

(Aus der Feldprosektur einer Armee im Osten.)

## Die konstitutionell bedingten Schwankungen der Aortenweite<sup>1</sup>.

Von

Oberfeldarzt Prof. Dr. R. Böhmig,

Beratender Pathologe bei einer Armee, Vorstand des Pathologisch-bakteriologischen  
Instituts am Städt. Krankenhaus Karlsruhe.

(Eingegangen am 12. Mai 1943.)

### Inhalt.

1. Einleitung. S. 25. — 2. Fragestellung und Untersuchungsgang. S. 26. —
3. Die Maßschwankungen der auf- und absteigenden Brustaorta. S. 27. —
  - a) Durchschnittsmaß. S. 27. b) Schwankungen. S. 30. c) Befunde früherer Untersucher. S. 31. — 4. Die Maßschwankungen der eigenen Weitendifferenz. S. 32. — a) Durchschnittsmaß. S. 32. b) Schwankungen. S. 32. — 5. Die Schwankungen der Dehnbarkeit der Brustaorta<sup>2</sup>. S. 34. — a) Methodik. S. 34. b) Volumen. S. 35. c) Durchmesser. S. 37. d) Längenmaß. S. 40. c) Befunde früherer Untersucher. S. 41. — 6. Vergleiche und Beziehungen. S. 42. — a) Körperlänge<sup>2</sup>. S. 42. b) Herzgewicht<sup>2</sup>. S. 43. c) Art und Häufigkeit der Schwankungen. S. 44. d) Werte der Dehnbarkeit. S. 45. — 7. Ergebnisse. S. 46.

### Einleitung.

Zu den Besonderheiten der Sektionsbeobachtungen im Felde gehören nicht nur die pathologisch-anatomischen Veränderungen bestimmter Kriegserkrankungen, sondern auch normal-anatomische Befunde an Jugendlichen und Älteren, deren Altersklasse in der Friedenszeit unter den täglichen Sektionen zahlenmäßig zurücktritt. Aber außer durch die Zahl zeichnen sich Sektionsbefunde einer Feldprosektur gegenüber den Friedensbeobachtungen aus durch eine Reihe weiterer Faktoren der Vorgeschichte: gleichartige Tätigkeit, körperliche Ausarbeitung, gleichartige Ernährung und Witterungseinflüsse. Milieubedingungen und Voraussetzungen zu Schußverletzung und Erkrankung sind entweder bekannt, ähneln sich oder erfahren eine Angleichung, wie sie unter Friedensverhältnissen kaum vorliegen. In zahllosen Fällen erfolgt der Tod durch

<sup>1</sup> Herrn Professor Dr. A. Dietrich zum 70. Geburtstag gewidmet.

<sup>2</sup> Bei der Drucklegung konnten 4 Tabellen nicht aufgenommen werden: 1. Einzelmeßwerte der Wasserverdrängung, die äußeren Durchmesser der auf- und absteigenden Aorta und der Längenzunahme bei Druckerhöhung auf 80, 100, 110, 120, 150 und 180 mm Hg bei 60 Fällen. — 2. Einzelmeßwerte des äußeren Durchmessers an 5 Meßstellen bei gleichzeitiger Druckerhöhung bei 41 Fällen. — 3. Körperlänge und Weitenschwankungen bei 117 Fällen. — 4. Herzgewicht und Weitenschwankungen bei 54 Fällen. — Die Tabellen können auf Anforderung zur Verfügung gestellt werden.

Schußverletzung aus vollem Leben. Diese Besonderheit ist schon im Weltkrieg 1914—1918 von führenden Pathologen erkannt und für die Sammlung normal-anatomischer oder physiologischer Unterlagen ausgewertet worden, die umso wichtiger sind bei Organbefunden, deren Grenzsetzung zum Normalen Schwierigkeiten bereitet.

Messungen von Gefäßweiten wie die vorliegenden sind vor und in dem Weltkrieg in großer Zahl vorgenommen worden. Sie wurden niedergelegt in Einzelarbeiten und zusammenfassender Darstellung von *Rössle, Jaffé-Sternberg, L. Kaufmann, Mönckeberg* und *Rössle-Roulet*.

#### Fragestellung und Untersuchungsgang.

Beim Einsatz in einer Feldprosektur waren uns nur die Arbeiten von *Mönckeberg* und von *Rössle-Roulet* genauer bekannt. Wir hatten aber in früheren Jahren öfters Befunde erhoben und notiert, die wesentliche Abweichungen zeigten zu den Durchschnittszahlen der Aortenweite, die in den Ergebnissen dieser Untersucher vorliegen. Es handelte sich hierbei meist um auffallende Enge oder Weite der aufsteigenden und um auffallende Enge der absteigenden Brustaorta, also Schwankungen, die über ein physiologisches Maß hinauszugehen schienen. Das Studium des Schrifttums ergab, daß die Mehrzahl der Veröffentlichungen die Häufigkeit solcher Schwankungen nicht erwähnte oder nicht wertete oder sie kurz als „physiologisch“ bezeichnete. Nur *Jaffé-Sternberg* beschäftigen sich mit dem Grad der Weitenschwankungen der Aorta und erkennen sie schon im Titel der Arbeit als „physiologisch“ an. Ihre Befunde an großem Material von 756 Fällen sind unberücksichtigt geblieben, obwohl sie Schwankungen von etwa 30% um den Mittelwert feststellten. *Mönckeberg* und *L. Kaufmann* gaben tabellarische Übersichten der Schwankungen. Sind so große Schwankungen noch als physiologisch anzusprechen? Die Physiologen haben hierzu nicht Stellung genommen, und auch die Kreislauf forscher sind ihrer Bedeutung nicht nachgegangen. Jedenfalls fanden wir nirgends erwähnt, ob und welche Auswirkungen solche individuellen Schwankungen auf Herz und Kreislauf haben können.

Wir benutzten darum die Gelegenheit des Anfalles so vieler Sektionen jüngerer Altersklassen, um zunächst Grad und Häufigkeit der Weitendifferenzen der auf- und absteigenden Brustaorta festzustellen, die Beziehung der Schwankungen zu Konstitutionstyp, Körpergröße, Herzgewicht und Altersstufe kennen zu lernen. Später ergab sich dann die Notwendigkeit, die Bestimmung der Dehnbarkeit mit in den Fragenkomplex einzuschließen. Die vorliegenden Messungen wurden regelmäßig bei jeder Sektion im Felde durchgeführt. Die Weite der aufsteigenden Aorta wurde unmittelbar oberhalb des Abganges der Kranzgefäß, die Weite der absteigenden Aorta unaufgeschnitten und aufgeschnitten an der Durchtrennungsstelle dicht oberhalb des Zwerchfells gemessen. Die Messung des Durchmessers der unaufgeschnittenen Aorta descendens

ergab nach Umrechnung und Vergleich mit der Breitenmessung nach dem Aufschneiden trotz aller darauf verwendeten Sorgfalt zu ungenaue Werte. Im folgenden fanden darum nur die Breitenmaße der aufgeschnittenen Brustaorta an beiden Meßstellen Verwendung.

Unsere Fragestellung betraf die Schwankungen der Gefäßweite. Es galt also nach Errechnung des Durchschnittsmaßes auch die Schwankungsbreite zwischen den gefundenen Höchst- und Niedrigstmaßen der aufsteigenden Aorta innerhalb einer Altersgruppe aufzuzeigen und alle diese Werte im Prozentverhältnis der Erhöhung bzw. Erniedrigung zum Durchschnittsmaß darzustellen. Von Wichtigkeit war ferner die Häufigkeit des Vorkommens von Maximal- und Minimalmaßen. Hierbei ergab sich die Schwierigkeit, welche „physiologische“ Schwankungsbreite dem Durchschnittsmaß zugebilligt werden müßte. Da exakte Angaben hierüber im Schrifttum nicht vorliegen, haben wir eine Erhöhung des Durchschnittsmaßes um 10% und seine Erniedrigung um 10%, also eine Schwankungsbreite  $\pm 10\% = 20\%$  als „physiologisch“ angenommen und eingesetzt. Wir geben als Beispiel hierfür die Werte der aufsteigenden Aorta der Altersgruppe 20—24 Jahre: Durchschnittsmaß 5,64 cm, physiologische Schwankungsbreite des Durchschnittsmaßes  $\pm 10\%$  ist 6,2: 5,1 cm. Maße innerhalb dieser Grenzen galten als „physiologisch“ bzw. als „normal“ und als zum Durchschnittsmaß gehörig. Diese Annahme ist willkürlich. Bedenken wir aber, welche Maßschwankungen wir ansonsten bei Messungen am menschlichen Körper als innerhalb der Grenzen eines Durchschnittsmaßes gelten lassen, so erscheint eine zugebilligte Schwankungsbreite von 20% um das Mittelmaß als angemessen. Fälle, die solche „physiologische Schwankungsbreite“ aufzeigten, wurden gesondert den Fällen mit Durchschnittsmaßerhöhung und mit Durchschnittsmaßerniedrigung gegenüber gestellt. Ebenso wurde bei den Weiten der absteigenden Aorta verfahren.

