bis die Rückbildung auf den ursprünglich beobachteten Contractilitätzustand vollzogen ist. Daher das als Nachwirkung erscheinende Fortschreiten der Pulsverlangsamung am Ende der Sitzung im pneumatischen Apparat, nach welcher erst die relative Verminderung des Luftdruckes eine allmähliche Erweiterung der contrahirten peripheren Gefässe, ein erneuertes Einströmen der aus ihnen verdrängten Blutmasse gestattet, und auf solche Weise durch Verminderung der oben erwähnten Widerstände, die ursprüngliche Pulsfrequenz wieder herstellt. — Daher kann auch unter sonst normalen Verhältnissen keine bleibende Nachwirkung der Druckverstärkung auf die Häufigkeit des Pulses gedacht werden, und finden wir auch Tag für Tag die gleiche Anzahl von Pulsschlägen zur selben Beobachtungszeit.

Nehmen wir die grössere Zusammenziehung der Gefässe unter verstärktem Luftdrucke als Ursache der Verlangsamung der Herzaction an, so gibt uns diess auch den Schlüssel an die Hand zur Erklärung, warum der Betrag der Verlangsamung bei abnorm beschleunigter Pulsfrequenz grösser ist, als bei normaler, und warum überhaupt eine bedeutende Herabsetzung der normalen Pulsfrequenz in der Regel nicht zur Beobachtung gelangt. Da z. B. im Hitzestadium des Fiebers, oder überhaupt bei beschleunigter Circulation, die peripheren Arterien sich in erweitertem Zustande befinden, und, wie diess aus der gleichzeitig beobachteten geringeren Gefässspannung hervorgeht, relativ zur Grösse ihres Querschnittes weniger prall mit Blut gefüllt sind, so wird die von aussenher durch die Verstärkung des Luftdruckes auf die Gefässe ausgeübte Compression einen um so grösseren Effect erzielen, als in Folge der relativen Blutarmuth derselben der Widerstand des Blutes gegen die Gefässwände — der Blutdruck — ein geringerer ist, und dadurch ein Zusammendrücken derselben in grösserem Maassstabe und leichter zulässig macht.

In diesem Falle wird daher die verdichtete Luft durch bedeutende Verengerung des Lumens der Arterien auch eine beträchtlichere Verlangsamung der Pulsfrequenz erzeugen, als unter normalen Verhältnissen, wo bei ohnehin mässig langsamer Pulsanzahl die peripheren Gefässe sich bereits in einem bestimmten Contractionszustande befinden, mit relativ grösserer Blutmenge erfüllt sind, und der excentrisch auf die Gefässwandungen wirkende Blutdruck der verdichteten Luft einen grösseren Widerstand entgegensetzt, — der durch sie erzielte Effect demnach auch ein geringerer sein muss. Ja, im Falle die Arterie bereits an der Grenze ihrer Zusammendrückbarkeit angelangt ist, oder, hat sie dieselbe bereits erreicht, dann wird die von uns angewandte Druckverstärkung nur eine höchst unbedeutende oder gar keine Verengerung in deren Lumen bewirken können, demnach auch keine Pulsverlangsamung hervorzurufen im Stande sein. Hieher gehören jene Fälle, wo bei meinen Beobachtungen der Puls bereits unter normalem Luftdruck nur etwa 60—70 Schläge nachweist, und z. B. die am 21. Mai an mir gemachten Aufzeichnungen unsere Ansicht bestätigen. — Hinwieder finden wir, dass, im Gegensatze hiezu, nach dem vorausgegangenen Genuisse des Chocodladefrühstücks, unter verstärktem Luftdrucke eine grössere Pulsverlangsamung ersichtlich wird, als nach dem Caffehfrühstücke, da ersteres beide Male sehr heiss genossen wurde, und die Aufnahme der heissen Flüssigkeit ins Blut eine so bedeutende Erweiterung der Capillargefässe und Pulsbeschleunigung veranlasste, dass der Effect des mechanischen Einflusses der Druckverstärkung, — die Contraction der erweiterten Gefässe in viel höherem Grade zur Geltung kommen konnte, und eine desto grössere Pulsretardation veranlasste.

Um nun schliesslich noch der ausnahmsweise von uns unter verstärktem Luftdruck beobachteten Pulsbeschleunigung zu gedenken, so muss bemerkt werden, dass ihre Entstehung nicht stets der gleichen Ursache zugeschrieben werden kann. So ist dieselbe bei mir an manchem Tage (z. B. 20. Mai) nachweisbar Einfluss des unmittelbar vor der Sitzung eingenommenen Frühstücks, bei Hrn. J. G. am 13. Mai (Col. b und c) und am 18. Mai (Col. c) erweislich Einfluss des während der Sitzung getrunkenen Weines. Die durch Genuss dieser Flüssigkeiten hervorgerufene Erweiterung der peripheren Gefässe, welche Verminderung des Widerstandes

und Vergrößerung des arteriellen Strombettes bewirkt, zieht demnach eine Beschleunigung der Stromgeschwindigkeit, mithin der Pulsfrequenz, nach sich. Ist die Verstärkung des Luftdruckes im Stande, das Lumen der erweiterten Arterien so weit zu verengern, dass die Gefässcontractilität aus ihrem Kampfe gegen den Blutdruck siegreich hervorgeht, und das Uebergewicht behält, so kann sie die oben berührte Wirkung des Nahrungsgenusses ganz oder theilweise aufheben. Es erfolgt dann, da mechanische Erweiterung nicht möglich ist, trotz des Nahrungsgenusses, keine Pulsbeschleunigung, sondern die bereits früher erörterte Pulsverlangsamung, welche in solchem Falle, wie wir gesehen, um so bedeutender ist, als sich hier die Erweiterung durch Nahrungsaufnahme zu der normal bestehenden mittleren Erweiterung summirt.

Die am 13. Juni gleichzeitig an mir und Hrn. R. beobachtete Pulsbeschleunigung ist — nachweisbar auf psychische Erregung, veranlasst durch Berstung des Dampfesselrohres, und die dadurch nothwendig gewordene Unterbrechung der Sitzung, zurückzuführen. Am 12. Juni wurde in allzurascher Weise mit der Druckverstärkung vorgegangen, was bei mir Perturbations-Erscheinungen hervorrief, die sich durch Pulsbeschleunigung kund gaben. Am 20. Juni hatte ich im pneumatischen Apparate an der Herstellung des zerbrochenen Spirometers gearbeitet, wobei die Muskelbewegung eine Beschleunigung des Blutlaufes in den peripheren Gefässen, und daher Zunahme der Pulsfrequenz veranlasste. — Manche andere in die subtile Sphäre des Nerveneinflusses zu setzende Ursachen, geringe unbeachtet gebliebene Muskelbewegungen mögen wohl der Beobachtung und Aufzeichnung entgangen sein, und entziehen sich dadurch eingehender Beurtheilung. So mag — unter anderen — an dem Tage, an welchem bei mir das Maximum der Pulsbeschleunigung verzeichnet ist (11. Juni) eine gleichzeitig vorhandene Hemicranie nicht ohne Einfluss auf dieselbe gewesen sein.

Durch die von uns gegebene Erklärung der Verlangsamungs-Ursache der Circulation unter verstärktem Luftdruck, fällt für uns, da sie alle Veränderungen ungezwungen erklärt, vorläufig die Nothwendigkeit zur Annahme fort, dass in der Regel noch andere Ursachen maassgebenden Einfluss auf dieselbe ausüben, wie z. B. grössere Sauerstoffzufuhr zum Gehirn in Folge

des grösseren Sauerstoffgehaltes der eingeathmeten verdichteten Luft, — directe Herzreizung durch mechanischen Druck der erweiterten Lungen auf die Herzoberfläche — Vagusreizung durch Congestion nach dem Kopfe, wie solche Einbrodt bei seinen oft erwähnten, unserem Thema verwandten, doch nicht mit demselben identischen Untersuchungen ¹⁾ constatirte. — Unsere Deutung genügt, wie gesagt, vorläufig, um die von uns gefundenen Veränderungen zu erklären; doch mögen noch andere Ursachen für uns nur als unerwiesen betrachtet, hiermit jedoch keinesweges absolut ausgeschlossen sein.

Bei Erörterung der der Pulsverlangsamung zu Grunde liegenden Ursachen, sind jedoch auch wir von manchen bisher unerwiesenen Voraussetzungen ausgegangen, deren wir uns bedient, für deren Richtigkeit der Beweis und logische Zusammenhang jedoch erst im Verlaufe der vorliegenden Untersuchung hergestellt werden kann. So liegt es uns ob, die fragliche Verengerung der peripheren Gefässe und die Erhöhung des der Systole entgegengestellten Widerstands, des Blutdrucks — unter dem Einflusse der verdichteten Luft, zu erweisen.

Hierzu schien, — abgesehen von der Brauchbarkeit für eine Reihe anderweitiger Experimente — Marey's Sphygmograph sich in eminenter Weise zu eignen; denn, ist unser Erklärungsversuch der richtige, so muss die Pulswelle unter dem verstärkten Drucke der auf ihr lastenden Luftsäule, ganz bestimmte — schon a priori theoretisch festzustellende Veränderungen nachweisen lassen; überdiess schien diess Instrument auch viel versprechend, um die beste Auskunft über so manche wichtige, die Stärke, Gestalt, etc. des Pulses und die Veränderungen im arteriellen Blutdrucke betreffenden Fragen geben, und dieselben einer befriedigenden Lösung entgegenführen zu können. Wir schreiten dem-

¹⁾ Einbrodt (Op. cit. p. 373—376) durchschneidet die N. vagi, und da trat keine Verlangsamung der Pulsschläge und kein Herzstillstand, wie er ihn früher unter verstärktem Drucke beobachtet hatte, mehr ein. — Wurde eine in den Sinus longitudinalis eingeführte Canüle in Verbindung gesetzt mit einer mit Wasser gefüllten Glasröhre, so zeigte sich bei Zunahme des Luftdruckes ein bedeutendes Steigen, bei Abnahme desselben ein Sinken der in letzterer enthaltenen Flüssigkeit.

nach zum II. Abschnitte unserer Aufgabe, zur Erörterung der in dieser Richtung von uns angestellten Untersuchungen.

II. Untersuchungen über die graphisch darstellbaren Veränderungen des Arterienpulses bei Verstärkung des Luftdruckes.

Es ist mehrfach die Richtigkeit der mit Marey's Sphygmograph erhaltenen Pulswellenzeichnungen angezweifelt worden, und namentlich hat Meissner ¹⁾ eine Reihe von Einwänden gegen dieselben erhoben und insbesondere den in denselben ausgedrückten „Diastismus“ als ein „durch die Eigenschwingungen des Instrumentes erzeugtes Artefact“ bezeichnet. Von der Stichhaltigkeit sämtlicher gegen den Pulswellenzeichner vorgebrachten Einwendungen vorläufig ganz absehend, würden auch die demselben anhaftenden Fehler bei unserer vorliegenden Untersuchung in sofern nicht wesentlich in Betracht kommen und uns nicht von dessen Gebrauche abhalten, da es bei Bestimmung der durch die Veränderung des Luftdruckes hervorgerufenen Veränderung in der Circulation, für uns weniger auf die absolute Richtigkeit der Zeichnung, als vielmehr auf Constatirung der relativen Veränderungen ankäme, welchen die ursprünglich unter normalem Luftdrucke erhaltene Zeichnung, durch Verstärkung desselben unterliegt. — Es hat übrigens bereits Mach ²⁾, obschon er gewisse Mängel des Instrumentes hervorhob, die oben erwähnte Behauptung Meissner's als ungegründet bezeichnet und widerlegt, und hat Marey durch seine epochemachende medicinische Physiologie des Blutkreislaufes die glänzendsten Belege für die Wichtigkeit und vielseitige Brauchbarkeit seines Pulswellenzeichners selbst geliefert. Würde es nach den Beweisen, die Marey in diesem letzten Werke für die von ihm vertretenen Ansichten selbst gebracht, noch weiterer Belege bedürfen, so konnte eine unter wechselndem Luftdrucke angestellte vergleichende Untersuchung wie die vorliegende, einen guten Probirstein für deren Haltbarkeit abgeben, und es hat sich deren Anwendung auch, wie ich im Verlaufe der Ab-

¹⁾ Meissner, Henle und Meissner's Jahrb. über Anat. und Phys. 1859. S. 537.

²⁾ Ernst Mach, Zur Theorie der Pulswellenzeichner. Med. Jahrb. d. Zeitschr. d. Ges. d. Aerzte. 18. Jahrg. 1862. S. 47.

handlung nachweisen zu können hoffe, so glänzend bewährt, dass ich nicht umhin konnte, auch in Folge der durch meine eigenen Untersuchungen erlangten Resultate, die von Marey aufgestellten Sätze und Theorien — so weit dieselben bei dieser Arbeit Anwendung finden, nahezu unbedingt zu den meinigen zu machen.

Ehe ich auf die von mir gewonnenen Resultate übergehe, sei es mir erlaubt noch Einiges über die Behandlung des Sphygmographen vorzuschicken, da dessen richtige Handhabung die Berücksichtigung gewisser Vorsichtsmaassregeln und die Erlangung einiger technischer Kunstgriffe erfordert, deren baldige Aneignung jedoch keinen Schwierigkeiten unterliegt.

Auch hier war es wieder die Hauptaufgabe, die bei verschiedenem Luftdrucke gewonnenen autographen Zeichnungen stets unter identischen Verhältnissen, — bei gleicher Körperstellung, gleicher Lage der Hand und des Armes, mit gleichem Drucke des aufliegenden Hebels, und von der gleichen Stelle der Arterii zu erhalten.