#### Die Maßschwankungen der auf- und absteigenden Brustaorta.

In Tabelle 1 findet sich eine Zusammenstellung der vorgefundenen Maße und ihrer Prozentverhältnisse gesondert nach Altersgruppen, gegliedert nach Abweichung vom Durchschnittsmaß und Zahl der Fälle. Die Gesamtzahl der verwendeten Sektionsfälle betrug 580.

a) *Durchschnittsmaß*. Das Durchschnittsmaß der *aufsteigenden Aorta* zeigt ein Ansteigen in den 6 Altersgruppen von 5,5 cm (17.—19. Jahr) auf 6,58 cm (40.—44. Jahr). Die Erweiterung beträgt demnach im Durchschnitt 1,08 cm. Das entspricht einer Steigerung um 19,6%. Durchschnittsmaß wie auch Maß der Erweiterung innerhalb der 27 Jahre vom 17.—44. Lebensjahr sind darum von Wichtigkeit, weil diese beiden Zahlen einen dauernden Vergleich bieten, in welch geringem Ausmaß die Durchschnittswerte mit zunehmendem Alter eine Erweiterung erfahren. Die Zahl der Fälle, die dieses Durchschnittsmaß bzw. die angenommene

Tabelle 1. Maßschwankungen der auf- und absteigenden Brustaorta.

	Altersgruppe					
	17-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44
	49	200	136	Zahl der Fälle	47	21
<b>Aufsteigende Aorta:</b>						
Durchschnitt: <i>Mönckeberg</i> . . .	6,03	6,23	6,3	6,67	6,75	7,13
„ <i>Jaffé-Sternberg</i> . . .	5,6	5,93	6,05	6,38	6,71	6,87
„ <i>L. Kaufmann</i> . . .	5,67	5,74	6,1	6,34	6,63	6,74
„ <i>Rössle-Roulet</i> . . .	5,42	5,64	5,89	6,46	6,46	6,95
1. Eigenes Durchschnittsmaß . . .	5,5	5,64	5,98	6,09	6,2	6,58
2. Höchstes Maß . . . . .	6,8	7,6	7,5	7,8	7,8	7,4
= % Erhöhung des Durchschnittsmaßes . . . . .	23,64	34,75	25,42	28,09	25,81	12,46
3. Niedrigstes Maß . . . . .	4,6	4,4	4,7	4,7	5,2	6,0
= % Erniedrigung des Durchschnittsmaßes . . . . .	16,36	21,99	21,41	22,82	16,13	8,82
4. Schwankung höchstens: niedrigstes Maß . . . . .	2,2	3,2	2,8	3,1	2,6	1,4
= % des Durchschnittsmaßes . . . . .	40,0	56,74	46,82	50,90	41,93	21,29
5. Zahl der Fälle mit Durchschnittsmaßerhöhung um 10% und mehr . . . . .	8	26	13	19	8	1
= % der Fälle . . . . .	16,3	13,0	9,56	14,96	17,02	4,76
6. Zahl der Fälle mit Durchschnittsmaerniedrigung um 10% und mehr . . . . .	10	45	16	19	9	0
= % der Fälle . . . . .	20,4	22,5	11,76	14,96	19,15	0
7. Zahl der übrigen Fälle mit Durchschnittsmaß $\pm$ 10% = physiologische Schwankungsbreite . . . . .	31	129	107	89	30	20
= % der Fälle . . . . .	63,2	64,5	78,68	70,08	63,83	95,24
<b>Absteigende Aorta:</b>						
Durchschnitt: <i>Jaffé-Sternberg</i> . . .	3,99	4,11	4,36	4,48	4,68	4,80
„ <i>Rössle-Roulet</i> . . .	3,84	4,13	4,25	4,67	4,67	4,90
1. Eigenes Durchschnittsmaß . . .	4,25	4,24	4,48	4,52	4,7	4,78
2. Höchstes Maß . . . . .	4,9	5,3	5,6	5,8	5,8	5,6
= % Erhöhung des Durchschnittsmaßes . . . . .	5,29	25,0	25,0	28,32	23,40	17,15
3. Niedrigstes Maß . . . . .	3,16	3,5	3,8	3,8	3,8	4,4
= % Erniedrigung des Durchschnittsmaßes . . . . .	15,29	17,45	15,18	15,23	19,15	7,95
4. Schwankung höchstes: niedrigstes Maß . . . . .	1,3	1,8	1,8	2,0	2,0	1,2
= % des Durchschnittsmaßes . . . . .	30,58	42,45	40,18	44,25	42,55	25,08
5. Zahl der Fälle mit Durchschnittsmaßerhöhung um 10% und mehr . . . . .	1	25	13	19	6	1
= % der Fälle . . . . .	2,04	12,5	9,56	14,96	12,77	4,76
6. Zahl der Fälle mit Durchschnittsmaerniedrigung um 10% und mehr . . . . .	19	33	14	7	7	0
= % der Fälle . . . . .	38,77	16,5	10,29	5,52	14,89	0
7. Zahl der übrigen Fälle mit Durchschnittsmaß $\pm$ 10% = physiologische Schwankungsbreite . . . . .	1,29	142	109	101	34	20
= % der Fälle . . . . .	59,18	71,0	80,15	79,52	72,34	95,24

<sup>1</sup> Sämtliche Maße dieser Tabelle sind in Zentimeter angegeben.

und eben erklärte „physiologische Schwankungsbreite“ aufweisen, zeigt Nr. 7 der Tabelle 1 an. In den ersten 5 Altersgruppen besitzen immer nur 63—78% der Fälle dieses Durchschnittsmaß. Die verbleibenden Fälle bieten höhere oder niedere Aortenbreiten. In den Altersgruppen 17—19, 20—24 und 35—39 Jahre entsprechen nur  $\frac{2}{3}$  der Fälle dem Durchschnitt.

Die *absteigende* Aorta läßt im Durchschnittsmaß ein Ansteigen von 4,25 cm im Jugendalter (17.—19. Jahr) auf 4,78 cm im mittleren Alter (40.—44. Jahr), also nur um 0,53 cm = 12,4% des Anfangswertes erkennen. Auch hier zeigt der Vergleich von Nr. 7 der Tabelle 1, daß nur eine wechselnd große Zahl der Fälle der einzelnen Altersgruppen, schwankend zwischen 59,18 und 80,15% in den ersten 5 Altersgruppen diese Durchschnittswerte aufweisen.

Vergleichen wir diese gefundenen Werte mit den bisher vorliegenden Durchschnittszahlen anderer Untersucher, so haben wir schon in Tabelle 1 die Werte von *Mönckeberg*, *Jaffé-Sternberg*, *L. Kaufmann* und *Rössle-Roulet* eingefügt, die Unterschiede in allen Altersklassen von 2—5 Zehntel der aufsteigenden, von 1—3 Zehntel der absteigenden Aorta zeigen. Worauf diese Maßunterschiede beruhen, läßt sich nicht ohne weiteres vermuten. Sie können weniger durch die Menge der Einzelfälle in den verschiedenen Altersgruppen bedingt sein als durch Rassen- und Konstitutionsverschiedenheiten. So unbedeutend diese Unterschiede erscheinen, sie wirken sich zahlenmäßig stark aus bei der Berechnung der Aortenerweiterung vom jugendlichen zum mittleren Lebensalter. Eine Gegenüberstellung ergibt:

	<i>Mönckeberg</i>	<i>Jaffé-Sternberg</i>	<i>Kaufmann</i>	<i>Rössle-Roulet</i>	<i>wir</i>
Aufsteigende Aorta:	21,4	22,6	18,8	22,0	19,6%
Absteigende Aorta:	20,5	20,3	—	27,6	12,4

Die Zahlen drücken die Erweiterung in Prozent des Anfangswertes der Jugendjahre aus, bei *Mönckeberg* das 18. Jahr, *Jaffé-Sternberg* das 18. bis 20. Jahr, *L. Kaufmann* 18.—19. Jahr, *Rössle-Roulet* und *wir* die Altersgruppe 17.—19. Jahr. Die Gegenüberstellung zeigt, daß bei *Rössle-Roulet* die absteigende Aorta eine stärkere Erweiterung erfährt als die aufsteigende, während bei den übrigen Untersuchern das Umgekehrte der Fall ist. Theoretisch muß zwar erwartet werden, daß die absteigende Brustaorta mit ihrer Alterserweiterung hinter der aufsteigenden zurückbleibt. Der Unterschied unseres Meßergebnisses zu dem der übrigen Untersucher ist aber ungewöhnlich groß. Worauf er beruht, ist schwer zu entscheiden. Es kann an der Verschiedenheit des Meßpunktes der Aorta unmittelbar oberhalb des Zwerchfells liegen. Dieser Meßpunkt kann nach Maßgabe des Vorgehens je nach der Höhe des Zwerchfellstandes verschieden sein. Wir haben leider zu spät an diese Fehlerquelle gedacht und möchten darum besonders darauf hinweisen, daß zukünftig solche Messungen an der Abgangsstelle der 8. oder 9. Intercostalarterie vorgenommen werden müssen. Jedoch erklärt der etwaige Höhenwechsel nicht die

Größe der Differenz. Es ist ebenso möglich, daß die geringe Weitenzunahme der absteigenden Aorta eine Besonderheit der untersuchten Generation ist. So müssen zunächst weitere Beobachtungen abgewartet werden.

*b) Schwankungen.* Die Durchschnittsmaße der einzelnen Altersgruppen wie auch die Prozenterweiterung mit zunehmendem Alter sind die notwendigen Vergleichswerte für alle Maßabweichungen, die nun angeführt werden sollen. Wie in Tabelle 1 erkennbar, treten beträchtlich größere Weiten auf, die  $0,9-2,0 \text{ cm} = 12,46-34,75\%$  Erhöhung des Durchschnittsmaßes der aufsteigenden und  $0,7-1,3 \text{ cm} = 15,29-28,32\%$  bei der absteigenden Aorta ausmachen. Das besagt z. B., daß in der Altersgruppe 17—19 Jahre eine Weite der aufsteigenden Aorta vorkommt, wie sie der Altersgruppe 40—44 Jahre entspricht. Umgekehrt treffen wir in der Jahresklasse 35—39 Jahre eine Weite der aufsteigenden Aorta an, wie wir sie als Durchschnittsmaß des Jugendalters 17—19 Jahre führen. Einen etwas geringeren Grad zeigen die Erniedrigungen der Aortenweite, die im aufsteigenden Teil  $0,5-1,3 \text{ cm} = 8,82-22,82\%$ , im absteigenden Abschnitt  $0,3-0,9 \text{ cm} = 7,95-19,15\%$  des Durchschnittsmaßes betragen. Das bedeutet, daß z. B. in den 4 Altersklassen 20—39 Jahre eine Weite der auf- und absteigenden Aorta zu finden ist, die unter dem Durchschnitt der Altersklasse 17—19 Jahre liegt. Tabelle 1 gibt jeweils unter Nr. 2 und 3 die höchsten und die niedrigsten Weiten sowie die Prozent-Erhöhung und -Erniedrigung zum Durchschnittsmaß an. Welches hohe Maß diese Abweichungen und Schwankungen erreichen, zeigt die Differenz von Höchstmaß: Niedrigstmaß, die unter Nr. 4 der Tabelle 1 eingetragen ist. In den einzelnen Jahresgruppen erreicht die Schwankungsbreite bei der aufsteigenden Aorta ein Ausmaß bis  $3,2 \text{ cm} = 56,74\%$ , bei der absteigenden Aorta bis  $2,0 \text{ cm} = 44,25\%$  des Durchschnittsmaßes! Das sind sehr große Werte und Abweichungen.

Vergleichen wir das Vorkommen von Weite und Enge der Aorta in den einzelnen Jahresgruppen, so ist in allen bei aufsteigendem wie absteigendem Teil das Maß der Weitenzunahme größer als das Maß der Engigkeit. Vergleichen wir auf- und absteigende Aorta: die Erweiterungen bezogen auf das Durchschnittsmaß, sind bei einer Ausnahme in der aufsteigenden Aorta gleich oder, wie in den beiden ersten Gruppen, wesentlich größer als in der absteigenden. Auch das Maß der Engigkeit ist in dem aufsteigenden Brustabschnitt größer als im absteigenden. Die Prozentschwankungen des Durchschnittsmaßes (= physiologische Schwankungsbreite) zeigen geringe Unterschiede zwischen auf- und absteigender Aorta, stimmen sogar weitgehend überein mit Ausnahme der Altersgruppe 30—34 und 35—39 Jahre.

Von Bedeutung ist bei der vorgefundenen Größe der Schwankungen ihre Häufigkeit. Nr. 5 und 6 der Tabelle geben Anzahl der Fälle der einzelnen Jahresklassen und Prozent der Fälle an. Der Wechsel

der Werte ist eigentlich: eine Weitenzunahme der aufsteigenden Aorta kommt am häufigsten vor in der Reihenfolge der Altersgruppen 35—39, 17—19, 30—34 und 20—24 Jahre, in dem absteigenden Teil in der Reihenfolge 30—34, 35—39 und 20—24 Jahre. Eine Weitenabnahme der aufsteigenden Aorta zeigt folgende Häufigkeitsfolge: 20—24, 17—19 und 35—39 Jahre, der absteigenden Aorta 17—19, dann in großem Abstand folgend 20—24 und 35—39 Jahre. Es ist demnach nicht nur das Maß der Schwankungen, sondern auch ihre Häufigkeit in den einzelnen Altersklassen beträchtlich und zwar besonders in den Jahren 20—24, 35—39 und 17—19. Mag die Anzahl der Fälle in den einzelnen Gruppen als zu klein für solchen Vergleich angesehen werden, so führen doch umfangreichere Messungen eine wesentliche Änderung der Zahl der Schwankungs-differenzen nicht herbei. Bei unserem Material beträgt die Zahl der Fälle, die sich über 10% Erhöhung oder Erniedrigung vom Durchschnittsmaß entfernt, 269 unter 580 Gesamtfällen, also = 45,36% ! Das ist ein sehr hoher Prozentsatz.

c) *Befunde früherer Untersucher.*

*Suter* (1897) und *Scheel* (1908) beobachteten große Schwankungen innerhalb einzelner Jahresschichten, so daß bei 21—30jährigen die Höchstmaße doppelt so groß waren als die Niedrigstmaße (*Suter*). — *Kani* (1910) hat Durchschnittsmaße aus Umfangsmessungen von 6—20 Fällen errechnet und geht in diesem kleinen Material auf Zahl und Größe der Schwankungen nicht ein. — *L. Kaufmann* (1919) hat die Kriegsmessungen von *Aschoff* und seinen Assistenten in den Feldprosektoren an 685 Fällen ausgewertet. Für den Vergleich mit unseren Meßstellen kommen hier nur die Werte der Aortenwurzel in Betracht, bei denen *Kaufmann* hervorhebt, daß hier „leicht Fehler von 3—4 mm gemacht werden“. Die von *Kaufmann* gefundenen Schwankungen entnehmen wir einer auszugsweisen tabellarischen Zusammenstellung (S. 9), zu der sie schreibt: „Ein Bild von der Buntheit der Zahlen ergibt sich schon, wenn man einfach einige Fälle gleichen Alters und gleicher Größe bei vollständig gesunden, an schweren, rasch tödlich verlaufenen Schußverletzungen verstorbenen Individuen einander gegenüberstellt“. Bei 12 Fällen der Altersgruppe 20—24 Jahre dieser Zusammenstellung finden wir als niedrigstes Maß der aufsteigenden Aorta 5,1 cm, als höchstes 6,5 cm, während des Mittelmaß ihrer Gesamtfälle dieser Altersgruppe 5,74 cm beträgt. Bei der Brustaorta am absteigenden Teil mit dem von ihr errechneten Mittelwert von 4,2 cm derselben Altersgruppe führt sie Schwankungen an, die zwischen 3,3 und 5,3 cm liegen. Hieraus entnehmen wir, daß die von *Kaufmann* beobachteten Schwankungen wie bei unserem Material sehr groß gewesen sind. Als angenommene „normale Breite“ hat *Kaufmann* aufgestellt: für auf- und absteigende Brustaorta je 3,8 cm, für Bauchaorta 3,2 cm, die dem gefundenen Mittelwert zugerechnet oder abgezogen werden. Bei der aufsteigenden Aorta nimmt sie danach als „normale Breite“ einen Wert an, der zwischen 6,8% Erhöhung bzw. Erniedrigung des Durchschnittswertes (Altersklasse 18—19 Jahre) und 5,6% (Altersklasse 40—44 Jahre) schwankt. Die von *Kaufmann* angenommene „normale Breite“ des Durchschnittmaßes  $\pm$  5,6—6,8% gestattet geringeren „physiologischen“ Spielraum als die von uns angenommene „physiologische Schwankungsbreite“ von Durchschnittmaß  $\pm$  10%. — Von besonderer Bedeutung für unsere Fragestellung sind die Untersuchungen von *Jaffé-Sternberg* (1919), die unter dem Titel: „Über die physiologischen Schwankungen des Aortenumfanges“ erschienen sind. Ihre Durchschnittsmaße bei 756 Fällen sind von uns ebenfalls in Tabelle 1 mit

aufgeführt. Sie haben „für jede Altersklasse gesondert, die Mittelwerte der fünf niedrigsten und fünf höchsten Maße bestimmt“. Vom allgemeinen Durchschnittmaß ergaben die niedrigsten Maße eine Differenz von 12,4—15,9%, die höchsten Maße von 15,4—18,9% des Durchschnittmaßes. Diese Schwankungen sind demnach etwas geringer als die von uns festgestellten. Zur Schwankungsbreite = höchstes: niedrigstes Maß, geben sie an, „daß der Spielraum für den Umfang der Aorta oberhalb der Klappe zwischen 18—46 Jahren ziemlich gleichmäßig rund 30% des Mittelwertes beträgt“. Nach den Messungen an unserem Material lag die Schwankungsbreite zwischen 21,3 und 43,0%. — *Mönckeberg* hebt hervor (1921), „daß die höchsten Werte der anderen Autoren so stark überschreiten, daß die Differenz zwischen niedrigsten und höchsten Werten, also die Variationsbreite der Aortenwurzelweite bei mir überall wesentlich größer ist als bei den anderen Autoren“. „Ob das Vorkommen der höheren Höchstmaße bei mir auf Zufall oder auf der Verschiedenartigkeit des in den Statistiken verwendeten Materials beruht, muß dahingestellt bleiben“; *Mönckeberg* hat vornehmlich „garnisondienstpflchtige oder noch in der Ausbildung begriffene Leute“ seziert. Er hat die von *Jaffé-Sternberg* veröffentlichte tabellarische Darstellung der 5 gleichartig ausgewählten Werte und die von *L. Kaufmann* ergänzt. — Bei *Rössle-Roulet* werden Wertunterschiede nicht besprochen (1932). Über die Schwankungen äußern sie sich (S. 36): „Physiologische Schwankungen sind nicht unbeträchtlich . . .“.