Um keine abnormen Stauungen im Blutlaufe der zu untersuchenden Arterie — in unserem Falle der Radialschlagader — zu erzeugen, ist es von grösster Wichtigkeit, dieselbe in einer naturgemässen, ungezwungenen Stellung zu untersuchen. Die horizontale Körperlage zur Application des Sphygmographen zu benutzen, wie Marey diess zu thun pflegt ¹⁾, schien bei unserer Untersuchung nicht angezeigt, da diese Stellung nicht den Normalverhältnissen, unter welchen unsere anderweitigen Versuche angestellt wurden, entspricht. Es wurde daher nach vorher beobachteter Körperruhe, stets bei sitzender Stellung, der Vorderarm in ganz ungezwungener, mit der Volarfläche der Hand nach oben gerichteter, nahezu horizontaler Haltung, frei auf eine schienenartige hölzerne Unterlage gelegt, welche, — eigens für diesen Zweck hergerichtet, vom Ellenbogen gegen das Carpalgelenk zu, mässig ansteigend, — der oben beschriebenen Lage des Vorderarmes und Handrückens am besten entsprach. Der freie einspringende Winkel an der Dorsalfläche des Carpalgelenkes war durch ein kleines Polster ausgefüllt, um in dieser Ruhelage

¹⁾ Marey, Physiologie médicale etc. p. 246.

Hand und Vorderarm längere Zeit ohne Beschwerde und Ermüdung in möglichst natürlicher Stellung erhalten zu können.

Die Befestigungsschnur des Pulswellenzeichners wurde nur so fest angezogen, dass dieselbe keine sichtbaren Eindrücke auf dem Integumente des Armes zurückliess, der Zeichenstift aber das Papier in gleichweitem Abstände von dessen oberem und unterem Rande berührte, wodurch ein Maassstab gewonnen wurde, um beurtheilen zu können, dass und ob die auf der Radialarterie anliegende Pelotte stets mit gleicher Stärke an dieselbe angeedrückt werde.

Da es überdiess zur Vermeidung fehlerhafter Autogramme von grösster Wichtigkeit ist, dass die federnde Elfenbeinplatte genau immer die identische Stelle der Radialarterie, und zwar deren Mitte berühre, so wurden die *Contouren*, mit welchen das Instrument nach richtiger Application die Haut bedeckte, auf derselben mit rother Dinte nachgezeichnet, und da es sich als zweckmässig und sicherer erwies, das Sphygmograph nach jedem Versuche abzunehmen, und für den kommenden wieder neu anzulegen, so war auch dadurch die Möglichkeit geboten, zu jeder Zeit die Application an der bezeichneten, somit gleichen Stelle vorzunehmen.

Der mir zur Verfügung gestandene Pulswellenzeichner war ein zu Paris von Bréguet, genau nach Marey's Vorschrift (also ohne Mach's verbesserte Modification) verfertigtes Original-Instrument. Es wog 220 Grammes, war 17 Centimeter lang und dessen Uhrwerk lief bei der angegebenen, nicht ganz horizontalen, sondern etwas erhöhten Lage des Vorderarmes, im Mittel in 14 Secunden ab. Da nun die Originallänge des Papierstreifens 14 Centimeter betrug, in den weiter unten in natürlicher Grösse abgebildeten Zeichnungen aus Raumersparniss aber nur 11 Centimeter davon wiedergegeben sind, so entspräche die Gesamtlänge jeder unserer Curvenzeichnungen einem Zeitraume von etwa 11 Secunden. Ich muss jedoch von vorn herein bemerken, dass Berechnungen über die Zeitdauer Einer Pulsation aus obigen Angaben unzulässig sind, da ich das von mir benutzte Instrument zur Controllirung der Pulsfrequenz durch die Anzahl der abgebildeten Curven nicht geeignet fand. Trotz aller von meiner Seite angewandten Vorsichtsmaassregeln lief das Räderwerk nicht stets in dem

oben als Mittelwerth angegebenen Zeitraume, sondern bald etwas schneller, bald etwas langsamer ab. Es ereignete sich daher nicht selten, dass die in verdichteter Luft erwiesenermaassen seltenere Pulsfrequenz auf dem Papiere des Sphygmographen durch eine grössere Anzahl Pulscurven repräsentirt erschien, als die zuvor unter normalem Luftdruck abgenommene, einem schnelleren Pulse entsprechende Curvenzeichnung.

Statt des berussten Papieres, wurden nach Art der Visitenkarten zu diesem Zwecke präparirte, geglänzte Papierstreifen benutzt, auf welche der mit dünner Carmindinte benetzte Zeichenstift die Hellschwingungen übertrug.

Die nachfolgend mitgetheilten Erfahrungen sind die Resultate von mehr als 400 Pulswellenzeichnungen, welche etwa 100 an den verschiedensten Personen angestellten Einzelversuchen entsprechen. Die Curven wurden auf die oben beschriebene Weise auch hier wieder für jeden Versuch meist 4 Mal zu den bekannten, für die Luftdrucksveränderung maassgebenden Zeitabschnitten (mitunter auch noch öfter in Einer Sitzung) abgenommen, und der Kürze halber die analogen bei Erörterung der Pulsfrequenz befolgten Bezeichnungen beibehalten. Es wurden daher die vor der Sitzung unter normalem Luftdruck gewonnenen Pulscurven stets mit a, die in verdichteter Luft bei Erreichung des Druckmaximums abgenommenen mit b, die dem Schlusse des stationären Druckmaximums entsprechenden mit c, die nach der Sitzung unter normalem Luftdruck erhaltenen mit d bezeichnet. Wurden in den Zwischenzeiten noch mehr Versuche angestellt, so ward für die intermediären Curven, dem Zeitabschnitte entsprechend, die Bezeichnung a_1 , a_2 , a_3 etc. für das Stadium des ansteigenden Druckes, b_1 , b_2 , b_3 etc. für das Stadium des constanten Druckmaximums, c_1 , c_2 , c_3 für das Stadium des abnehmenden Druckes gewählt. — Die gleichzeitige Angabe der Versuchsperson und des Beobachtungstages ermöglicht einen Vergleich mit den früher erörterten Aufzeichnungen über die Pulsfrequenz.

Die Versuche wurden vom 30. April bis 17. Juni 1864, d. i. so lange täglich fortgesetzt, bis die Richtigkeit der erlangten Resultate keinem Zweifel mehr unterliegen konnte. Es zeigte sich auch bald eine so grosse Uebereinstimmung in der Veränderung der Curvengestalten, dass es vollkommen genügen wird, aus der

zahlreichen Menge der mir vorliegenden Pulswellenzeichnungen nur eine Reihe ganz besonders charakteristischer herauszuheben. (Taf. XI. Fig. I. II. III. IV. V. VI. VII. VIII. IX. X. XI. XII.)

Ein flüchtiger Blick auf die nachstehend mitgetheilten Curven ergibt bereits, dass dieselben unter dem Einflusse eines verstärkten Luftdruckes ganz bemerkenswerthe Modificationen ihrer ursprünglichen Gestalten erleiden; eine schärfere Betrachtung zeigt aber alle Theile der Curven so wesentlich verändert, dass deren Erörterung eine eingehende Zergliederung der einzelnen Curvenabschnitte nothwendigerweise erheischt.

Wir sehen, dass bei sämmtlichen Wellenlinien (Fig. I. bis XII.) übereinstimmend, in verdichteter Luft die Höhe (Amplitude nach Marey) der Curven abnimmt, die ursprünglich mehr weniger steile Ascensionslinie schräger wird, der Gipfel abgerundeter erscheint, und die in Folge der Verminderung der Amplitude auch weniger steil abfallende Descensionslinie endlich sich aus einer wellenförmig gekrümmten, in eine gerade, mehr weniger nach oben zu convexe Linie umgewandelt hat. In Folge der Verminderung der Wellenhöhe wird auch der durch die Vereinigung des auf- und absteigenden Curvenstückes gebildete, unter normalem Luftdruck meist gegen 45° betragende Winkel, namhaft abgestumpft, wie auch als Folge des schrägeren Ansteigens der Ascensionslinie, der Gipfel (Scheitel) der Curve mehr nach rückwärts, gegen deren Mitte gerückt erscheint, ja mitunter die ganze Curve den Anschein eines Bogensegmentes dadurch erhält (siehe z. B. Fig. VIII. Dr. L. Curve c).

Die eben beschriebenen Veränderungen stehen in direct proportionalem Verhältniss zur Stärke des Luftdrucks und zur Dauer des Aufenthalts in verdichteter Luft, und werden daher um so prägnanter und intensiver, je höher der Luftdruck und je länger die Aufenthaltsdauer. Wir finden daher, dass das bereits nach 20 Minuten bei Erreichung des Druckmaximums (b) deutlich ersichtliche Schrägerwerden der Ascensionslinie, Kleinerwerden der Wellenhöhe, Runderwerden des Gipfels und die Verwandlung der wellenförmigen Descensionslinie in eine gerade oder einfach nach oben convexe Linie, — binnen $1\frac{1}{2}$ Stunden, d. i. nach 1stündiger Einwirkung des constanten Druckmaximums (c) noch schärferen Ausdruck erhalten hat, so dass die Pulswellenzeichnung dann

mitunter nahezu linienförmig erscheint (Fig. I, b, II, b, III, c, Fig. VI, c) ¹⁾.

Bei Rückkehr zum normalen Luftdruck, unmittelbar nach der Sitzung geht die Curve (d) entweder wieder vollständig, oder nur theilweise auf ihre ursprüngliche Gestalt zurück, oder, was nicht zu den Seltenheiten gehört, die einmal angenommenen Veränderungen der Wellengestalten haben sogar noch eine Zunahme erfahren (Fig. VI, d, Fig. VII, d).

In keinem Falle aber konnte es mir gelingen, diese als dauernde (bleibende) Veränderung der Curve nachzuweisen, sondern es erstreckt sich die am Schlusse der Sitzung beobachtete Nachwirkung — übereinstimmend mit unseren für die Pulsfrequenz erhaltenen Resultaten, — im günstigsten Falle auf die Dauer weniger Stunden. Die weiter unten abgebildete Curve d₁ der Fig. XIX. liefert ein Beispiel, wie sich nicht unmittelbar, sondern erst 20 Minuten nach Wiederherstellung des normalen Luftdruckes die ursprünglich vor dem Aufenthalte in verdichteter Luft unter a beobachtete Curvengestalt wieder herstellt, während desgleichen die Curve d₁ der Fig. XX. nach $\frac{1}{2}$ stündigem Verweilen unter normalem Luftdrucke die Wiederkehr der ursprünglichen Gestalt noch kaum andeutungsweise erkennen lässt.

Zur Bestätigung des oben gefällten Ausspruches, dass die nach der Sitzung etwa übriggebliebene Spur einer Nachwirkung schon nach Verlauf von mehreren Stunden erlischt, mögen die am 26. Mai an mir selbst erhaltenen Curven XIII. und XIV. dienen,

¹⁾ Wilh. Winternitz hat in einer jüngst veröffentlichten Arbeit (Ein Beitrag zur rationellen Begründung einiger hydrotherapeutischer Proceduren, Med. Jahrbücher der k. k. Ges. der Aerzte zu Wien. Jahrg. 1865. I. Hft. S. 1—20) mit dem Sphygmograph Versuche angestellt über die Veränderungen, welche die normale Radial-Pulscurve durch locale äussere Kälteapplication auf den Oberarm erleidet. Ich war nun höchlich überrascht, in den daselbst dargestellten Fig. 14 und 15 S. 12, und Fig. 16 und 17 S. 13, in welchen die Wirkung des kalten Umschlages zum Ausdruck gelangt, ein getreues Abbild der von mir durch Verstärkung des Luftdruckes an der Pulsstelle erzielten Veränderungen wiederzufinden. Diese Uebereinstimmung der beiden auf verschiedene Weise erhaltenen Pulscurven ist höchst bezeichnend, da das Zusammentreffen der Druckverstärkung und der localen Kälte in einer gemeinsamen Wirkung auf die peripheren Gefässe eben so sehr mit der Theorie im Einklange steht, als es für die praktische Anwendung von grosser Wichtigkeit erscheint.

an welchem Tage versuchsweise 2 Sitzungen in verdichteter Luft genommen worden waren.

Vergleiche ich die an jenem Tage vor der ersten Sitzung Morgens um 8 Uhr abgenommene Curve der Fig. XIII. mit der entsprechenden, vor der zweiten Sitzung, d. i. um 2½ Uhr Nachmittags abgenommenen Curve a der Fig. XIV, so ist kein wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Wellenlinien zu erkennen. Es ist mithin nach dem Zeitraume von 4½ Stunden keine Spur der um 10 Uhr an Curve d der Fig. XIII. noch ange-deuteten Nachwirkung mehr nachweisbar, — daher auch selbst-verständlich eine solche auch an den von einem Tage zum andern aufgezeichneten Wellenzeichnungen nicht zur Beobachtung gelangt.

Um nun die Bedeutung der eben gefundenen Unterschiede richtig erfassen zu können, müssen wir uns die erzeugenden Momente der Curven, als deren Ausdruck diese resultiren, vergegen-wärtigen.