### Die Maßschwankungen der eigenen Weitendifferenz.

Es handelt sich hier um das Maß der Verengerung, die die Aorta vom Anfangsteil oberhalb der Klappen bis zur Durchtrittsstelle durch das Zwerchfell erfährt. Es ergibt sich im Einzelfall aus der Differenz der Werte an den beiden Meßstellen.

*a) Durchschnittsmaß.* Das Durchschnittsmaß ist von uns nicht aus der Differenz der Durchschnittswerte von auf- und absteigender Aorta, sondern aus der Summe der Einzelwerte errechnet worden. Es beträgt in der jüngsten Altersgruppe (17—19 Jahre) 1,45 cm und steigt bis auf 1,81 cm in den mittleren Jahren (40—44 Jahre). Das bedeutet eine Differenzerhöhung um 24,8%. Der Wert dieser Vergrößerung der eigenen Weitendifferenz mit zunehmendem Alter ist nur etwas höher als der Wert, den andere Untersucher und wir für die Alterserweiterung sowohl der auf- wie der absteigenden Brustaorta errechneten (s. S. 27). Er ist allerdings doppelt so hoch als die von uns gefundene Alterserweiterung der absteigenden Aorta.

Durchschnittswerte der eigenen Weitendifferenz der Brustaorta sind im Schrifttum nicht angegeben. Man könnte sie aus der Differenz der Durchschnittswerte der einzelnen Autoren errechnen, wenn diese Methode nicht zu ungenau wäre.

*b) Schwankungen.* Nachdem sich so zahlreiche und so große Schwankungen der Weite von auf- und absteigender Aorta ergeben hatten, finden wir nun gleichgroße und häufige Schwankungen bei Errechnung der Weitendifferenz in Einzelfall und Altersgruppe. Als höchstes Maß wurde eine eigene Weitendifferenz von 3,2 cm als niedrigstes Maß eine solche von 0 cm gemessen. Das besagt z. B. bei der Altersgruppe

Tabelle 2. Maßschwankungen der eigenen Weitendifferenz.

	Altersgruppe					
	17—19	20—24	25—29	30—34	35—39	40—44
	49	200	136	127	47	21
1. Durchschnitt der eigenen Weitendifferenz <sup>1</sup>	1,45	1,35	1,62	1,52	1,5	1,81
2. Höchstes Maß	2,8	3,2	2,7	3,2	2,6	2,8
= % Erhöhung des Durchschnittsmaßes	93,10	137,04	66,67	110,53	73,33	54,7
3. Niedrigstes Maß	0,7	0	0,3	0,2	0,3	0,9
= % Erniedrigung des Durchschnittsmaßes	51,72	100,0	81,48	86,84	80,0	50,28
4. Schwankung höchstes : niedrigstes Maß	2,1	3,2	2,4	3,0	2,3	1,9
= % des Durchschnittsmaßes	144,82	237,04	148,18	197,36	153,3	104,97
5. Zahl der Fälle mit Durchschnittsmaßerhöhung um 20% und mehr	17	71	31	38	17	5
= % der Fälle	34,69	35,5	22,79	29,92	36,17	23,81
6. Zahl der Fälle mit Durchschnittsmaerniedrigung um 20% und mehr	16	59	43	39	18	6
= % der Fälle	32,65	29,5	31,62	30,71	38,30	28,57
7. Zahl der übrigen Fälle mit Durchschnittsmaß $\pm$ 20% = physiologische Schwankungsbreite	16	70	62	50	12	10
% der Fälle	32,65	35,0	45,59	39,37	25,53	47,62

<sup>1</sup> Alle Maße dieser Tabelle sind in Zentimeter angegeben.

20—24 Jahre, daß in dem einen Fall eine Differenz zwischen auf- und absteigender Aorta von 3,2 cm besteht, die Aorta auf ihrem Weg zu Zwerchfell also eine starke Verengerung erfährt — daß in einem andern Fall derselben Gruppe die Aortenweite ihr Maß beibehält und sich nicht verengert. Wie aus Tabelle 2 zu ersehen, bedeuten die Höchstmaße der Weitendifferenz eine Erhöhung des Durchschnittswertes um 54—137%, die niedrigsten Maße eine Erniedrigung um 50—100%, so daß damit eine Schwankungsbreite von 104—237% des Durchschnittswertes vorliegt. Die stärkste Vergrößerung der eigenen Weitendifferenz findet sich in der Jahressklasse 20—24 Jahre, dann folgen die Gruppen 30—34 und 17—19 Jahre. Die stärkste Verkleinerung der eigenen Weitendifferenz fällt wieder in die Altersgruppe 20—24 Jahre, der die Gruppe 30—34 und 25—29 Jahre nachfolgt. Die beiden Jahressgruppen 20—24 und 30—34 Jahre zeigen sowohl die größten Ausmaße als auch das häufigste Vorkommen der Schwankungen.

Unsere Annahme einer als physiologisch geltenden Schwankungsbreite von  $\pm 10\%$  des Durchschnittswertes bei den Schwankungen der Weite der auf- und absteigenden Aorta müssen wir bei der eigenen Weiten-

differenz auf  $\pm 20\%$  erhöhen, um außerhalb der Fehlergrenzen der Meßmethode zu bleiben. Bei gleichem Vorgehen wie in Tabelle 1 läßt Nr. 5—7 der Tabelle 2 erkennen, daß 25—47% der Fälle diese als „physiologisch“ proponierte Schwankungsbreite aufweisen. Die Zahl der Fälle mit Erhöhung und Erniedrigung der „normalen“ eigenen Weitendifferenz ist sehr groß. — Angaben hierüber fehlen im Schrifttum.

### Die Schwankungen der Dehnbarkeit der Brustaorta.

Nach persönlicher und schriftlicher Rücksprache mit einigen Physiologen und Vorlage unserer Meßwerte wurde uns eingewendet, daß die beträchtlichen Wertunterschiede auf Schwankungen der Dehnbarkeit der einzelnen Aorten beruhen könnten. Wir haben darum Versuche zur Bestimmung der Dehnbarkeit bei 60 Fällen angestellt und schließlich die Methode von *Ranke* übernommen und erweitert.

a) *Methodik.* Die aufsteigende Brustaorta wurde 1 cm oberhalb der Klappen abgetrennt und in Zusammenhang mit der absteigenden unaufgeschnitten herausgenommen. Sie wurde durch Verkürzung des zwerchfellnahen Teils auf eine Länge des inneren Bogens von 13,5 cm gebracht. Unter Belassung in seinem an der Leiche gegebenen Dehnungszustand wurde diese Längenbestimmung des Aortenrohres so genau wie möglich vorgenommen. Das am Herzen belassene Aortenstück wurde aufgeschnitten und zur Breitenmessung des aufsteigenden Teils, ein entsprechendes Stück an der zwerchfellnahen Durchtrennungsstelle aufgeschnitten und zur Breitenmessung des absteigenden Teils verwendet. So waren vor der Elastizitätsbestimmung des Aortenrohres die Maße bekannt. An dem unaufgeschnittenem Aortenrohr wurden alle Weichteile bis zur Adventitia sorgfältig abpräpariert und die großen Arterien des Bogens unterbunden. Ein Kondom, der 3—4 cm länger war als das Gefäßrohr, wurde eingelegt, um eine Abdichtung der Abgänge der Intercostalarterien zu erreichen. Die beiden Rohröffnungen wurden durch Gummistöpsel verschlossen, dabei die Kondomöffnung sorgfältig um den Stöpsel eingebunden. Die Stöpsel waren eingekerbt, so daß stets der gleiche Anteil von 3 mm in die Lichtung des Aortenrohres hineinragte. Durch den Stopfen am zwerchfellnahen Ende war ein Glasrohr gebohrt, das mit dem Gummischlauch eines russischen Blutdruckapparates in Verbindung stand. Das so verschlossene Aortenrohr wurde nun in eine Art großen *Erlenmeyer*-Kolben eingelegt, der mit Wasser vollgefüllt wurde und durch dessen Gummistopfen das Glasrohr des Aortenrohres und weiterhin eine graduierte Glaspürette als Steigrohr führte. Nach Kontrolle, daß die Stopfen am Aorta und Glasbehälter dicht waren, wurde nun mit dem Gummiballon des Blutdruckapparates das Aortenrohr bis zur Druckhöhe von 50 mm Hg aufgeblasen und das Steigrohr bis zur Nullmarke mit Wasser aufgefüllt. Die bei weiterer Druckerhöhung aus dem Glasbehälter durch Dehnung der Aorta verdrängte und in der

Pürette aufsteigende Wassermenge wurde bestimmt und zwar bei einem Druck von 80, 100, 110, 120, 150 und 180 mm Hg im graduierten Steigrohr abgelesen. Der Versuch wurde wiederholt. Beim Ablassen der Druckluft ergab sich meist, daß bei einer Druckhöhe von 50 mm Hg der Wasserstand an der Nullmarke der Pürette nicht mehr genau übereinstimmte. Entweder mußte etwas Wasser nachgefüllt oder solches abgelassen werden. Die nun folgende Zweitablesung ergab bei den einzelnen Druckhöhen Differenzen, die bei jeder Aorta verschieden waren und auch bei den Druckhöhen eines Falles wechselten. Sie betrugen bis zu 2 ccm. Als Ergebnis der Volumenbestimmung wurde darum für jeden einzelnen Druckwert das Mittel aus zwei Ablesungen genommen.

Nach dieser Volumenbestimmung wurde dasselbe außerhalb des Wasserbehälters wiederholt, um Messungen des äußeren Durchmessers mit Schubleere und Druck von 50, 80, 100, 110, 120, 150 und 180 mm Hg vorzunehmen. Die Messung in zwei Ebenen erübrigte sich, nachdem wir ausreichend oft festgestellt hatten, daß das Aortenrohr sich immer ganz gleichmäßig rund ausgedehnt und keine Meßunterschiede in zwei Ebenen feststellbar sind. Die Meßpunkte wurden vorher mit Tintenstift genau festgelegt. Es war auffallend, wie verschieden sich die einzelnen Aorten bei Druckerhöhung verhalten bezüglich Aufrichtung, Streckung und Dehnung des Bogenanteils. Wir konnten dabei feststellen, daß auch bei ganz gleicher Abtrennung der Abschnitt zwischen Aortenklappen und Abgang der großen Halsarterien verschiedene Länge aufweist.

Nach der Bestimmung des äußeren Durchmessers der verschiedenen Aortenabschnitte wurde letztlich noch die Längenzunahme bei der gleichen Druckerhöhung von 50, 100, 120, 150 und 180 mm Hg ermittelt. Die Messung wurde an der durch Tintenstift aufgezeichneten Mittelachse des Gefäßrohres ausgeführt. Fehler von 1—3 mm sind bei dieser wenig genauen Methode gegeben.

*b) Volumen.* Ein Vergleich der Werte innerhalb jeder einzelnen der 4 Jahresgruppen ergibt kein gesetzmäßiges Verhalten. In allen Altersklassen kommen große Schwankungen vor und Ausnahmen derart, daß einzelne Fälle einer Gruppe mit weiterer Aorta geringe Volumenwerte aufweisen und umgekehrt. Hierfür bietet die Jahresgruppe 17—19 Jahre schon mehrere Beispiele: die Fälle 5, 13 und 15 mit größerer Aortenweite haben geringere Volumenzunahme bei allen verschiedenen Druckhöhen als Fall 1 mit kleinster Aortenweite dieser Gruppe. Das gleiche gilt für Fall 35 der Gruppe 25—29 Jahre, für die Fälle 48, 49, 54 und 58 der Gruppe über 30 Jahre. Diese 8 angeführten Fälle sind jedoch die einzigen, die innerhalb der einzelnen Jahresklassen solches gegensätzliches Verhalten aufweisen, während sonst bei den verbleibenden 52 Fällen die Regel ist, daß bei kleinen Aortenweiten kleinere Volumina zu finden sind als bei weiten Aorten. Die Wertunterschiede sind dabei unregelmäßig in der Größe, die Erhöhung der Volumenzunahme entspricht nicht überall

der Höhe der Druckvermehrung. Trotzdem scheinen uns die Werte eine Antwort auf die oben angeführte Frage zu geben und zu beweisen, daß bei 8 Ausnahmen unter 60 Fällen weite Aorten eine größere Dehnbarkeit besitzen als enge Aorten. — Vergleichen wir die Volumenwerte bei den verschiedenen Druckhöhen in den 4 Altersgruppen, so ergeben die Mittelwerte aus den 15 Fällen jeder Altersklasse eine Volumenzunahme mit zunehmendem Alter, wie die folgende Zusammenstellung zeigt:

Alter Jahre	80 * mm Hg ccm	100 mm Hg ccm	110 mm Hg ccm	120 mm Hg ccm	150 mm Hg ccm	180 mm Hg ccm
17—19	11,7	21,1	26,2	31,0	43,9	52,5
20—24	13,1	23,4	28,9	34,1	48,5	57,5
25—29	13,8	24,0	29,5	34,3	46,3	53,7
über 30	14,9	25,7	31,3	35,5	46,7	53,5

Ermittelt man innerhalb der einzelnen Druckhöhen die Differenz der Volumina und erfaßt so die Unterschiede der altersbedingten Volumenzunahme, so zeigen die Werte folgendes wechselndes Verhalten:

80 mm Hg ccm	100 mm Hg ccm	110 mm Hg ccm	120 mm Hg ccm	150 mm Hg ccm	180 mm Hg ccm
3,2	4,6	5,3	4,5	2,8	1,4

Die altersbedingte Volumenzunahme ist bei niedrigen Drucken größer als bei hohen Drucken. Sie nimmt mit steigendem Druck bis zur Druckhöhe von 110 mm Hg zu, sinkt bei den folgenden Druckhöhen von 120, 150 und 180 mm Hg erstaunlich schnell ab. Der Scheitelpunkt zwischen Anstieg und Abfall muß zwischen Druck von 110 und 120 mm Hg liegen. — Die Zusammenstellung der Mittelwerte der Altersgruppen läßt aber noch zwei weitere Auffälligkeiten erkennen: 1. Die große Volumenzunahme zwischen Altersklasse 17—19 Jahre und 20—24 Jahre, während nach 24 Jahren die Alterszunahme der Volumina geringer ist. 2. Die Jahresgruppe 20—24 Jahre liegt bei Druck von 150 und 180 mm Hg mit dem Volumenwert von 48,5 und 57,5 ccm höher als die Gruppe über 30 Jahre! — Gehen wir diesen letztgenannten Besonderheiten weiter nach, so finden sich große Einzelschwankungen der Volumenzunahme bei Druckerhöhung. Die Niedrigst- und Höchstwerte betragen z. B. bei Druckerhöhung von 120 auf 150 mm Hg bei 17—19 Jahren: 7,6—18,1 ccm Wasserverdrängung, bei 20—24 Jahren: 9,7—19,1 ccm, bei 25—29 Jahren 7,5—17,6 ccm, über 30 Jahre: 8,6—13,6 ccm. Die Niedrigstwerte betreffen bei Altersklasse 17—19 Jahre zwei der oben angeführten Ausnahmefälle. Niedrigst- und Höchstwerte kommen jedoch in jeder Gruppe nur 1—2mal vor, die Mehrzahl der Werte liegt nahe beieinander. Vergleichen wir darum nun die Mittelwerte der Volumenzunahme bei Druckzuwachs von

\* Bei unserem methodischen Vorgehen ist der Innendruck von 50 mm Hg = 0 gesetzt!

80 auf 100 mm Hg, von 100 auf 110 mm Hg usw., so ergibt die folgende Zusammenstellung in Ergänzung der vorangehenden wieder zwei Besonderheiten:

Alter Jahre	Druckzunahme				
	80—100 ccm	100—110 ccm	110—120 ccm	120—150 ccm	150—180 ccm
17—19	9,4	5,1	4,8	12,9	8,2
20—24	10,3	5,5	5,2	14,4	9,0
25—29	10,2	5,5	4,8	12,0	7,4
über 30	10,8	5,6	4,2	11,2	6,8

1. Bei geringem absoluten Druck von 80, 100 und 110 mm Hg steigt mit zunehmendem Alter die Volumenzunahme bei Druckzuwachs. Bei höherem absoluten Druck von 120, 150 und 180 mm steigt dagegen die Volumenzunahme nur bis zum Alter von 20—24 Jahren und fällt ab 25—29 Jahren mit zunehmendem Alter ab. 2. Dieser Rückgang der Volumenzunahme oberhalb des Druckes von 110 mm Hg wirkt sich bei der Altersklasse über 30 Jahre so stark aus, daß ihre Werte nicht nur geringer sind als bei Gruppe 20—24 Jahre sondern sogar geringer als bei Gruppe 17—19 Jahre! Die Altersklasse 20—24 Jahre nimmt hiernach sowohl beim Vergleich der Mittelwerte der Volumina wie beim Vergleich der Mittelwerte der Volumenzunahme eine auffällige Sonderstellung ein.

Vergleichen wir die Volumenzunahme bestimmter Aortenweiten bei derselben Druckerhöhung und verschiedenen Jahresgruppen, so ergeben sich zunächst Schwierigkeiten, genau übereinstimmende Maße sowohl der aufsteigenden wie absteigenden Aorta bei mehreren Gruppen zu finden. Vergleicht man z. B. die Volumenzunahme bei einer Weite der aufsteigenden Aorta von 6,0—6,2 cm, der absteigenden von 4,0—4,2 cm, so entsprechen sich die Werte bei allen Gruppen nicht völlig, liegen aber nahe beieinander.

Außer der Beweisführung, daß weite Aorten größere Dehnbarkeit als enge besitzen, verdienen die herausgestellten Besonderheiten: daß mit steigendem Alter die Volumenzunahme bei Druckerhöhung über 110 mm Hg zurückgeht, obwohl die absoluten Volumina und die Aortenweite größer werden, daß die Altersklasse 20—24 Jahre bei höheren Drucken eine wesentlich größere Volumenzunahme erfährt als alle anderen Jahrguppen, besondere Beachtung.

c) *Äußerer Durchmesser.* Der Vergleich der hier gefundenen Werte innerhalb einer Altersgruppe wie zwischen den einzelnen Jahresklassen müßte theoretisch dasselbe Ergebnis zeigen wie der Vergleich im vorangehenden Abschnitt. Das trifft auch zu, wenn auch ein Überblick der Zahlen dem zunächst zu widersprechen scheint und auch hier mehrere Ausnahmen vorkommen. Aufmerksam geworden durch solche Schwankungen haben wir bei 41 Fällen nicht nur an 2, sondern an 5 Stellen den

äußeren Durchmesser bestimmt und zwar am Anfangsteil des Aortenbogens, vor dem Abgang der großen Halsgefäß, hinter dem Abgang derselben, am Abgang des ersten Paars der Intercostalarterien und am zwerchfellnahen Ende des 13,5 cm langen Aortenrohres. Die Meßstellen wurden durch Tintenstiftmarke vorher festgelegt, so daß die Durchmesser bei verschiedenem Druck immer an gleicher Stelle bestimmt wurden.