Das ansteigende Wellenstück, welches bekanntlich mit der Herzsystole zusammenfällt, verdankt seine Entstehung der durch die Herzcontraction vorwärts geschleuderten Blutwelle, welche, nach allen Richtungen auszuweichen strebend, theils in der Strom-richtung vorwärts drängt, theils einen excentrischen Druck auf die Wandungen der Gefässe ausübt, und dieselben erweitert. Das aufsteigende Curvenstück, die Ascensionslinie, entspricht demnach der Arteriendiastole, und der Zunahme des Blutdruckes in dem Gefässe von dessen Minimum bis zum Maximum. Je leichter nun der Abfluss des Blutes in den Capillaren erfolgt, je rascher das-selbe in den Arterien vorwärts getrieben wird, um so leichter kann sich das Herz zusammenziehen, da der sich der Herzsystole entgegenstellende, durch den Blutdruck repräsentirte Widerstand ein um so kleinerer wird, und bekanntlich jeder Muskel sich um so leichter und schneller zusammenzuziehen vermag, je geringe-ren Kraftaufwand seine Leistung erfordert. In desto kürzerer Zeit wird also dann die Expansion der Arterie erfolgen, und wenn die Zeit vom Momente des Ansteigens des Blutdruckes bis zu dessen Höhepunkte (zum Maximum der Expansion) eine sehr geringe ist, wird diess in der Steilheit des aufsteigenden Curvenstückes seinen Ausdruck finden; ja wenn die Zeitdauer eine so geringe, dass sie im Vergleich zum Laufe des Zeichenpapiers nicht in Betracht

kommt, nicht messbar ist, so wird die Ascensionslinie vollkommen vertical erscheinen, wie diess unter normalen Verhältnissen beinahe stets der Fall ist (Fig. I, a). Da wir aber bei unseren unter verstärktem Luftdrucke erhaltenen Zeichnungen ein Schrägerwerden der Ascensionslinie beobachten, so ergibt uns diess Resultat, dass der Widerstand, welcher sich der mit der Herzsystole ausgestossenen Blutwelle entgegenstellt, zugenommen hat, indem der Abfluss des Blutes in den Capillaren gehemmt ist, dass demnach die Herzsystole weniger rasch vor sich geht, dass die Blutwelle nur langsam in die Arterie gelangt, demnach auch keine plötzliche, sondern nur eine allmähliche Erweiterung der Arterie erfolgt.

Der Gipfel der Curve, welchen wir hier nicht als mathematischen Punkt, sondern als ein durch die Convergenz der auf- und absteigenden Wellenlinien gebildetes, deren Endstücke in sich fassendes Curvenstück betrachten wollen, zeigt uns denjenigen Moment, in welchem die durch das nachdrängende Blut auf dem Maximum der Dilatation angekommene Arterie in Folge der ihr innewohnenden Contractilität den ihr entgegenwirkenden Blutdruck überwindet, und durch ihre Zusammenziehung der Blutwelle einen neuen Impuls verleiht. Ist nun der Widerstand, welchen die Blutwelle an dem vom Herzen abgewandten Arterien-Stücke erfährt, nur ein geringer, so wird das Abströmen des Blutes im Sinne der Stromrichtung — vom Herzen gegen die Peripherie — leicht und rasch erfolgen, der Blutdruck in der Arterie rasch sinken, und diese sich rasch zusammenzuziehen vermögen. Je mehr diess stattfindet, um so spitzer wird der Gipfel der Pulswelle erscheinen müssen, wie diess z. B. an der normalen Pulscurve a. der Fig. I. sehr schön ersichtlich ist. — Unter verstärktem Luftdrucke findet aber das Gegentheil statt, und der ursprünglich spitze Winkel verwandelt sich, wie wir gesehen, in einen mehr oder weniger stumpfen, ja mitunter in einen Bogen, welcher letzterer Fall besonders dann eintritt, wenn durch die bedeutende Schrägheit der Ascensionslinie der Höhepunkt des Scheitels erst gegen die Mitte der Curve zu stehen kommt (siehe die weiter unten abgebildeten Curven Fig. XVb, Fig. XVIb und Fig. XVIIc)¹⁾. Es hat sich mithin

¹⁾ Sehr ähnlich sind diese Curven mit denjenigen, welche Marey bei Embolie und Aneurysmen erhielt, und in seiner Physiologie médicale als Figg. 57, 134, 137—139, 146, 148 und 153 abbildet.

die bereits im aufsteigenden Stücke der Curve, durch dessen schräges Ansteigen unter verstärktem Luftdrucke ausgedrückte Vermehrung des Widerstandes, welchen die anströmende Blutwelle in ihrem Stromlaufe erfährt, auch auf das Gipfelstück der Curve fortgepflanzt. Die durch den allmählig wachsenden Blutdruck allmählig bis auf ihr Maximum dilatirte Arterie vermag den Widerstand, welcher durch das gehemmte Abfließen des in ihrem, vom Herzen abgewandten Stücke fließenden Blutes, erzeugt wird, nicht durch rasche Contraction plötzlich zu überwinden, sondern es gelingt ihr nur allmählig mit Hülfe der ihr innewohnenden Elasticität, dem durch das Abströmen des Blutes abnehmenden Blutdruck zu folgen, und durch ihr Bestreben sich zusammen zu ziehen, zum erneuerten Vorwärtsschieben der eingeschlossenen Blutwelle beizutragen. Ja wenn das dem abströmenden Blute entgegenstehende Hinderniss so bedeutend wird, dass dessen Ueberwindung längere Dauer in Anspruch nimmt, so kann ein Moment eintreten, in welchem sich Zu- und Abfluss compensiren, das Gleichgewicht halten, und, da dann gleichviel Blut zu- und abströmt, der durch längere Zeit gleichbleibende Blutdruck die Arterie auch einige Zeit auf dem Maximum der Tension erhält. In diesem Falle wird dann der ursprünglich spitzwinklige Gipfel weder stumpf noch bogenförmig werden, sondern eine mehr weniger horizontale Linie (ein Planum, Marey's „Plateau“) darstellen, wie solches als Regel bei jenen Arterien angetroffen wird, wo Verknöcherung, atheromatöser Prozess etc. den Verlust ihrer Elasticität bedingen. Ein bezeichnendes Bild für diese letztere unter normalem Luftdruck erhaltene Pulsform gibt uns die Fig. Va, welche Hrn. H—y, einem sonst gesunden, 57 Jahre zählenden Manne entnommen, bereits alle charakteristischen Merkmale des sogenannten „Pulsus senilis“ darbietet. — Als Effect eines verstärkten Luftdruckes finden wir sie aber bei Hrn. R., Fig. VI.b und c, und bei Hrn. J. G., Fig. X.b, angedeutet.

Bei Hrn. H—y, dessen Puls bereits unter normalem Luftdruck die Ebene des Gipfels zeigt, verschwindet diese unter verstärktem Luftdruck, indem sie sich dann mit der Ascensionslinie zu einem stark gewölbten Bogen verbindet (Fig. V.b)¹⁾ und eben in dieser

¹⁾ Die Linie b der Fig. V ist ein getreues Abbild der von Marey in seiner *Physiologie médicale* als Aorten-Stenosen-Pulse p. 501 abgebildeten Figuren

Erscheinung ein neues Zeichen geschwächter Widerstandskraft, — mangelnder Elasticität bekundet.

Aus der oben erwähnten, durch Verschiebung des Gipfels nach rückwärts ausgedrückten Verlängerung der Dauer der Herzsystole, der allmäligen Expansion der Arterie, dem langsamen Ansteigen der Pulswelle bis zu ihrem Maximum und der durch die Abrundung des Gipfels erkennbaren eben so allmäligen Abnahme derselben, ergibt sich die von den alten Aerzten, — im Gegensatz zu dem rasch und schnellend an den tastenden Finger anprallenden Pulsus celer, — „Pulsus lentus“ benannte Pulsform, welche demnach als solche in comprimierter Luft, und als Effect derselben im pneumatischen Apparate zur Beobachtung gelangt. Charakteristische Beispiele eines solchen, und durch die mehrfach erwähnte Bogenform ausgezeichnet sind die 3 Curven Fig. XV.b, Fig. XVI.b und Fig. XVII.c.

Das absteigende Wellenstück der Pulscurve, welches der Herzdiastole entspricht, zeigt uns die mit der Schliessung der Semilunarklappen beginnende und durch das gleichzeitige Abströmen des Blutes aus den grösseren Arterien gegen die Capillaren veranlasste Abnahme des Blutdruckes in der Arterie, wobei diese aus ihrem Kampfe gegen den Blutdruck siegreich hervorgeht, und vermöge ihrer Elasticität, durch Verwandlung ihrer Spannkraft in lebendige Kraft, sich auf das von ihrem Blutgehalte und ihrer Grösse abhängige Minimum ihres Calibers zusammenzieht. Die verschiedenartige Gestalt der Descensionslinie, je nachdem sie welliggekrümmt, geradlinig, schräg oder gar nach oben convex gekrümmt ist, mehr oder weniger steil abfällt, gibt uns einen Maassstab für die grössere oder geringere Leichtigkeit, mit welcher das Abströmen des Blutes nach den Capillaren erfolgt. Die unter normalem Luftdruck vor dem Aufenthalte in verdichteter Luft erhaltenen Pulscurven (I.—XVII.a) zeigen insgesamt den oscillirenden Charakter in mehr oder weniger deutlich ausgeprägter Form, den sogenannten, nur in ganz exquisiten Fällen auch für den tastenden Finger als Doppelschlag fühlbaren, Dicrotismus, welcher sich jedoch seltener als 2fache, meist als 3-, ja mehrfache Welle zu erkennen gibt.

182 bis 185, wie auch der in Duchek's Abhandlung S. 63 abgezeichneten Fig. 19.

Diese Oscillationen der Descensionslinie, welche desshalb, wie mich dünkt, passender mit dem Namen „Policrotismus“ zu bezeichnen wären, und welche, wie wir später zu beweisen gedenken, als reine, von der Contractilität der Arterien abhängende Interferenzerscheinung anzusehen sind, erzeugt durch die stete Aufeinanderfolge abwechselnd in centripetaler und centrifugaler Richtung oscillirender Wellen der mit einmal angenommener Geschwindigkeit vorwärts drängenden, die Arterie mehr minder erweiternden Flüssigkeitssäule, — dieser Policrotismus, ist um so deutlicher ausgeprägt, je geringer der relative Blutgehalt des Gefässes im Vergleiche zur Grösse seines Lumens überhaupt, und je rascher das Blut durch- und abströmt. Alle jene Momente, welche beschleunigend auf den Kreislauf einwirken durch Erweiterung der peripheren Gefässe (Wärme, Bewegung, Nahrungsaufnahme, Fieberhitze etc.), haben, indem sie durch Erweiterung des Strombettes das Abströmen des Blutes nach den Capillaren erleichtern, den relativen Blutgehalt der Gefässe vermindern, und die Stromgeschwindigkeit vermehren, auch eine Vermehrung des Policrotismus zur Folge, da begreiflicher Weise eine durch grossen Blutgehalt und starken Blutdruck in eine gewisse Spannung versetzte Wandung der Arterie, ein weniger günstiges Moment für die Fortpflanzung von Schwingungen abgibt, als eine solche die entgegengesetzten Eigenschaften darbietet, und vermöge ihres geringen Blutgehaltes ein Ausprägen der elastischen Nachwirkung aufeinanderfolgender Wellen an den, gleichsam schlaffen Gefässwänden begünstigt. So findet sich in Folge der durch das unmittelbar vorher eingenommene warme Frühstück erzeugten Erweiterung der peripheren Gefässe der Policrotismus an der Curve a unserer Fig. III. viel deutlicher ausgeprägt, als an der entsprechenden Curve a der bei Abstinenz erhaltenen Fig. IV. — Aus dem gleichen Grunde ist auch ungeschwächte Elasticität der Gefässwandung eine unumgängliche Bedingung für dessen Erzeugung, während Mangel an Elasticität — wie bei Greisen — sich auch durch Fehlen des Dicrotismus kund gibt ¹⁾).

¹⁾ Marey hat in vielen Beispielen den Einfluss der Kleidung, Bewegung, Wärme, des Fiebers etc. auf die Zunahme des Dicrotismus abgebildet, im Gegensatze hierzu jedoch auch andererseits gezeigt (Physiol. méd. p. 275), dass bei lang-

Während wir also den Policrotismus als normale, mehr weniger deutlich ausgeprägte Eigenschaft des normalen Pulses unter natürlichem Luftdrucke gefunden haben, ergibt sich aus unseren Curven als Effect des verstärkten Luftdruckes, dass dieser ein Verschwinden des Policrotismus und eine Verwandlung der wellenförmigen Descensionslinie in eine geradlinige, mehr minder nach oben convexe Linie (wie diess sehr schön an Fig. XII. a, b und c ersichtlich ist) zur Folge hat.

Wir haben somit auch hier, an dem letzten Curvenstücke das Merkmal einer Stauung des Blutes in dem Gefässe, eines gehinderten Abflusses nach den Capillaren, — in gleicher Weise wie wir diess an dem aufsteigenden und dem Gipfelstücke der Curve gefunden; der erhöhte Blutdruck vermehrt die arterielle Spannung derselben, die relative Vermehrung des Blutgehaltes in dem durch äussere Druckverstärkung verkleinerten Gefässe hindert dasselbe, grössere Veränderungen in seinem Lumen einzugehen, die Oscillationen der in stärkere Spannung versetzten Gefässwand verschwinden, die Descensionslinie fällt weniger steil ab, und gestaltet sich zu einer einfach schrägen nach oben zu bogenförmig gekrümmten. Die Expansionsperiode dauert mithin länger, und der gegen die Gefässwand andrängende Blutdruck nimmt nicht wie im Normalzustande rasch, sondern nur allmählig ab.

Während, wie Marey ¹⁾ gefunden hat und dessen von einem Herzkranken abgenommene Pulswellenzeichnung Fig. 80 zeigt, der Dicrotismus um so grösser ist, je kleiner die vom Ventrikel fortgeschleuderte Blutwelle im Vergleich zum Lumen der Arterie ist, verschwindet aus demselben Grunde bei unserem gegensätzigen Verhältnisse der Dicrotismus, da, wie bereits erwähnt, die durch äusseren Druck verkleinerte, daher zwar absolut weniger Blut führende Arterie, relativ zum verkleinerten Lumen stärker mit Blut gefüllt erscheint.