Entsprechend der von uns benutzten Methode muß bei Beurteilung der Meßwerte des äußeren Durchmessers berücksichtigt werden, daß die Volumenzunahme einer elastischen aber geschlossenen und an den Enden fixierten Röhre gemessen wurde. Hierbei beobachten wir die Besonderheit, daß zwar der Aortenbogen die stärkste Erweiterung des Durchmessers erfährt, der Bogen in sich wie die anderen Abschnitte des absteigenden Teils jedoch wechselnde Dehnbarkeit erkennen lassen. Das äußert sich darin, daß bei steigendem Druck an einem Abschnitt keine Durchmesserzunahme, ja sogar eine Durchmesserabnahme eintritt. Dieses Stehenbleiben oder der Rückgang der Durchmesserwerte in dem betreffenden Abschnitt geht aber regelmäßig mit einer stärkeren Wertezunahme in einem anderen der verbleibenden 4 Abschnitte einher, wird also kompensiert. Fälle dieses Verhaltens sind in allen Jahresgruppen zu finden. Als Beispiel führen wir Fall 56 an: 3. Meßstelle, Druck 120 mm Hg, Durchmesser 27,3 mm — Druck 150 mm Hg, Durchmesser 27,0 mm — Druck 180 mm Hg, Durchmesser 27,1 mm. — Ferner finden wir bei einigen Fällen folgenden Unterschied: als Beispiel die beiden Fälle 26 und (28): Aortenmaße 6,5:4,5 cm (6,3:5,0 cm), Volumenzunahme bei 120 und 150 mm Hg gibt eine Wasserverdrängung von 30,8 auf 45,0 ccm (43,9 auf 63,6 ccm), Änderung des Durchmessers an 1. Meßstelle von 32,3 auf 32,2 mm (32,1 auf 33,0 mm). Während die Werte der Wasserverdrängung bei Fall 28 wesentlich höher sind als bei Fall 26, sind die Durchmessermaße an 1. Meßstelle bei 120 mm Hg praktisch gleich, bei 150 mm Hg nur um  $\frac{8}{10}$  mm verschieden. Vergleicht man aber die Summe der Durchmesserwerte aller 5 Meßstellen bei beiden Fällen und zwar sowohl bei Druck von 120 mm Hg wie 150 mm Hg, dann zeigt Fall 28 wesentlich höheren Durchmesserwert als Fall 26. Dann kommt die zunächst unverständliche Differenz zwischen Volumenwert und Durchmesserwert in Wegfall und findet wieder ihre Erklärung in der wechselnden und verschiedenen Volumenzunahme bzw. Dehnbarkeit der einzelnen Abschnitte.

Bei dem Vergleich der Zunahme der Durchmesserwerte der Meßstellen untereinander und Druckerhöhung von 50 auf 180 mm Hg (Tabelle 3) bei engen Aorten (z. B. Fälle 4, 5, 18, 20, 32, 34, 46, 47) und weiten Aorten (z. B. Fälle 11, 14, 29, 30, 44, 45, 59, 60) findet sich unter diesen 16 Fällen die stärkste Erweiterung: 7mal oberhalb der Klappen (Meßstelle 1), 7mal vor Abgang der Halsgefäß (Meßstelle 2), 2mal in Höhe der obersten Intercostalarterien (Meßstelle 4). Ein Unterschied zwischen

Tabelle 3. Durchmesserzunahme bei Druckerhöhung von 50 auf 180 mm Hg an den 5 verschiedenen Meßstellen in den 4 Altersgruppen. Gegenüberstellung von 2 Fällen enger Aorta mit 2 Fällen weiter Aorta.

			Jahresgruppe					* über 30
			*   17—19	*   20—24	*   25—29	*   über 30		
Meßstelle 1 (dicht oberhalb der Aortenklappen)	enge Aorta	4   5,7	18   6,5	32   6,7	46   4,7			
		5   6,3	20   5,6	34   5,2	47   4,8			
	weite Aorta	11   6,6	29   7,5	44   6,8	59   6,6			
		14   8,4	30   7,5	45   6,0	60   6,8			
Meßstelle 2 (Aortenbogen vor Abgang der Halsgefäße)	enge Aorta	4   6,9	18   6,2	32   5,9	46   5,0			
		5   6,0	20   6,9	34   7,7	47   4,8			
	weite Aorta	11   7,3	29   8,4	44   5,9	59   7,0			
		14   7,2	30   7,3	45   7,0	60   6,6			
Meßstelle 3 (Aortenbogen hinter Abgang der Halsgefäße)	enge Aorta	4   5,0	18   5,1	32   5,3	46   3,7			
		5   6,3	20   6,4	34   4,9	47   3,9			
	weite Aorta	11   4,7	29   4,0	44   2,6	59   4,0			
		14   4,1	30   4,0	45   3,4	60   4,1			
Meßstelle 4 (absteigende Aorta, Höhe oberstes Paar der Inter-costalarterien)	enge Aorta	4   6,1	18   4,1	32   6,4	46   4,1			
		5   5,4	20   4,7	34   5,8	47   5,8			
	weite Aorta	11   7,0	29   6,4	44   3,9	59   5,9			
		14   6,0	30   4,9	45   6,4	60   5,9			
Meßstelle 5 (absteigende Aorta, Höhe Zwerchfell)	enge Aorta	4   4,7	18   5,1	32   6,2	46   4,3			
		5   4,9	20   6,2	34   5,1	47   5,2			
	weite Aorta	11   5,9	29   5,8	44   3,5	59   4,9			
		14   5,4	30   5,5	45   4,9	60   5,5			

engen und weiten Aorten besteht nicht mit der Ausnahme, daß die beiden Fälle mit stärkster Erweiterung an Meßstelle 4 zwei Fälle mit engen Aorten betreffen. Ein Vergleich der geringsten Vergrößerung der Durchmesser bei den gleichen 16 Fällen ergibt: 12mal hinter dem Abgang der Halsgefäße (Meßstelle 3), 2mal Aorta am Zwerchfell (Meßstelle 5), je 1mal Meßstelle 1 und 4. Das besagt: sämtliche weiten Aorten der 4 Jahresgruppen und auch die engen Aorten der beiden Jahresgruppen 25—29 und über 30 zeigen bei Druckanstieg von 50 auf 180 mm Hg die geringste Erweiterung an Meßstelle 3 = Aortenbogen hinter dem Abgang der Halsgefäße. Eine Ausnahme machen interessanterweise nur die engen Aorten der Altersklassen 17—19 und 20—24 Jahre. — Der Vergleich der Durchmesserwerte ergibt ferner als Reihenfolge der Meßstellen und gradatio ad minus bei weiten Aorten 4mal folgendes Verhalten (wobei die Zahlen die Meßstellen bedeuten, die erste Zahl die Stelle der stärksten, die letzte Zahl die Stelle der geringsten Erweiterung angibt): 4mal 1—2—4—5—3 und 2mal 2—1—4—5—3. Daraus geht hervor, daß bei 8 Fällen mit weiten Aorten 6mal eine gleichartige oder weitgehend ähnliche Folge der Erweiterung der Meßstellen vorliegt. Bei den engen Aorten besteht solche Übereinstimmung nicht, ist beim Vergleich ganz unregelmäßiges Verhalten der Meßstellen zu beobachten. — Vergleicht man die Durchmesserwerte der einzelnen Meßstellen innerhalb der 4 Jahres-

\* Nr. des betreffenden Falles in der Tabelle.

gruppen, so ergeben sich folgende Unterschiede: unmittelbar oberhalb der Aortenklappen (Meßstelle 1) ist bei Druckerhöhung von 50 auf 180 mm Hg die Erweiterung bei den weiten Aorten größer als bei den engen. Der Unterschied ist bei den weiten Aorten größer als bei den engen. Der Unterschied ist am stärksten in Altersklasse 17—29 und über 30 Jahre, am geringsten in Klasse 25—29 Jahre. Am Aortenbogen vor Abgang der Halsgefäße (Meßstelle 2) zeigen die Durchmesserwerte dasselbe Verhältnis weite:enge Aorta mit geringerer Wertdifferenz als bei Meßstelle 1. Die Erweiterung ist bei Meßstelle 2 am größten in Altersgruppe über 30 Jahre und bei 20—24 Jahren, während in Jahresklasse 25—29 Jahre bei Meßstellen 2—5 die Erweiterung der engen Aorten gleichgroß oder sogar größer ist als bei den weiten Aorten. Eine Besonderheit bieten die Durchmesserwerte am Aortenbogen hinter dem Abgang der großen Halsgefäße (Meßstelle 3): an dieser Meßstelle erweitern sich in allen Altersklassen die engen Aorten stärker als die weiten mit Ausnahme der Gruppe über 30 Jahre, in der aber die Differenz sehr gering ist. — Die Durchmesserwerte zeigen ebenso wie die vorangegangenen Tabellen die individuellen Unterschiede der Aorta und damit die Schwankungen eines Falles an den verschiedenen Meßstellen an wie auch die verschiedenen Weiten an Aortenwurzel und Zwerchfellnähe und damit die Schwankungen der eigenen Weitendifferenz.

*d) Längenmaß.* Bei einem Vergleich des axial gemessenen Längenmaßes der einzelnen Aorten muß berücksichtigt werden, daß jede Aorta vor dem Versuch auf eine Länge von 13,5 cm zurechtgeschnitten wurde. Schon bei einem Druck von 50 mm Hg sehen wir ganz unterschiedliche Längenzunahme bei 60 Fällen: als niedrigstes Maß 14,8 cm, als höchstes 17,3 cm. Dieselben Schwankungen kommen bei Druck von 180 mm Hg vor mit Niedrigstmaß von 17,7 cm und Höchstmaß von 21,8 cm. Bei einer Druckerhöhung von 50 auf 180 mm Hg schwankt die Längenzunahme der Aorta zwischen 1,9 und 5,1 cm. Vergleichen wir die Längenzunahme bei Druckerhöhung von 50 auf 180 mm Hg bei je 8 engen und 8 weiten Aorten der verschiedenen Altersklassen und benutzen hierzu dieselben Fälle wie bei dem früheren Vergleich S. 39, so zeigen 6 weite Aorten eine größere Längenzunahme als die engen, 2 weite Aorten eine geringere Längenzunahme als die engen derselben Altersgruppe. Diese Längenzunahme bei den weiten Aorten ist auffallenderweise nur in der Jahresgruppe 17—19 Jahre beträchtlich und schwankt hier zwischen 1,0—2,5 cm vermehrter Zunahme gegenüber den engen Aorten. In den späteren Altersklassen zeigen zwar in der Regel die weiten Aorten auch eine größere Längenzunahme als die engen — von den an zwei Beispielen angeführten Umkehrfällen und einigen Ausnahmen angesehen — aber sie ist wesentlich geringer als bei der Jahresgruppe 17—19 Jahre und beträgt weniger als 1 cm. Dabei ist festzustellen, daß diese Differenz der Längenzunahme zwischen weiten und engen Aorten mit zunehmendem

Alter immer kleiner wird. Errechnet man in jeder Altersklasse die Mittelwerte der 15 Fälle bei Druck von 50, 100, 120 und 150 mm Hg und vergleicht diese mit den Mittelwerten anderer Jahresgruppen, so ist ein nennenswerter Unterschied nicht festzustellen.

*e) Befunde früherer Untersucher.* Wir führen hier nur die Untersucher an, die bei ihren Elastizitätsbestimmungen eine Methode benutzt haben, die sich mit der unsrigen vergleichen läßt. Beim Einsatz an der Front ist ein gewährleistendes Literaturstudium unmöglich, zumal wenn es weit über das eigene Fachgebiet hinausreicht. So war es uns unmöglich, das Schrifttum der inneren Medizin und das der Physiologie ausreichend nachzusehen. Auf briefliche Anfragen vom Felde aus konnten uns neuere Arbeiten zu dem von uns bearbeiteten Fragenkomplex nicht namhaft gemacht werden. So können wir hier nur die beiden Veröffentlichungen von *J. Straßburger* anführen.

*Straßburger* hat in zwei Arbeiten Ergebnisse über die Weitbarkeit der Aorta vorgelegt. Die Untersuchungen betreffen die Aorta descendens und sind ausgeführt mit „einem in ihr Inneres eingeführten weichen, ganz dünnwandigen Gummischlauch . . .“, so daß die Aorta mit Luft aufgeblasen werden konnte. In einem kleinen Teil der 1907 und 1909 ausgeführten Versuche wurden nach dem Versuch Umfang und Länge des aufgeschnittenen Gefäßes gemessen. Solche „physikalisch anatomische Untersuchungen“ wurden vorgenommen an im ganzen 30 Aorten von Frauen und 32 Aorten von Männern ohne Berücksichtigung von Art oder Dauer der vorangegangenen Krankheiten, auch an Gefäßen mit Atherosklerose. Die tabellarische Wiedergabe bringt die Ausdehnung (Volumenzunahme) der Aorta descendens bei Druckzuwachs von 40—240, 80—160 und 60—140 mm Hg sowie das Volumen bei 40 mm Hg. Die Zahl der Fälle in den Altersklassen (17—30 Jahre, dann Dekade) schwankt zwischen 4 und 7. Hieraus sind für jede Jahresgruppe Mittelwerte errechnet. Die Schwankungen sind beträchtlich. Die Volumenzunahme bei Druckzuwachs 40—240 mm Hg schwankt in Jahresgruppe 17—30 Jahre zwischen 15,3 und 37,5 ccm, bei 31—39 Jahren zwischen 16,9 und 37,9 ccm, bei 50—59 Jahren zwischen 12,6 und 49,1 ccm. Entsprechende Schwankungen liegen in den übrigen Meßwerten der anderen Druckerhöhungen vor. „Für die Kapazitätszunahme bei bestimmten Druckzuwachs . . .“ ergab sich ihm beim Vergleich der Mittelwerte „mit zunehmendem Alter eine erhebliche Abnahme aller Werte bis bald auf die Hälfte“. „Ebenso finden wir mit steigendem Alter bei einem Innendruck von 40 mm Hg eine Zunahme des Volumens der Aorta bis beinahe auf das Doppelte des Ausgangswertes“. „Bezüglich des Kapazitätszuwachses im einzelnen“ führt er aus: „Wenn der Druck von 40 mm auf 240 mm Hg steigt, so finden wir, daß die Volumenzunahme bei jungen Leuten am größten ist, sich zwischen 20 und 40 Jahren ziemlich gleich bleibt, im 5. Lebensjahrzehnt deutlich abnimmt, sich im 6. beinahe wieder auf die frühere Höhe erhebt. In noch höherem Alter aber erfolgt ein unaufhaltsames Sinken“.

*Straßburger* vergleicht einige seiner Fälle mit Schwankungen mit den für die betreffende Altersklasse errechneten Mittelwerten und fand dabei, daß „trotz der auffallenden Enge und Kleinheit des Gefäßes die Kapazitätszunahme nur wenig unter dem Mittel liegt. Die geringe Weite und Größe einer Aorta sagt also, für sich genommen, noch in keiner Weise etwas über die absolute Größe der Kapazitätszunahme aus, deren das Gefäß fähig ist“. Hierzu bringt er noch einige Messungen an 4 Kindern von 3—7 Jahren und 4 Tieren. „Ebenso wie es enge Aorten mit geringer und enge Aorten mit, bei Erhöhung des Innendruckes, normaler und übernormaler Kapazitätszunahme gibt, ebenso findet man auch weite Aorten mit geringer

und weite Aorten mit guter Kapazitätszunahme“ „Und da für die Funktion der Aorta und ihrer Äste im Kreislauf diese Kapazitätszunahme das Maßgebende ist, so muß ich es für absolut unzulässig erklären, aus dem Befund allgemeiner Enge der Aorta, ohne genauere, quantitative Berücksichtigung ihrer Dehnbarkeit, ein Urteil darüber abzugeben, ob sie eine Erschwerung des Kreislaufs bedeutet habe, oder nicht. Im Mittel werden wir vielmehr damit zu rechnen haben, daß gerade die in der Leiche engen Aorten vermöge ihrer großen Dehnbarkeit für den Kreislauf die besten sind“. Er fand unter seinem Material nur 2 Fälle mit auffallend engen Aorten und geringer Volumenzunahme.

#### Vergleiche und Beziehungen.

Fast alle Voruntersucher haben sich bemüht, ihre Meßergebnisse in Beziehung zu setzen zu Faktoren, die einen Einfluß auf die Weite der Aorta haben können. Die Frage, ob umgekehrt eine weitendifferente Aorta einen Einfluß auf körperliche Leistungsfähigkeit oder Organfunktionen besonders von Herz und Kreislauf ausübt, wurde nur in Zusammenhang mit konstitutioneller Organhypoplasie gestellt. Zahl und Ausmaß der von uns ermittelten Schwankungen fordern, diesen Beziehungen erneut nachzugehen.

##### a) Körperlänge.

*Beneke* nahm an, daß die Aortenweite von der Körperlänge bestimmt wird. *Suter, Kani, Rössle, Jaffé-Sternberg* fanden keine weitere Abhängigkeit, als daß meist große Menschen eine weitere Aorta besitzen als kleine. *Scheel* schreibt: „Eine Differenz der Körperlänge von etwa 10 cm . . . führt eine entsprechende Differenz der Gefäßweiten mit sich, und diese beträgt für Aorta ascendens etwa 0,5 cm, für Aorta thoracica und abdominalis 3—4 mm“. *L. Kaufmann* bringt an Hand von 4—19 Fällen gleicher Größe in zwei Jahresklassen die errechneten Mittelwerte (Tabelle 3) und nochmals je 4 Fälle gleichen Alters und gleicher Größe, um „die Buntheit der Zahlen“ und damit zu demonstrieren, „daß von irgendwelcher Gesetzmäßigkeit überhaupt keine Rede ist“. *Rössle-Roulet* formulieren etwas zurückhaltender, daß „eine ausgesprochene Abhängigkeit der Lichtungsgröße von der Körperlänge . . . nicht zuzugeben ist“.