Mit Rückkehr unter normale Druckverhältnisse stellt sich entweder mit abnehmendem Luftdrucke die ursprüngliche Gestalt der Descensionslinie sogleich wieder her, und die einfach convexe Li-

samem Anströmen des Blutes, wie z. B. bei Aorten-Stenose der Dicrotismus abnimmt oder gänzlich fehlt.

¹⁾ Marey, *Physiol. médic.* p. 278.

nie nimmt allmählig wieder ihren früheren Policrotismus an, oder die einmal angenommene Form erhält sich noch einige Zeit und bedarf mitunter 1 bis 2 Stunden, um allmählig wieder auf ihre frühere Gestalt zurück zu gehen.

Sehr schön stellen sich die eben erörterten Verhältnisse an den am 19. u. 21. Mai erhaltenen Zeichnungen (Taf. XII. Fig. XVIII. und XIX.) dar, welche, da überdiess an diesen Tagen kein Frühstück eingenommen worden war, die Wirkung des verstärkten Luftdruckes in reinster Gestalt hervortreten lassen, und uns, da für diese Versuche eine grössere Anzahl Pulscurven abgenommen wurde, den Uebergang der normalen in die veränderte Curve und den eben so allmählichen Rückgang der veränderten in die ursprüngliche Normalgestalt, mit allen vorhin als charakteristisch bezeichneten Merkmalen erkennen lassen.

Die 20 Minuten nach Wiederherstellung der normalen Luftdrucks-Verhältnisse abgenommene Curvenlinie der Fig. XIX. zeigt überdiess, wie bei jenem Versuche nicht unmittelbar bei Rückkehr unter normalen Luftdruck, sondern erst nach Verlauf von 20 Minuten die bei a beobachtete ursprüngliche Curvengestalt wieder auftritt.

Nicht minder bezeichnend ist die Fig. XX., deren Bild der am 7. Juni erhaltenen Fig. IV. vollkommen analog ist, bei welcher jedoch unmittelbar bei Rückkehr unter normale Druckverhältnisse (d) und selbst noch $\frac{1}{4}$ Stunde nachher (d₁) die ursprüngliche Curvengestalt noch nicht vollkommen hergestellt erscheint.

Wir haben bei unserer bisherigen Analyse der Pulswellen ein Moment unberücksichtigt gelassen, nämlich jene nicht unbedeutende Veränderung, welche die Scheitelhöhe (Amplitude) der Curve durch Verstärkung des Luftdruckes erfährt. Der Klarheit der Darstellung wegen haben wir deren Erörterung bis zu jener über die Stärke des Pulses aufgespart. — Die Stärke, — richtiger ausgedrückt die Grösse des Pulses, ergibt sich nämlich aus der Scheitelhöhe der Blutwelle, d. i. dem Maximum der Höhe, und welche nach Marey ¹⁾ proportional ist der Energie der Pulsation. Wie wir aus allen bisher abgebildeten Curvendarstellungen übereinstimmend entnommen haben, wird durch den Aufenthalt in verdichteter Luft die Amplitude der Pulswelle namhaft kleiner, und nimmt

¹⁾ Marey, *Physiol. médic.* p. 227.

oft um $\frac{4}{5}$ — $\frac{5}{6}$ ihrer ursprünglichen Höhe ab, so dass die ganze Aufeinanderfolge der aufgezeichneten Pulswellen dadurch in eine oft nahezu gerade, die einzelnen Wellen kaum andeutende Linie verwandelt erscheint (Fig. I. b, Fig. II. b, Fig. III. c, Fig. IV. c). Diese Abnahme der Amplitude nimmt proportional mit der Stärke der Luftverdichtung und der Länge der Aufenthaltsdauer in verdichteter Luft zu, und wird daher auch das Minimum der Amplitude meist am Ende des stationären Druck-Maximums (c) nach $1\frac{1}{2}$ stündigem Aufenthalte in verdichteter Luft beobachtet. Ausnahmsweise nimmt die Amplitude auch bei Rückkehr unter normalen Luftdruck (bei d) noch stetig ab (Fig. IV. d, Fig. VII. d), um sich erst nach längerem Aufenthalt unter normalem Drucke wieder normal zu gestalten. Ebenso ausnahmsweise erreicht die Amplitude schon bei b ihr Minimum, und beginnt bereits während des Stadiums des constanten Druck-Maximums sich allmählig zu erheben, wenngleich ohne die ursprüngliche Höhe zu erreichen (Fig. XVIII c).

Die Veränderung, welche der Puls hiemit eingegangen, lässt sich auch durch das Gefühl in auffallender Weise wahrnehmen, indem in den meisten Fällen der vor dem Eintritt in den pneumatischen Apparat normal befundene Puls, in verdichteter Luft dem tastenden Finger als nahezu unfühlbar, als wahrer „pulsus debilis“ erscheint.

Es kommt mit Bezug auf letzteren Punkt freilich zu beachten, dass die weiter oben beschriebene Umwandlung des Pulses in einen Pulsus lentus, wie wir solche im pneumatischen Apparat (Fig. XV. b, Fig. XVI. b, c, Fig. XVII. c), ferner unter normalem Luftdruck bei gewissen krankhaften Prozessen, als: Aneurysmen, Embolie etc. beobachten, als solche eine Täuschung für den tastenden Finger hervorruft, welcher, selbst bei gleichbleibender Scheitelhöhe des Pulses, wie Marey richtig bemerkt¹⁾, ihn für desto stärker zu halten veranlasst wird, je rascher schnellend die Blutwelle anschlägt, je rascher die Herzsystole stattfindet, — während andererseits der Puls ihm um so schwächer dünkt, je langsamer die Expansion der Arterie, je allmählicher das Zu- und Abströmen der Blutwelle, das Steigen und Sinken des Blutdruckes in dem Gefässe erfolgt. — Nachdem aber in unserem Falle die durch das

¹⁾ Marey, Phys. méd. etc. p. 243.

Gefühl wahrnehmbare Abnahme der Pulsstärke unter verstärktem Luftdruck auch durch bedeutende Erniedrigung der Scheitelhöhe der Pulscurve bestätigt wird, so ist durch diesen Befund eine Verminderung der Pulsstärke an sich als erwiesen zu betrachten.

Wir hätten nun die bedingende Ursache jener Verminderung der Pulsstärke unter verstärktem Luftdruck in das Bereich unserer Untersuchung zu ziehen. In erster Linie konnte wol hiebei an eine geschwächte Herzaction selbst, als ursächliches Moment für die Abnahme der Pulsstärke in verdichteter Luft, gedacht werden, etwa erzeugt durch die Erhöhung der Widerstände, welche die Verstärkung des atmosphärischen Druckes durch Compression sämtlicher peripheren Gefässe, im ganzen arteriellen Systeme hervorruft. Eine Stütze für eine derartige Annahme schien auch in der von mir bereits an einem andern Orte¹⁾ mitgetheilten Thatsache zu liegen, dass unter verstärktem Luftdruck die Inspection und Palpation den Herzimpuls schwächer erscheinen lässt, während gleichzeitig auch die Herztöne dem auscultirenden Ohre schwächer, gleichsam entfernter erscheinen.

Es ist jedoch durch diese Thatsachen noch keineswegs entschieden und bewiesen, dass eine Veränderung in der Stärke des Herzstosses stattgefunden habe, denn einerseits unterliegt gerade eine sichere und beweisende Bestimmung über Veränderung der Intensität der Herzcontractionen den grössten Schwierigkeiten, andererseits kann das oben bei Aufenthalt in verdichteter Luft, für Gesicht, Gefühl und Gehör constatirte Schwächerwerden des Herzstosses und der Herztöne ein nur scheinbares sein, und könnte, wie ich bereits in der erwähnten Abhandlung darauf hingewiesen, als eine einfache Folge der durch Verstärkung des Luftdruckes stattfindenden Verdrängung des Herzens, bedingt durch Vergrösserung der Lungencapacität und das Vorlegen des linken vorderen Lungenrandes, erklärt werden.

Da mithin die mitgetheilten Thatsachen nicht genügen, um einen sicheren Aufschluss über die von uns angeregte Frage zu geben, überdiess aber die neueren Untersuchungen von Cl. Bernard,

¹⁾ Vivenot, Ueber den Einfluss des verstärkt. und vermind. Luftdruckes etc. Med. Jahrbücher der k. k. Gesellschaft der Aerzte zu Wien. Jahrg. 1865. Heft III. S. 207.

Donders und Marey zur Evidenz erhoben haben, dass gewisse Veränderungen der Circulation in der Regel in den Gefässen selbst ihren Ursprung finden, und für deren Erklärung nur in seltenen Fällen auch Veränderungen der Intensität der Herzaction anzunehmen sind, so wollen wir vorläufig die Frage: „ob durch Verstärkung des Luftdruckes auch die Impulsionskraft des Herzens, eine Aenderung erfahre?“ unerörtert lassen, und uns vorerst bloss auf die nachweisbaren Veränderungen in der Intensität des Radialpulses beschränken, versuchend, ob diese nicht durch locale Veränderungen in und an der Arterie selbst erklärt werden können, und ob nicht auch bei gleichbleibender Stärke des Herzimpulses die auf mechanische Weise erzeugte, durch die äussere Druckverstärkung verursachte Aenderung in dem wechselseitigen Verhalten von Gefässwandung und -Inhalt, d. i. der Gefässcontractilität und des Blutdruckes, die oben von uns nachgewiesenen Wirkungen zu erzielen vermag?

Es schien zu diesem Zwecke gerathen, ein Experiment zu Hülfe zu nehmen, und das im Organismus so complicirte Problem durch Herstellung einer „künstlichen Vorrichtung“ zu vereinfachen, welche uns gestatten konnte nur 2 bestimmte Factoren, die Gefässcontractilität und den Blutdruck in's Auge zu fassen, alle anderweitigen störenden Momente (als: Nerveneinfluss, Veränderung der Herzstoss-Intensität etc.) auszuschliessen. Es sollte die Vorrichtung überhaupt auch dazu dienen, einen Prüfstein für die eventuelle Richtigkeit der von uns bisher über die Wirkungen der Luftverdichtung auf die Circulation gegebenen, vom rein mechanischen Standpunkte aufgefassten Erklärungsversuche abzugeben, und erschien überdiess auch als besonders geeignet, um zur Lösung der so vielfach discutirten Frage „über die Entstehung des Dicrotismus“ in entscheidender Weise beizutragen.

Es wurde daher, als einfachstes, zur Erfüllung unserer daran gestellten Bedingungen geeignetes Schema, ein in eine etwa 50 Centimeter lange Kautschouck-Röhre auslaufender Kautschouck-Ballen benutzt, Ballen und Röhre, ohne deren natürliche Spannung zu erhöhen, unter normalem Luftdruck ganz mit Wasser gefüllt, und an dem einen freien Ende mittelst Bindfaden geschlossen.

Wir hätten mithin ein isolirtes Herz (Ballen) und eine von demselben abgehende Arterie (Röhre), welche mit einer bestimm-

ten Menge Blut (Wasser) gefüllt, sich in einem mässigen Spannungszustande befand. An die Röhre (in unserem Falle die Radialarterie) wurde das Sphygmograph in der bekannten Weise befestigt, und mittelst eines in gleichen Intervallen stets von der gleichen Höhe auf den Kautschouk-Ballen fallenden Gewichtes, ein gleichmässiger Druck auf denselben erzeugt, welcher sich, den Gesetzen der Wellenbewegung gemäss, auf Inhalt und Wandungen des Balles und der Röhre fortpflanzte (Pulswelle), und, einem gewöhnlichen Pulse gleich, sich auf dem Zeichenpapiere des Sphygmographen als Reihenfolge von Wellen darstellen liess.

Wir hatten auf diese Weise einen unter allen Verhältnissen gleich stark bleibenden Herzimpuls nachgeahmt, und demnach bei unserem Experimente den Einfluss einer etwaigen Veränderung in der Intensität des Herzimpulses eliminirt. Setzt man unter den eben beschriebenen Verhältnissen — unter normalem Luftdrucke — das Uhrwerk des Pulswellenzeichners in Gang, so erhielt ich die erste der in Fig. XXI.a dargestellten Curvenzeichnungen.

Alle charakteristischen Merkmale der von uns unter normalem Luftdrucke erhaltenen normalen Pulscurven, steile, verticale Ascensionslinie, hoher und spitzwinkliger Gipfel, welliggekrümmte Descensionslinie, als Zeichen geringen Flüssigkeits-Inhaltes in weitem Rohrgefässe, daher consecutiv geringer Druck der Flüssigkeit auf Gefässwandung und geringe Spannung der letzteren — finden auch hier ihren Ausdruck.

Setzte ich nun die vorhin beschriebene Vorrichtung im pneumatischen Apparate dem verstärkten Luftdrucke aus, die Nachahmung des Herzimpulses durch Herablassen des Gewichtes auf den Ballen, aus gleicher Fallhöhe, also mit gleicher Stärke wiederholend, so veränderte sich die Curve a der Fig. XXI. in jene Curvenlinie, wie sie in b abgebildet erscheint. Die Aehnlichkeit, man könnte sagen Identität dieser zweiten veränderten Curve mit den von uns unter verstärktem Luftdrucke erhaltenen Pulscurven tritt auch hier unverkennbar, — ja schlagend hervor. Die verticale Ascensionslinie hat sich in eine schräge, der spitzwinkliger Gipfel, welcher überdiess auch nach hinten gerückt erscheint, in eine horizontale Ebene verwandelt, die Scheitelhöhe ist um mehr als die Hälfte niedriger geworden, der Policrotismus der Descensionslinie

ist vollends verschwunden, und die Curve namentlich den bogenförmigen Pulscurven ähnlich geworden, wie wir sie in den Fig. XV. b, XVI. b und XVII. c als Effect der Luftverdichtung gefunden hatten.

Versuchte ich nun noch unter dem verstärkten Luftdrucke das Gewicht mit grösserer Fallhöhe auf den Ballen wirken zu lassen, d. i. einen wirklich stärkeren Herzimpuls zu erzeugen, so wurde, wie diess Fig. XXII. c. darstellt, die Ascensionslinie wieder senkrechter und nahm die Amplitude zu, ohne aber den Polierotismus zu zeigen, wie er in Curve a der Fig. XXI. so deutlich ersichtlich ist.

Blieb nun unsere Vorrichtung längere Zeit hindurch dem Einflusse des verstärkten Luftdruckes ausgesetzt, so wurden in Folge dieser Druckverstärkung an der mit Bindfaden fest verbundenen Stelle des Kautschoukschlauches allmählig Tropfen von dem Inhalte desselben ausgepresst, ein Fall, der sich unter normalem Luftdrucke niemals ereignete.

Wurde jetzt von dieser, durch das Ausfliessen etwas weniger Flüssigkeit als ursprünglich enthaltenden Kautschoukröhre, ohne den Verlust zu ergänzen, eine neue Wellenzeichnung mit dem Sphygmographen auf die anfangs beschriebene Weise mit der ursprünglichen Intensität des Herzimpulses abgenommen, so ergab diese die Gestalt, wie sie in Fig. XXIII. b abgebildet erscheint, eine Gestalt, welche noch vollkommen die Merkmale der zuerst unter verdichteter Luft erhaltenen Wellencurve (Fig. XXI. c) an sich trägt, und sich nur darin von derselben unterscheidet, dass wir an ihr den Polierotismus wieder angedeutet finden.

Wurde endlich an derselben Röhre das gleiche Experiment unter normalem Luftdrucke wiederholt, so erhalten wir die unter Fig. XXIII. a abgebildete Zeichnung, also Curven, welche den zuerst unter normalem Luftdruck erhaltenen (Fig. XXI. a) vollkommen gleichen, und nur noch grössere Scheitelhöhe und noch stärkeren Polierotismus zur Schau tragen.

Eine Wiederholung des Experiments am darauf folgenden Tage gab das gleiche Resultat. Die Curve a der Fig. XXIV. zeigt uns neuerdings die ihr unter normalem Luftdrucke eigenthümliche Gestalt; — die mit Beibehaltung der gleichen Impulsionskraft unter verstärktem Luftdrucke erhaltene Curve b ergibt abermals die

am Tage vorher für diese Verhältnisse gefundenen Veränderungen, welche mit Rückkehr zum normalen Luftdruck wieder verschwinden, daher auch die Curve c vollkommen ihre ursprüngliche Gestalt wieder annimmt.

Aus den mit diesem Experimente erlangten Resultaten lassen sich wichtige Schlussfolgerungen ableiten, welche entscheidend sind für unsere Erklärungsversuche über den Einfluss, welchen die Verstärkung des Luftdruckes auf die arterielle Circulation ausübt.

Die Schlüsse, zu welchen uns die eben erlangten, höchst interessanten Resultate berechtigen, sind folgende:

Die Uebereinstimmung der an der künstlichen und natürlichen Pulswelle bei Verstärkung des Luftdruckes erhaltenen Veränderungen beweist schlagend, dass dieselben auch auf gemeinsame Ursachen zurückzuführen seien, — nämlich auf den rein mechanischen Einfluss, welchen die Verstärkung des Luftdruckes auf elastische mit Flüssigkeit gefüllte Röhren ausübt, und aus welchem, — ohne Zuhilfenahme anderer, minder deutlich nachweisbarer Erklärungsversuche, — alle von uns bisher beobachteten Erscheinungen ganz ungezwungen abgeleitet werden können.

Die Ascensionslinie der künstlichen und natürlichen Pulswellen ist unter verstärktem Luftdrucke schräger, — da der Widerstand, den die Gefässwand während der Arteriendiastole bei gleichbleibender Impulsionskraft auszuhalten hat, durch Verstärkung des Luftdruckes ein grösserer wird, als unter normalem Luftdrucke.

Die Amplitude der natürlichen und künstlichen Welle wird niedriger, — und diess aus zweifachem Grunde:

1) weil die erhöhte Druckverstärkung der Gefässdiastole und der Gefässsystole gleich hindernd entgegenwirkt, daher an sich eine Verminderung der Excursionen der Gefässwandung bedingt. Die Arterien-Diastole nämlich wird desshalb geringer, weil der Widerstand, den die anprallende Blutwelle und die sich demzufolge erweiternde Gefässwand durch Verstärkung des äusseren Druckes erfährt, ein grösserer wird; die Arteriensystole wird kleiner, da die in Folge der Druckverstärkung relativ zur Grösse des Gefässlumens mit mehr Blut gefüllte Arterie eine wirksamere Zusammenziehung nicht gestattet.

2) Weil das elastische Gefäss durch Verstärkung des von aussen rings auf sie einwirkenden Druckes auf ein kleineres Volum zusammengepresst wird, die comprimirte Arterie mithin in verdichteter Luft factisch kleiner wird und absolut weniger Blut enthält.

Als augenfälligen Beweis für das Kleinerwerden der Arterien müssen wir die Thatsache anerkennen, dass an unserer künstlichen Vorrichtung der durch die längere Einwirkung der Druckverstärkung von den Wandungen auf den Inhalt des Gefässes ausgeübte Druck so stark wurde, dass an dem zusammengebundenen Ende des Schlauches Tropfen seines Inhaltes ausgepresst wurden, — während diess unter normalem Luftdrucke niemals zur Beobachtung gelangte.

Da nun im Blute comprimibare Gase enthalten sind, welche mit Abnahme des Luftdruckes frei werden¹⁾, demnach bei Steigerung des Luftdruckes in erhöhtem Maasse vom Blute gebunden werden, so liegt schon hierin eine Veranlassung hiezu, dass die an sich constant bleibende Blutmenge durch Druckverstärkung auf ein absolut kleineres Volum zusammengepresst wird. Da übrigens die Lage und Grösse der Gefässe eine verschiedene ist, so kann die Druckverstärkung nicht auf jedes den gleichen Effect ausüben, sondern sie muss um so intensiver einwirken können, je unmittelbarer es dem Drucke unterliegt, je kleiner dessen Volum, je dünner und weniger gespannt dessen Wandung, je geringer dessen Inhalt, — mit einem Wort je leichter comprimirbar es ist. Die Wirkung der Verstärkung des Luftdruckes wird sich deshalb am stärksten an den peripheren Gefässen (in verkehrt proportionalem Verhältnisse zur Grösse ihres Querschnitts, zur Stärke ihrer Wandung und zur Menge ihres Inhalts) äussern und zwar dadurch, dass sie durch Verstärkung des concentrisch auf ihre Wandungen und ihren Inhalt ausgeübten Druckes, das Volum des Gefässes verkleinert und dadurch einen Theil des nicht comprimibaren flüssigen Gefässinhaltes in centripetaler Richtung so weit verdrängt, bis sich ein den neuentstandenen Druckverhältnissen entsprechender neuer Gleichgewichtszustand zwischen Luftdruck, Ge-

¹⁾ Felix Hoppe, Ueber den Einfluss, welchen der Wechsel des Luftdruckes auf das Blut ausübt, in Müller's Archiv für Anat., Phys. u. wiss. Med. Berlin, 1857. I. S. 63—73.

fässwandung und Inhalt wieder hergestellt hat, die Regulirung der neuen Blutvertheilung und Spannungsverhältnisse erfolgt ist.

Dieser Gleichgewichtszustand coincidirt aber nicht immer mit dem Momente des erreichten Druck-Maximums, sondern dessen Herstellung bedarf eines gewissen Zeitraumes, und da hiezu erst das stabile (constant bleibende) Druck-Maximum in entscheidender Weise beiträgt, so sehen wir noch unter der Einwirkung desselben eine nicht nur mit der Druckintensität, sondern auch mit der Aufenthaltsdauer in verdichteter Luft stetig zunehmende Verkleinerung des Volums und Abnahme des absoluten Blutgehaltes der peripheren Gefässe erfolgen, wie diess in unseren Abbildungen aus der stetigen Abnahme der Blutwellenamplitude von a bis b und von b bis c, und der hiemit gleichen Schritt haltenden Abnahme der Pulsfrequenz ersichtlich wird.

Die nun endlich durch die längere Dauer des stabilen Druck-Maximums erfolgte neue Regulirung der Blutvertheilung und der Spannungsverhältnisse wird nun durch Herstellung des ursprünglichen Luftdruckes nicht sogleich wieder aufgehoben, sondern dieser neue Gleichgewichtszustand verschwindet eben so allmählig, wie er entstanden. Ja die Rückbildung zu den ursprünglichen Verhältnissen bedarf in der Mehrzahl der Fälle eines längeren Zeitraums als deren Entstehung, da die auf kleineres Volum comprimirte Arterienwandung dadurch an Widerstandskraft — an Tonus, wenn ich mich dieses Ausdrucks bedienen kann — gewonnen hat, welcher unter normalem Luftdruck erst allmählig durch vermehrtes Zuströmen des Blutes und Freiwerden der absorbirten Gase überwunden werden kann. Der Befund, dass das Volum des Gefässes und die Pulsweite bei d in der Regel nur geringe oder noch gar keine Zunahme zeigt, und der normale Zustand erst nach längerem Verweilen unter normalem Luftdruck wieder eintritt, ist daher eine in der Natur der Sache begründete Erscheinung.

Dieser allmähliche Uebergang des ursprünglichen Gleichgewichtszustandes in den neugeschaffenen und umgekehrt, wie er sich in unserem Resultate abspiegelt, durch welchen auf unmerkliche Weise wesentliche Veränderungen in unserem Organismus erzielt werden, ist, falls die Verdichtung der Luft zu therapeutischen Zwecken Verwerthung finden und schadlos, unmerklich wirken soll, — eine unerlässliche Bedingung. In ihr liegt

das Wesen des Tabarié'schen Verfahrens, und wenn auf solche Weise vorgegangen wird, liegt auch die, ich möchte sagen mathematisch zutreffende Berechnung des gewünschten, auf physikalisch mechanischen Principien beruhenden Erfolges in der Hand des Experimentators, während Junod's Vorgang, welcher in Erzeugung des raschen Wechsels zwischen Luftverdichtung und Verdünnung besteht, nur eine Reihe von Perturbations-Erscheinungen, mit ausser dem Bereiche der Berechnung liegenden Effecten hervorruft, welche jede reine Einwirkung, jede reine Beobachtung stört, und als solche wohl kaum einer therapeutischen Verwerthung fähig erscheint.¹⁾

Ein Bild einer solchen, durch zu rasches Vorgehen mit der Luftverdichtung — mit zu kurzer Dauer des Uebergangsstadiums vom normalen Luftdrucke zum Maximum der Druckverstärkung erzeugten Perturbations-Erscheinung gibt uns Fig. XXV.

Man sieht wie hier während des kurzen, an jenem Tage nur 10 Minuten dauernden Stadiums des ansteigenden Druckes von a bis b nicht die gewohnte Curvengestalt zum Vorschein kommt, sondern dass die drei in diesem Stadium abgenommenen Curven a_1 , a_2 , und a_3 und auch die der Erreichung des Druckmaximums entsprechende Curve b im Gegentheil und in steigendem Maasse alle Erscheinungen der Gefässerweiterung darbieten. Stetes senkrechter Werden der Ascensionslinie, stete Zunahme der Amplitude, zugespitzter Gipfel und grössere Intensität des Dirotismus machen sich in praegnanter Weise geltend, und erst spät, nach $1\frac{1}{2}$ stündigem Aufenthalte in verdichteter Luft, am Schlusse des Stadiums des constanten Druck-Maximums, gelingt es der Druck-Verstärkung mit ihrem Einflusse hervorzutreten, und die Gefässe dem bekannten Zustande, welcher in den Curven c und c_1 seinen Ausdruck findet, zu unterwerfen. 10 Minuten nach dem Austritte aus dem pneumatischen Apparate hat die Pulswelle bereits wieder ihre ursprüngliche Gestalt angenommen (d_1).

¹⁾ Junod gebührt wohl das Verdienst, der Erste Untersuchungen auf diesem Felde angestellt zu haben; doch der heillosen durch ihn in die Wissenschaft eingeführten Verwirrung ist es auch zuzuschreiben, dass seiner Zeit die Pariser Academie dem Tabarié'schen Verfahren nicht die gebührende Anerkennung zollte und dass sie ihr Versehen vom Jahre 1838, — erst im Jahre 1852 durch Zuerkennung des Monthyon'schen Preises an Tabarié sühnte!

Dass die veränderte Höhe der Pulswelle nicht nothwendiger Weise eine Veränderung der Impulsionskraft des Herzens voraussetzt, haben wir aus dem Resultate des künstlichen Experimentes, bei welchem ein gleichkräftiger Herzimpuls unter verstärktem Luftdrucke eine Verminderung der Wellenhöhe zur Folge hat, erkannt. (Siehe hieüber die, unseren am menschlichen Organismus gefundenen Verhältnissen entsprechenden Fig. XXI. a und b, ferner Fig. XXIV. a, b und c.)¹⁾ Da uns überdiess der Versuch, die Stärke der Herzaction zu erhöhen (Fig. XXII.) eine Zunahme der Amplitude ergab, so können wir nach diesem Befunde eine eventuelle Verstärkung der Herzaction als Folge des verstärkten Luftdruckes unbedingt ausschliessen. Als offene Frage hingegen ist noch jene hinzustellen, ob bei der von uns nachgewiesenen geringeren Amplitude die Intensität des Herzstosses unter verstärktem Luftdrucke gleichbleibt — welcher Ansicht ich mich zuzuwenden geneigt bin — oder ob in Folge der Vermehrung des, durch den gehinderten Blutabfluss, der Herzsystole entgegengestellten Widerstandes, und vielleicht auch durch directen Druck der erweiterten Lunge, secundär auch die Herzaction an ihrer Energie verliert?

Da die in gleichem Sinne mit der Gefässcontractilität wirkende Druckverstärkung, sich zu deren centripetaler Wirkung summirend, die Erhöhung, welche der centrifugal anstrebende Blutdruck gleichzeitig erfährt, übertrifft, mit anderen Worten: da die durch die Druckverstärkung erzeugte Verengerung der peripheren Gefässe grösser ist, als die verhältnissmässige, durch theilweise Verdrängung ihres Inhalts, (dessen Abfluss in den Capillaren erschwert ist), erzeugte Verminderung des Blutdruckes in denselben, so ist eine Aenderung in dem relativen Verhältnisse der Blutmenge zum Volum des Gefässes — in dem Wechselverhältnisse des Blutdrucks zur Gefässcontractilität die nothwendige Folge. Das verkleinerte Gefäss

¹⁾ Ein von Marey (Physiol. méd. etc. p. 237) angestelltes Experiment ergab das gleiche Resultat. Liess er an seinem Schema die Flüssigkeit durch enge Röhren ausfliessen, so war die Gefässspannung eine ziemlich hohe. Erweiterte er nun bei gleichbleibender Impulsionskraft die Ausflussöffnungen, so wurde die Spannung geringer, und nahm die Wellenamplitude zu. Es war also klar, dass die Vergrösserung der Wellen einfach Folge der verminderten Gefässspannung war, da die Impulsionskraft in beiden Fällen dieselbe blieb.

wird daher mit einer zwar absolut geringeren, relativ zu dessen Lumen aber grösseren Blutmenge erfüllt sein. Dass sich diese relative Vermehrung des Gefässinhaltes durch Aenderung der Spannungsverhältnisse an dessen Wandungen äussert, beweist uns die nach der Luftdruck-Verstärkung entstandene Veränderung der Descensionslinie an den künstlich erzeugten Curven, Fig. XXI., XXIII. und XXIV., welche, da sie auch in ganz gleicher Weise an den natürlichen Pulswellen (Fig. I.—XX.) beobachtet worden, auch hier einen Rückschluss auf eine gemeinsame Erklärung der an künstlichen und natürlichen Verhältnissen gewonnenen Erscheinungen rechtfertigt. Die unter normalem Luftdruck künstlich dargestellten Curven a der Fig. XXI. und XXIII., a und c der Fig. XXIV. zeigen, wie alle an der Radialarterie abgenommenen Pulswellen a der Fig. I.—XX., eine stark, meist mehrfach gewellte Descensionslinie, deren Undulationen bei Verstärkung des Luftdruckes (unter b und c) ganz oder theilweise verschwinden, — ein Resultat, welches nur auf die oben berührte Veränderung im neu erzeugten Wechselverhältnisse des Blutdruckes zur Gefässwandung zurückgeführt werden kann, wobei die unter normalem Luftdruck nur mässig gespannte Gefässwandung in Folge der durch die Druckverstärkung erlittenen Verkleinerung ihres Volums, und der relativen Vermehrung ihres Inhaltes, in grössere Spannung versetzt wird. Die sich nun in Folge der äusseren Druckverstärkung mit jeder Diastole weniger ausdehnende und in Folge der Blutdruckverstärkung mit jeder Systole weniger contrahirende Arterie macht die zwischen Systole und Diastole in ihrem Lumen bestehenden Unterschiede geringer; — und die geringer gewordenen Excursionen, welchen überdiess noch die stärker gespannten und contrahirten Wandungen mit erhöhter Widerstandskraft entgegenstehen, theilen sich auch der elastischen Wandung des Gefässes in geringerem Grade mit. Da nun die durch Erhöhung des inneren und äusseren Widerstandes gespanntere Wandung der Fortpflanzung des erhaltenen Wellenimpulses ungleich kräftigeren Widerstand entgegengesetzt, als diess bei einer laxen, wenig Flüssigkeit enthaltenden Röhre der Fall ist, so nimmt die durch die Aufeinanderfolge der mit der Herzsystole in die Gefässe geschleuderten Blutwellen erzeugte und an den elastischen Wandungen derselben als Wellenbewegung ihren Ausdruck findende Nachwirkung immer kleinere

Dimensionen an, — bis zum vollkommenen Verschwinden. Und in diesen localen, rein mechanischen Verhältnissen liegt einzig und allein die Erklärung für die Bedeutung und Entstehung des sogenannten Dicrotismus, welchen wir, gestützt auf obige, mittelst des Sphygmographen an menschlichen Arterien und künstlichen Kautschoukröhren bei wechselndem Luftdruck und gleichbleibender Impulsionskraft gewonnenen Erfahrungen, als Ausdruck der durch Interferenz aufeinander folgenden Blutwellen erzeugten und der elastischen Wandung der Arterie mitgetheilten Wellenbewegung erklären. Es bestätigen unsere Versuche überdiess die bereits vor längerer Zeit darüber von Ludwig ¹⁾ und Duchek ²⁾ geäußerten Ansichten, deren ersterer „die zweite Erhebung des Doppelschlages als Folge der elastischen Nachwirkung des ersten“ betrachtet, — letzterer aber den Dicrotismus für eine Erscheinung hält, „die an den Gefässen selbst, und zwar an jedem einzelnen derselben entsteht, und welche auf Verhältnissen beruht, welche die Wellenbewegung in elastischen Röhren an und für sich mit sich bringt.“

Der an unserer künstlichen Vorrichtung, trotzdem dass an derselben keine Nachahmung einer Herzklappe angebracht war, so auffallend sichtbare Dicrotismus beweist, dass die Ansicht Marey's, welcher zufolge die Repercussion („rebondissement“) der Blutwelle an den Aortenklappen oder der Theilungsstelle der Aorta bei der Herzsystole Veranlassung zur Entstehung des Dicrotismus bildet, und die erste an der Descensionslinie sichtbare Welle als deren Ausdruck zu gelten habe, — der Begründung entbehrt.

Das vollkommene Verschwinden des Dicrotismus aber unter verstärktem Luftdruck beweist uns zugleich schlagend, dass derselbe durchaus nicht, wie Meissner behauptet, als ein durch die Eigenschwingungen des Instrumentes erzeugtes Artefact betrachtet werden kann, da auch unter verstärktem Luftdrucke die Bedingungen für diese Schwingungen in gleicher Weise wie unter normalem Luftdrucke vorhanden sind.

Bedürfte es nach den von uns gefundenen Thatsachen noch

¹⁾ Carl Ludwig, Lehrbuch der Physiologie. 2te Aufl. Bd. II. S. 171. 1861.

²⁾ A. Duchek, Untersuchungen über den Arterienpuls, in: Medicinische Jahrbücher der k. k. Gesellschaft der Aerzte zu Wien. Jahrgang 1862. 18. Jahrg. d. ganzen Folge. IV. Heft. S. 72.

weiterer Beweise für die Richtigkeit unserer Anschauung über die Bedeutung und Entstehungsursache des Dicrotismus, so erhalten wir einen solchen noch durch das in Fig. XXIII. abgebildete Resultat, bei welchem, nachdem durch den verstärkten Luftdruck ein Theil der Flüssigkeit aus dem Gefäss herausgepresst worden war, sich die dadurch hervorgerufene Verminderung der Spannung (im Vergleich zur entsprechenden Curve XXI) durch Erhöhung des Dicrotismus bei normalem und Andeutung desselben bei verstärktem Luftdruck kund gibt.

Wir haben uns bisher immer nur mit der Gestalt der einzelnen Welle beschäftigt, ohne dabei das allgemeine Bild, welches durch die ganze Aufeinanderfolge der Wellen entsteht, in Betracht zu ziehen, und doch gestattet auch deren Berücksichtigung die Aufklärung mancher Verhältnisse.

Ziehen wir durch Anfangs- und Endpunkte an der Basis der Wellen, oder durch deren Gipfelpunkte eine Linie, so gibt uns deren Verbindung die von Marey ¹⁾ sogenannte „*ligne d'ensemble*“ — gemeinsame Linie, — welche uns über gewisse Aenderungen im Blutdruck und in der Gefässspannung Aufschluss zu geben im Stande ist. — Diese Linie, welche, nebenbei gesagt, sich schon bei verschiedenen Körperstellungen anders gestaltet, kann entweder ganz oder theilweise eine Aenderung ihrer Richtung und Gestalt erfahren. Ersteres findet bei länger andauernden Aenderungen im Blutdrucke und der Gefässspannung statt, und gibt sich durch Entfernung der ganzen Linie von ihrem ursprünglichen Niveau kund, während ein häufiger Wechsel desselben, wie solcher namentlich bei dem Respirationsvorgange Platz greift, in mehr oder weniger deutlichen und häufigen Krümmungen, Erhebungen und Senkungen der Pulswellenlinie seinen Ausdruck findet. Da nun diese Linie nach Marey anzeigt, dass jedes Hinderniss für den Abfluss des Blutes an irgend einem Punkte des arteriellen Systemes die Gefässspannung erhöht, so handelte es sich für uns darum, zu untersuchen, ob das in verdichteter Luft, durch Compression der peripheren Gefässe erzeugte, und von uns an der Veränderung der Ascensionslinie nachgewiesene Hinderniss im arteriellen Kreisläufe, auch bei unseren Pulswellenlinien eine Aen-

¹⁾ Marey, *Physiol. médicale* etc. p. 252.

derung erzeuge, und etwa durch deren Erhebung in verdichteter Luft seinen Ausdruck fände?

Hatte ich zu diesem Zwecke bei der für unsere Untersuchung mit dem Sphygmograph angewandten Normalstellung des Vorderarmes und der Hand, das Instrument dergestalt befestigt, dass der ruhende Hebelstift die Schreibplatte in gleichweiter Entfernung vom oberen und unteren Rande berührte, und somit unter normalem Luftdruck beim Ablaufen des Uhrwerkes die Pulswellenzeichnung genau auf der Mitte des Zeichenpapieres abbildete, — so fand letzteres bei Verstärkung des Luftdruckes nicht mehr statt. Ungeachtet das Instrument nicht herabgenommen worden war, mithin weder irgend eine Aenderung in der Befestigung noch in der Stellung der Extremität stattgehabt hatte, veränderte unter dem Einflusse der verdichteten Luft der Zeichenstift seine ursprüngliche Stellung, und rückte höher, mitunter so hoch hinauf, dass er in der Ruhelage über den oberen Rand des Schreibpapiers hinausragte, und nur mittelst einer geringen Zuziehung der Hand wieder auf das Niveau des Papiers gebracht werden konnte, um eine Zeichnung des Pulses auf demselben zu ermöglichen. Durch dieses Experiment haben wir mithin noch eine allgemeine, von der an der einzelnen Pulswelle ausgedrückt gefundenen, unabhängige Erhöhung des Blutdruckes und der Gefässspannung für die Radialarterie nachgewiesen.

Was endlich den durch bogenförmige Krümmungen der Pulswellenlinie ausgedrückten Einfluss der Athembewegungen betrifft, so ist derselbe bei normalem Athmen ziemlich unbedeutend und unmerklich, so dass er bei oberflächlicher Betrachtung kaum in's Auge fällt. Er tritt nur da deutlicher hervor, wo entweder sehr tiefe Respirationen gemacht werden, oder Athemhindernisse vorhanden sind. Durch die Veränderung in der Grösse des Thoraxraumes bei der In- und Expiration einerseits, — anderseits durch das Auf- und Absteigen des Zwerchfelles, welches die Brust- und Bauchhöhle abwechselnd verkleinert oder vergrössert, und den Wechsel der Spannungen, welchem das Abdomen dadurch unterliegt, wird auch abwechselnd bald auf die Aorta thoracica bald auf die Aorta abdominalis ein stärkerer Druck ausgeübt, wodurch jene in wechselnde Spannungen versetzt werden,

die sich consecutiv auch den abzweigenden Arterien mittheilen. Da, wie ich bereits an einem anderen Orte nachgewiesen, unter dem Einflusse der verdichteten Luft eine Verlangsamung der Respirationsfrequenz beobachtet wird, welche, nachhaltig wirkend, bei täglicher Anwendung derselben bis auf einen gewissen Betrag mit jedem Tage continuirlich wächst, überdiess auch der Athmungsprozess unter verstärktem Luftdruck leichter, ruhiger und vollkommener stattfindet und etwaige Athemhindernisse dadurch beseitigt werden; so muss, wo unter normalem Luftdruck der Respirationseinfluss an der Pulscurve ersichtlich war, derselbe in verdichteter Luft geringer werden, d. h. die an der Pulswellenlinie ersichtlichen bogenförmigen Krümmungen müssen unter ihrem Einflusse an Häufigkeit und Intensität abnehmen, wie diess besonders schön an Fig. XXVI. ersichtlich wird, welche am 1. Mai einem 44jährigen Emphysematiker, Hrn. J. G. abgenommen, in a, unter normalem Luftdruck, durch ihre nicht unbedeutenden Wellenbiegungen, bei welchen 1 Respiration 4 Pulsschlägen entspricht, das Dasein eines Athemhindernisses verräth, während unter dem Einflusse der verdichteten Luft, bei b die Intensität der Undulation so bedeutend abgenommen hat, dass sich die Pulswellenlinie der geraden nähert, und gleichzeitig Einer Respiration eine grössere Anzahl von Pulsschlägen entspricht, als diess bei a der Fall war, — und wodurch die Beseitigung des früheren Athemhindernisses deutlich ausgedrückt ist.

Das Stattfinden der eben besprochenen Aenderung der Respirationcurve unter dem Einflusse der verdichteten Luft kann als Regel angenommen werden (Fig. II. a, b und d) und nur selten findet, wie diess in der Fig. XXVII, XXVIII und XXIX abgebildet erscheint, das Gegentheil statt. Es sind dann meist Ausnahmbedingungen, welche Veranlassung geben zur Hervorrufung solch abweichender Verhältnisse. — Höchst characteristisch und lehrreich ist in dieser Beziehung Fig. XXIX, welche am 23. Mai dem mit hochgradigem, doppelseitigen und mit heftigem Bronchialkatarrhe complicirtem Lungenemphysem behafteten Dr. D. abgenommen worden war. Derselbe hatte in einem leidlich behaglichen Zustande, welcher sich in der Curve a abspiegelt, den Apparat betreten. Sein Puls war, wie wir diess schon bei Erörterung der Pulsfrequenz bemerkten — beim Eintritt in den pneumatischen Apparat 77 in

der Minute, seine Respiration 19,2, dabei ruhig, langsam und regelmässig. Es entsprach demnach 1 Athemzug 4 Pulsschlägen.

Nachdem die Anzahl der Respirationen unter dem Einflusse der verdichteten Luft auf 17 herabgemindert worden war, ereilte ihn nach etwa $\frac{1}{2}$ Stunde einer seiner habituellen asthmatischen Anfälle, wobei sich die Pulsfrequenz rasch auf 112, die Respirationsfrequenz aber auf 37 in der Minute erhob; gleichzeitig zeigte die während des Anfalles abgenommene Pulscurve die als b_1 abgebildete Gestalt, welche das beschleunigte, 3 Pulsschläge auf 1 Respiration zählende Athmen, das Steigen des Blutdruckes bei der Expiration und dessen Sinken bei der Inspiration in einer so exquisiten Form zur Schau trägt, wie ich solches, als „characteristisches Bild einer Dyspnoe“ noch nirgends abgebildet gefunden habe, und deren Tendenz wir an der mehrere Tage später (am 1. Juni) an demselben Herren abgenommenen Curve c der Fig. XII. unverkennbar neuerdings angedeutet finden.

Wenn die Respiration durch fortgesetzten Gebrauch der comprimierten Luft bereits eine so namhafte Verlangsamung erfahren hat, wie diess z. B. bei mir der Fall war, wo deren Frequenz nach Verlauf von 6—8 Wochen von 20—16 auf 5—4 Athemzüge in der Minute gesunken war — kann deren Einfluss sich auf dem nur den Zeitraum einer Viertelminute darstellenden Papiere des Sphygmographen, begreiflicher Weise nicht mehr als mehrfache Welle geltend machen, sondern sie wird dann höchstens eine einzige Undulation (Fig. II. und III, a) oder sogar nur den Bruchtheil einer solchen nachweisen können, in welchem letzterem Falle sie, je nachdem die abgebildete Pulswellenlinie dann der Expiration oder der Inspiration entspricht, in einer geraden, schräge auf- oder absteigenden Linie bestehen wird, wie diess an den meisten unserer Curvenzeichnungen mehr weniger deutlich (Fig. XIX, a, ist hierfür bezeichnend) hervortritt.

Nachdem wir hiermit die Veränderungen, welche sich an der Pulscurve als normales Ergebniss einer Verstärkung des atmosphärischen Druckes darstellen, eingehend erörtert, so erübrigt uns noch jener Ausnahmefälle zu gedenken, in welchen die erhaltene Wellenzeichnung die oben beschriebenen normalen Aenderungen nicht eingeht, sondern entweder ihre ursprüngliche Gestalt auch

unter verstärktem Luftdrucke nicht verändert, oder gar den von uns gegebenen Theorien anscheinend zuwider, entgegengesetzte Erscheinungen (wie Zunahme der Amplitude etc.) zur Anschauung bringt.

Die Ursachen, durch welche derlei Erscheinungen in jedem einzelnen Fall hervorgerufen werden, für jeden derselben genau zu erörtern, wird uns schwerlich gelingen, wenn man die Anzahl und das Gewicht der Agentien bedenkt, welche, der Wirkung des Luftdruckes entgegenwirkend, dieselbe zu verdecken und unkenntlich zu machen im Stande sind. Wie diess bereits bei Erörterung der Pulsfrequenz bemerkt wurde, so kommt auch hier wesentlich in Betracht, dass, abgesehen von der Subtilität der Untersuchung, bei welcher manche zur Erklärung dienende Momente leicht übersehen werden können, andererseits aber auch namentlich zufällig entstandene Ursachen, psychische Einflüsse u. dgl. — durch Reizung oder Lähmung der vasomotorischen Nerven in die Gefässthätigkeit einzugreifen, und ihren Einfluss auch in verdichteter Luft zur Geltung zu bringen im Stande sind. Ich erinnere nur beispielsweise an die Schamröthe und das Erbleichen, als den Ausdruck partieller Gefässerweiterung und Gefässverengung. Auch haben wir des Einflusses der Nahrungsaufnahme auf die Gestalt der Pulscurve, auf den Contractionszustand des Gefässes sowohl, wie auch auf die Frequenz des Pulses bereits gedacht.

Namentlich aber mussten und konnten die uns von solchen Fällen vorliegenden Beispiele, bei welchen die Herstellung anomaler Verhältnisse unserer Willkür unterliegt, als gute Controlle dafür dienen, ob unsere für das Vorkommen der Pulsbeschleunigung gegebene Erklärung — nach welcher die Pulsfrequenz durch die Contractilität der kleinen Gefässe regulirt wird — richtig sei, und auch durch die Sphygmographzeichnungen Bestätigung finden würde. Für die Gefässverengung als bedingendes Moment der Verlangsamung hat sich dieselbe bereits als stichhältig erwiesen. Es musste der Gegenversuch nun in denjenigen Fällen, in welchen wir in verdichteter Luft ein Gleichbleiben oder eine Beschleunigung der Pulsfrequenz gefunden haben, auch ein entsprechendes Verhalten der Pulscurve ergeben. War die Voraussetzung richtig, dass das Gleichbleiben der Pulsfrequenz unter verstärktem Luftdrucke von dem Umstande abhängt, dass das peri-

phere Arteriensystem bereits unter normalem Luftdrucke das Maximum seiner Contraction erreicht hatte, und durch Unvermögen sich noch weiter zu contrahiren, keine Pulsverlangsamung veranlassen konnte, so musste nothwendigerweise die unter verdichteter Luft abgenommene Pulscurve auch in unveränderter oder nur unwesentlich veränderter Gestalt erscheinen. — Pulsbeschleunigung in verdichteter Luft musste aber eine Zunahme derjenigen Merkmale nachweisen, für welche wir sonst an der Wellenzeichnung eine Abnahme gefunden, nämlich steileres Ansteigen der Ascensionslinie, spitzwinkligen Gipfel, wellig gekrümmte Descensionslinie, als Zeichen geringerer Gefässspannung, und Zunahme der Wellenhöhe als Zeichen der gleichzeitigen Volumvergrößerung — kurz alle Merkmale der Gefässerweiterung. In der That coincidiren die nachfolgend abgebildeten Pulscurven, Fig. XXX. und XXXI. mit den angeführten Merkmalen, und haben somit unsere Voraussetzung bestätigt. — Auch die bereits als Beispiel der Perturbations-Erscheinungen dargestellten Curven a_1 , a_2 , a_3 und b der Fig. XXV. gehören hierher.

Fig. XXX. stellt fünf, an mir selbst am 12. Juni ohne vorhergegangene Einnahme des Frühstückes abgenommene Pulswellenlinien dar, deren erste und letzte (a und d) unter normalem Luftdruck, die drei mittleren (b , b_1 , c) aber unter dem Einflusse der verdichteten Luft erhalten wurden. Das auch hier in einem verhältnissmässig kurzen Zeitraume, binnen 12 Minuten erreichte Druckmaximum dürfte hier als Veranlassung zu der, nach dem Uebergangsstadium in verdichteter Luft beobachteten Pulsbeschleunigung — und diese mithin auch als leichte Perturbations-Erscheinung — anzusehen sein.

In Fig. XXXI., welche dem Emphysematiker Hrn. J. G. am 18. Mai bei a und d unter normalem, bei b und c unter verstärktem Luftdrucke abgenommen wurde, spiegelt sich auch in b und c das Bild der gleichzeitig beobachteten Pulsbeschleunigung ab, als deren nachweisbare Veranlassung in diesem Falle der Trunk eines, während des Aufenthaltes im pneumatischen Apparate genossenen Schoppens Wein erscheint ¹⁾. Die übrigen Einzelheiten der Curven sind selbstredend, bedürfen daher keiner weiteren Erläuterung.

¹⁾ Ich kann nicht umhin, an dieser Stelle nochmals darauf hinzuweisen, dass bei der nicht vollkommen regelmässigen Ablaufsdauer meines Sphygmographen,

Es erhält durch die zuletzt gewonnenen Thatsachen auch der bei Erörterung des Einflusses der verdichteten Luft auf die Pulsfrequenz von uns aufgestellte Erfahrungssatz: „dass der verlangsamende Effect des verstärkten Druckes auf die Häufigkeit des Pulses ein um so grösserer ist, je mehr sich diese im Momente der Beobachtung von der dem Individuum habituell zukommenden entfernt“ — eine erneute Bestätigung und Begründung, indem durch die nun auch für die Pulsbeschleunigung erwiesene Erweiterung der Gefässe, derselbe sich einfach auf der regulirenden Wirkung der Gefässcontractilität beruhend erweist.

Befinden sich die peripheren Gefässe im Zustande der grössten Erweiterung, und sind sie relativ zu ihrem Volum am wenigsten mit Blut gefüllt, so werden sie der äusseren Druckverstärkung nur einen verhältnissmässig geringen Widerstand entgegenzustellen im Stande sein; daher in diesem Falle der Effect der Compression — die Pulsverlangsamung einen um so bedeutenderen Betrag anzunehmen vermag, je mehr dadurch die Gefässe auf das mögliche Maximum ihrer Zusammendrückbarkeit, d. i. das Minimum ihres Volums zusammengepresst werden. Ist dieser Zustand eingetreten, oder befand sich durch anderweitige Ursachen veranlasst, das periphere Gefässsystem bereits vor dem Eintritte in den pneumatischen Apparat unter normalem Luftdruck auf dem Maximum seiner Contractilität, so liegt eine weitere Verengerung ausser dem Bereiche der Möglichkeit, — es findet keine Veränderung im Lumen der Gefässe, — keine Pulsverlangsamung — überhaupt keine nachweisbar wesentliche Aenderung im arteriellen Gefässsysteme statt. Kommt endlich gar eine Gefässerweiterung, und consecutiv Pulsbeschleunigung unter verstärktem Luftdrucke zur Beobachtung, so weist dieses darauf hin, dass hier anderweitige Einflüsse (Nahrungsaufnahme, Nerveneinfluss — Lähmung gewisser Geflechte des Sympathicus oder Reizung von Spinalgflechten?) mit im Spiele sind, welche den Einfluss der Druckverstärkung nicht nur paralysiren, sondern sogar überwinden.

die an den Zeichnungen ersichtliche Pulswellenanzahl nicht als maassgebend für die wirkliche Pulsfrequenz angenommen werden kann, daher deren genaue Controllirung und Angabe von mir niemals aus der am Papiere dargestellten Anzahl der Wellen, sondern durch directe Zählung der Pulsschläge bestimmt wurde.

III. Directe Versuche über das Verhalten der peripheren Blutgefässe unter verstärktem Luftdruck.

Die Schlussfolgerungen, welche wir vorhin aus der veränderten Gestalt der Pulscurve unter verstärktem Luftdruck gezogen, lassen sich unter günstigen Umständen auch durch directe Anschauung der Blutgefässe selbst gewinnen. Hat man unter normalem Luftdruck die dem unbewaffneten Auge deutlich sichtbaren, injicirten Blutgefässe der Conjunctiva ins Auge gefasst, und — um jede Selbsttäuschung zu vermeiden, deren Verlauf und Anzahl abgezeichnet, so wird man unter verdichteter Luft ein Erblassen der grösseren und ein Verschwinden der kleineren Stämme, — ja mitunter ein Verschwinden sämtlicher Blutgefässe daselbst, gewahr werden, wie ich diess an mir selbst und an anderen Personen häufig zu beobachten Gelegenheit hatte, — eine Beobachtung, deren übrigens auch schon Pétréquin ¹⁾ in Lyon Erwähnung thut, und welche auch von Sandahl ²⁾ bestätigt wird, welcher zwei Fälle mittheilt, bei deren einem eine neu entstandene Hyperämie der Conjunctiva während des Aufenthaltes in verdichteter Luft vollkommen, bei dem anderen aber theilweise verschwand.

Auch die versuchsweise mit dem Augenspiegel angestellte Untersuchung gab für die Gefässe der Retina ein übereinstimmendes Resultat. Sie wurde am 5. Septbr. um 5 Uhr Abends an einem gesunden Individuum, dessen Pupille bereits am Morgen durch Atropin erweitert worden war, — freilich nur während einer einzigen Sitzung, doch in dieser zu wiederholten Malen vorgenommen, und ergab, dass die früher unter normalem Luftdruck beobachteten und abgezeichneten Retinagesässe unter verstärktem Luftdruck entschieden dünner und blutleerer geworden waren.

Die beabsichtigte Controllirung dieses Versuches am Kaninchen-Auge lieferte kein Ergebniss, da es, wohl in Folge der Verschiedenheit in der Dicke der Crystalllinse an dem Thiere nicht gelingen konnte, mit den vorrätigen Linsen des hierbei benutzten

¹⁾ Canstatt's Jahresbericht 1853. Heilmittellehre. II. Luftdruck S. 13.

²⁾ Sandahl, Op. cit. p. 51.

Liebreich'schen Augenspiegels, ein deutliches Retinabild zur Anschauung zu bringen.

Wohl aber eignete sich das Kaninchen ganz vortrefflich zur Anstellung einer Reihe einschlägiger Versuche, welche directe Beweise für unsere auf indirectem Wege gewonnenen Erfahrungen zu liefern im Stande waren, und zwar schien namentlich die dünne, durchscheinende Ohrmuschel desselben für beweisende Beobachtungen über das Verhalten der peripheren Blutgefäße, insbesondere aber beim weissen Kaninchen die mit verschiedenem Blutgehalte wechselnde, bald mehr, bald weniger rothe Farbe der pigmentlosen Iris und der Pupille (d. i. des Augengrundes) ein ganz vorzügliches Versuchsobject für die Constatirung eines vermehrten oder verminderten Blutgehaltes abzugeben.

Das hier benutzte Kaninchen — ein zahmes, und da es als Spielzeug von Kindern diente, auch keineswegs scheues und ängstliches Thier — wurde zu diesem Behufe schon längere Zeit vor dem Beginne der Sitzung frei, auf den im pneumatischen Apparat befindlichen Tisch, in einer für die Beobachtung günstigen Stellung, gesetzt, und nicht mehr berührt. Auf diese Weise blieb es Stunden lang ruhig sitzen, und war auch die Sicherheit gegeben, dass man dasselbe nicht durch öfteres Anfassen wiederholt in Aufregung versetzt, und dadurch Veranlassung zu einer Aenderung der bestehenden Circulationsverhältnisse gegeben habe.

Die an 5 Versuchstagen, 1 Mal bei Lampenlicht, die übrigen Male bei Tageslicht, an demselben gewonnenen Resultate finden sich in nachfolgender Tafel der Kürze halber schematisch zusammengestellt:

5 Versuche über das Verhalten der Blutgefäße des äusseren Ohres und der Conjunctiva, ferner der Farbe der Iris und Pupille beim weissen Kaninchen unter normalem und verstärktem Luftdruck.

Beobachtungszeit.	Unter normalem Luftdruck unmittelbar vor der Sitzung.	Unter verstärktem Luftdruck während des ansteigenden Druckes.	Unter verstärktem Luftdruck während des constanten Druck-Maximums.	während des abnehmenden Druckes.	Unter normalem Luftdruck unmittelbar nach d. Sitzung.
6. September 5 Uhr Abends bei Lampenlicht.	Kaninchen ruhig u. frei sitzend. Ohrmuschel aufrecht, roth. Ohrgefäße v. Blut strotzend; an d. Conjunctiva injicirte Gefässe sichtbar; Iris u. namentl. d. Pupille intensiv roth gefärbt. Ohrgefäße mässig injicirt.	Conjunctiva - Gefäße dünner und blässer; Entfärbung der Iris und Pupille.	Ohrgefäße bei durchfallendem Lichte blutleer, selbst grössere kaum sichtbar; nach 1½ Stunden ist das Ohr ganz blass, welk, und sind die Gefäße ganz verschwunden.	Ohr und Conjunctiva bleiben blass.	Ohren auch noch 1 Stunde nach d. Sitzung ganz blutleer, blass und welk.
8. September 10 Uhr Vormittags.		Anfangs stärkere Injection der Arterien u. Venen des Ohres, später erst Erblässung. Entfärbung der Iris.			Ohren bleiben blass; Iris wird dunkler, Pupille mehr rubinroth.
9. September 10 Uhr Vormittags.	Ohrgefäße mässig injicirt, Iris und Pupille schön roth.	Strotzen der Gefäße, namentlich der Venen des Ohres, deren grössere geschwellt und erhaben sind.	Anfangs kein Unterschied in der Farbe d. Iris u. Pupille wahrnehmbar. Ohrgefäße abwechselnd plötzlich erblässend u. sich wieder füllend, doch nach einiger Zeit entschieden blass und blutleer bleibend.	Ohr fortwährend blass und welk.	Ohren noch nach mehreren Stunden ganz blutleer, blass und welk.
10. September 10 Uhr Vormittags.	Schon längere Zeit vor der Sitzung die Ohrgefäße ziemlich blutleer.	Ohrgefäße abwechselnd momentan injicirt und erblässend; dann blass geblieben.	Wegen zu grosser Dunkelheit im Apparat ist über die Farbe der Pupille keine Entscheidung möglich.	Ohr fortwährend blass.	Pupille scheint dunkler roth zu werden; Ohren füllen sich stärker mit Blut.
11. September 10 Uhr Vormittags.	Conjunctiva injicirt an einzelnen Stellen; Ohrgefäße mässig injicirt.	Die vorher bezeichneten und, um ganz sicher zu gehen, auch abgezeichneten Gefäße der Conjunctiva zum Theil verschwunden.	Conjunctiva-Gefäße ganz verschwunden; Ohren blass, mitunter auf Augenblicke injicirt. Farbe der Pupille und Iris wegen zunehmender Dunkelheit nicht bestimmbar.	Ohr und Conjunctiva bleiben blass; an letzterer gar kein Gefäss wahrnehmbar.	—

Wie ersichtlich, wurden übereinstimmend bei allen Versuchen, die unter normalem Luftdruck strotzend mit Blut gefüllten Ohrgefäße (Arterien und Venen) des Kaninchens bei Verstärkung des Luftdruckes dünner und blässer, bis zum vollkommenen Verschwinden, selbst ansehnliche, 1 Mm. im Durchmesser haltende Gefässstämme wurden vollends unsichtbar — so dass selbst noch längere Zeit nach dem Versuche die ursprünglich turgescirende, rothe Ohrmuschel unter normalem Luftdruck noch vollkommen blass, blutleer und welk erschien; und auch die Iris und die sonst schön rubinroth gefärbte Pupille liess in denjenigen Fällen, wo bei dem häufigen Wechsel des Tageslichtes eine Entscheidung möglich war, mit Sicherheit eine deutliche Entfärbung unter verstärktem Luftdruck, und ein Rötherwerden bei Rückkehr unter normale Druckverhältnisse erkennen.

Schliesslich mag noch die einschlägige, an einer unserer Versuchspersonen, — an Herrn H—y gemachte Beobachtung hier Erwähnung finden, dass, während er unter normalem Luftdruck an habituellem Ohrensausen und deutlichem Pulsationsgeföhle im Ohre litt, — diese Zufälle stets unter dem directen Einflusse des verstärkten Luftdruckes verschwanden, — ein Befund, aus welchem sich die Verminderung der daselbst vorhandenen Congestion wohl auch ganz unzweideutig erkennen lässt.

Konnte es mithin nach allen vorausgegangenen Untersuchungen noch einem Zweifel unterliegen, dass durch eine Verstärkung des Luftdruckes eine Verdrängung des Blutes aus den peripheren Theilen wirklich stattfindet, so ist durch die hier schliesslich niedergelegten Resultate der Beweis hierfür auch direct und unwiderlegbar geliefert.

IV. Gegenversuche über die Veränderungen im arteriellen Stromgebiete unter vermindertem Luftdruck.

Nachdem wir hiermit die Veränderung in der Blutvertheilung, welche das arterielle Gefässsystem bei Verstärkung des Luftdruckes erleidet, so weit erledigt, als es dem verfügbaren Material zu Folge zulässig erschien, sei es uns erlaubt, noch die Resultate einiger, freilich nur vereinzelt angestellter, mithin auch nicht erschöpfender

Versuche anzureihen, welche als Gegenexperimente den Einfluss des verdünnten Luftdruckes auf das arterielle Stromgebiet darzulegen bestimmt sind.

Ueber das Verhalten der Pulsfrequenz wurden an 4 Personen 5 Versuche angestellt. Bei den ersten 3 an mir und einem mit Lungen-Emphysem und Stenose der Bicuspidalklappe behafteten Hrn. von G. angestellten Versuchen wurde der Luftdruck um 270,71 Mm. (= 10 Zoll) vermindert, wobei das Maximum der Verdünnung einem Barometerstande von 487,28 Mm., d. i. einer senkrechten Erhebung von 10,860 P. F. entspricht.

Bei den 2 letzten an Dr. Lange und Dr. Mittermaier angestellten Versuchen aber wurde der Druck um $\frac{3}{4}$ Atmosphären, d. i. um 318,07 Mm. vermindert, in welchem Falle das Maximum der Verdünnung einem Barometerstande von 434,10 Mm., d. i. einer senkrechten Erhebung von 13,760 P. F., also nahezu der Höhe des Mont-Blanc gleichkam.

Bei den ersten 3 Versuchen wurde die Zählung der Pulsfrequenz wo möglich alle 5 Minuten, bei den letzten 2 aber nur zur Zeit des Eintrittes und des Luftdruck-Minimums vorgenommen.

Da die Luftverdünnung grössere Perturbationerscheinungen erzeugt als die Luftverdichtung, so wurden hier 40 Minuten auf das erste Uebergangsstadium vom normalen Luftdruck bis zur Erreichung des Verdünnungs-Maximums, nur 20 Minuten hingegen auf das zweite Uebergangsstadium für die Rückkehr zum normalen Druck verwendet. Die Luftverdünnung wurde auf dem bezeichneten Minimum 1 Stunde hindurch stationär erhalten.

In nachfolgender Zusammenstellung bezeichnen die Zahlen der ersten Columnne den je gleichzeitig mit der aufgezeichneten Pulsfrequenz beobachteten Luftdruck.

Versuche über das Verhalten der Pulsfrequenz unter vermindertem
Luftdruck.

Barometer- stand zur Zeit der Beobachtung	Pulsfrequenz in der Minute:				
	V.	v. G.	v. G.	Dr. L.	Dr. M.
758,0 Mm.	88	85	—	73	78
649,7	—	—	61	—	—
622,6	90	82	—	—	—
595,6	—	—	72	—	—
568,5	—	87	—	—	—
541,4	—	—	69	—	—
514,4	—	—	72	—	—
487,3	100	88	76	—	—
„	—	85	—	—	—
„	100	78	—	—	—
„	100	86	—	—	—
„	105	87	—	—	—
„	105	86	66	—	—
433,1	—	—	—	82	80
514,4	96	82	70	—	—
541,4	—	—	74	—	—
568,5	—	—	65	—	—
595,6	86	77	—	—	—
622,6	—	—	63	—	—
703,9	82	77	65	—	—
758,0	80	72,5	—	—	—
Geringste Pulsfrequenz	80	72,5	61	73	78
Höchste Pulsfrequenz	105	88	76	82	80
Differenz beider	+ 25	+15,5	+15	+ 9	+ 2

Ein Blick auf diese Zusammenstellung genügt um zu zeigen, dass dieselbe uns das Gegentheil des unter verstärktem Luftdruck erhaltenen Resultates, — nämlich Pulsbeschleunigung ergibt.

Die an allen Personen übereinstimmend gefundene Beschleunigung beträgt bei mir +25, bei Hrn. v. G. einmal +15,5, das zweite Mal +15, bei Dr. L. +9, bei Dr. M. +2 Schläge in der Minute.

In Mittelwerthen ausgedrückt, entspricht die unter normalem Luftdruck gefundene Pulsfrequenz 72,9, jene unter vermindertem Luftdruck beobachtete 86,2 — mithin die auf Rechnung der Druckverminderung kommende Pulsbeschleunigung 13,3 Schlägen in der Minute. Im Uebrigen verdient noch bemerkt zu werden, dass in den ersten 2 Versuchen (V. und v. G.) die Pulsanzahl bei Rück-

kehr zum normalen Luftdruck — also während des Stadiums der relativen Luftverdichtung — eine nicht unbedeutend seltenere ist, als im Beginn der Versuche.

Als begleitende Symptome der Pulsbeschleunigung, welche während des Aufenthaltes in verdünnter Luft nahezu an allen Versuchspersonen wahrgenommen wurden, sind noch hervorzuheben:

1) Eine entschiedene Grössezunahme des Radialpulses, als Zeichen von Volumszunahme desselben und verminderter Gefässspannung, — im directen Gegensatz zu der unter verstärktem Luftdruck als Pulsus debilis beobachteten, mit Spannungszunahme einbergehenden Volums-Verkleinerung derselben.

2) Ein deutliches Gefühl von erhöhter Hautwärme, namentlich im Gesicht; — trotz der gleichzeitig mit der Luftverdünnung abnehmenden Wärme der ambienten Lufttemperatur.

3) Brennen in der Conjunctiva und starke Injection der Gefässe daselbst.

4) Eingenommenheit des Kopfes, Schwindel, erschwertes Denken, neuralgische Schmerzen in Stirne, Nacken, Zähnen.

5) Verschwinden dieser Symptome bei Wiederherstellung des normalen Luftdruckes.

So unvollkommen die hier mitgetheilten Versuche mit vermindertem Luftdruck im Gegensatz zu der namhaften Anzahl der mit verdichteter Luft angestellten Experimente auch genannt werden müssen, so genügen sie doch, um die diametrale Verschiedenheit der beiderseitigen Resultate in greller Farbe hervortreten zu machen.

Während wir in verdichteter Luft eine, theils durch Absorption der Blutgase bedingte, theils durch Verdrängung des Blutes nach Innen beförderte Volumsabnahme der peripheren Gefässe, eine hiermit zusammenhängende Vermehrung der Gefässwiderstände und consecutive Verlangsamung der Herzaction gefunden haben, sind es unter vermindertem Luftdruck die mit dem Blute innerhalb der Gefässwände kreisenden Gase, welche frei werdend, dahin zu entweichen streben, wo ihnen der geringste Widerstand entgegentritt, — also nach der Peripherie. Der hierdurch veranlasste Blutandrang nach Aussen bedingt Erweiterung der peripheren Gefässe — wodurch Verminderung der Gefässwiderstände und Beschleunigung des Blutstromlaufes entsteht.