Eine Zusammenstellung von Fällen möglichst großer und möglichst kleiner Körperlänge, nach Maßgabe wie solche in den Altersklassen vorlag, umfaßt nur die kleine Zahl von 69 großen (über 177 cm) und 48 kleinen Menschen (unter 162 cm) und verdeutlicht, daß nur ein Bruchteil dieser Fälle solche Schwankungen aufweisen. Die Schwankungen sind bei kleinen Menschen häufiger als bei großen, bei großen und kleinen am häufigsten in der Altersgruppe 20—24 Jahre, sie fehlen in der allerdings zahlenmäßig zu kleinen Gruppe 40—44 Jahre. Auffallend sind die Schwankungsunterschiede: bei großen Menschen ist eine Weitenzunahme der aufsteigenden und absteigenden Aorta 6 bzw. 2mal so häufig wie die Weitenabnahme, bei kleinen Menschen umgekehrt die Weitenabnahme der auf- und absteigenden Aorta 2- bzw. 3mal so häufig wie die Weitenzunahme. Summe der Fälle und Prozentzahlen lassen das deutlich erkennen. Eine tabellarische Zusammenstellung zeigt, daß eine Gesetzmäßigkeit auch bei unserem Material nicht besteht, daß aber deutliche Häufigkeitsunterschiede der Schwankungen vorliegen. Das verdient bei

der „Buntheit der Zahlen“ (*L. Kaufmann*) hervorgehoben zu werden. Können wir doch bei den meisten Beziehungen physiologischer und pathologischer Befunde zu konstitutionellen Faktoren nur geringe oder große Häufigkeit bislang unterscheiden und feststellen. Eine Entscheidung kann nur die Sammlung weiterer Beobachtungen bringen. Die oben wiedergegebene Formulierung von *Rössle-Roulet* trifft sicher das Richtige. Wir würden ihr als Zusatz die Häufigkeitsunterschiede anfügen.

b) *Herzgewicht*. Zum Vergleich zwischen Aortenweite und Herzgewicht schreibt *Kani*: „Die gesunde Aorta behält ihre dem Alter und Geschlecht entsprechenden Maße durchgehends bei, gleichgültig welche Vergrößerung das Herz erleidet“. Dasselbe findet er bestätigt bei idiopathischer Herzhypertrophie mit Plethora. Umgekehrt beobachtete er bei Hypoplasie und Atrophie des Herzens inkonstantes Verhalten aber „wohl in den meisten Fällen zu geringe Maße der Arterien“. „Die Herzatrophie des Alters hat keinen Rückgang von Aortenweite und -dicke zur Folge“. *L. Kaufmann* hebt hervor: „Das eine ist mit Sicherheit zu konstatieren, daß enge Aorten sowohl bei kleinen wie auch großen, kräftig entwickelten (nicht hypertrofischen) Herzen vorkommen“. Sie findet außerordentlich große Schwankungen des Herzgewichtes. *Jaffé-Sternberg* stellen 77 Fälle (meist Klappenentzündung oder chronische Nierenleiden) mit Herzgewicht über 380 g tabellarisch zusammen in Vergleich mit Fällen, „bei denen das Herzgewicht innerhalb oder unterhalb der physiologischen Grenze lag.“ Bei hohem Herzgewicht waren in allen Altersklassen die Aorten um 2,5—5,7% weiter als bei kleinem Herzgewicht. Die Stellungnahme von *Rössle-Roulet* lautet: „Eine regelmäßige Größenbeziehung zwischen Herzgewicht und Weite der großen Schlagadern haben weder *Rössle* noch *L. Kaufmann* festzustellen vermocht, was angesichts der Abhängigkeit der Herzgröße von der Kreislaufperipherie und der teilweisen Unabhängigkeit der Abschnitte des Arteriensystems voneinander nicht wundernehmen kann“.

In einer eigenen, hier nicht wiedergegebenen Zusammenstellung derjenigen Fälle unserer Beobachtungen, bei denen das Herzgewicht 400 g und mehr beträgt, läßt nur ein sehr kleiner Teil der 54 Fälle Schwankungsabweichungen  $\pm 10\%$  des Durchschnittsmaßes erkennen, wobei die Weitenzunahme der aufsteigenden Aorta doppelt so häufig ist als ihre Weitenabnahme, während die absteigende Aorta nur un wesentliche Häufigkeitsunterschiede aufweist. Eine Gegenprobe ergibt, daß z. B. in der Altersgruppe 17—19 Jahre 7 Fälle mit weiter und 8 Fälle mit enger aufsteigender Aorta, in der Jahrestasse 20—24 Jahre 21 Fälle mit weiter und 42 Fälle mit enger aufsteigender Aorta in unserem Material vorliegen ohne Gewichtsvermehrung des Herzens! Hiernach können auch wir keine Beziehung zwischen Herzgewicht und Aortenweite feststellen, auch wenn man einschränken muß, daß bei einigen Verwundeten das Herzgewicht während des kurzwöchigen Krankenlagers abgenommen hat.

c) *Art und Häufigkeit der Schwankungen.* Eine von uns bei diesen Untersuchungen vorgenommene Gliederung der Art der Schwankungen liegt im Schrifttum nicht vor.

Die folgende Tabelle 4 verzeichnet die Häufigkeit der einzelnen Schwankungsarten innerhalb der verschiedenen Altersgruppen. Sie läßt erkennen, daß z. B. in der Jahresgruppe 17—19 Jahre die enge absteigende Aorta allein am häufigsten, in der Jahresklasse 20—24 dagegen die enge aufsteigende Aorta allein am häufigsten vorkommt. Die Summe der Schwankungen innerhalb der einzelnen Altersklassen zeigt an, daß die größte Zahl in der Gruppe 17—19 Jahre, die kleinste in der Gruppe 25—29 Jahre zu finden ist. Die Summe der Schwankungsarten ergibt folgende abnehmende Häufigkeitsfolge: enge aufsteigende Aorta allein (68 Fälle), weite aufsteigende Aorta allein (59 Fälle), enge absteigende Aorta allein (53 Fälle), weite absteigende Aorta allein (40 Fälle) und dann die beiden Kombinationsschwankungen. Diese Reihenfolge ist sehr interessant, zeigt sie doch neben der großen Zahl der Schwankungen überhaupt (269 Fälle unter 580 Gesamtfällen = 45,36%!), daß die Weitenschwankungen einzelner Aortenabschnitte viel häufiger sind als das gleichzeitige Vorkommen an den zwei Meßpunkten, daß im allgemeinen die Weitenabnahmen etwas zahlreicher sind als die Weitenzunahmen. Bedauerlich ist die große Ungleichheit der zur Verfügung stehenden An-

Tabelle 4. Art und Häufigkeit der Schwankungen.

	Altersgruppe						Summe der Einzel-schwan-kung %
	17—19 %	20—24 %	25—29 %	30—34 %	35—39 %	40—44 %	
Gesamtzahl der Fälle . . . . .	49	200	136	127	47	21	580
Erweiterete aufsteigende Aorta allein . . . . .	10	20,4	17	8,5	12	8,08	59 10,2
Erweiterete aufsteigende Aorta + erweiterte absteigende Aorta . . . . .	—	—	6	3	3	2,2	18 3,1
Verengte aufsteigende Aorta allein . . . . .	3	6,1	34	17	9	6,6	16 2,7
Verengte aufsteigende Aorta + verengte absteigende Aorta . . . . .	7	14,3	11	5,5	4	2,9	— — 25 4,3
Verengte absteigende Aorta allein . . . . .	12	24,4	20	10	10	7,3	6 4,7 5 10,6 — — 53 9,1
Erweiterete absteigende Aorta allein . . . . .	1	2,0	16	8	8	5,9	12 9,4 3 6,4 — — 40 6,9
Erweiterete aufsteigende Aorta + verengte absteigende Aorta . . . . .	—	—	3	1,5	—	—	— — — — 3 —
Verengte aufsteigende Aorta + erweiterte absteigende Aorta . . . . .	—	—	—	—	1	0,7	2 1,5 — — — — 3 —
Summe in den Jahresklassen . . . . .	33	67,3	107	53,5	47	34,5	56 44,0 25 53,1 — — 269

zahl der Fälle in den einzelnen Altersgruppen. Das Zahlenbild der Tabelle würde sich ändern, lägen in den Altersklassen etwa gleichmäßig 150 oder 200 untersuchte Fälle vor. Vielleicht würde dann irgendeine Regelmäßigkeit des Vorkommens der einzelnen Schwankungen hervortreten, die jetzt nicht festzustellen ist. Ferner muß hierbei hervorgehoben werden, daß unsere Festlegung der „physiologischen Schwankungsbreite“ auf  $\pm 10\%$  des Durchschnittsmaßes maßgebend das Zahlenbild der Tabelle bestimmt. Jede andere Grenzsetzung dessen, was als Erweiterung oder Verengerung zu gelten hat, würde die eine Zahlenreihe vergrößern, die andere verkleinern. Diese Einschränkung betrifft nicht die großen Häufigkeits- und Artunterschiede der Schwankungen, die außer den kleinen in dieser Zusammenstellung vorliegen.

*d) Werte der Dehnbarkeit.* Seit den Beobachtungen von *Rokitansky* und *Virchow* über das Vorkommen enger Aorten ist im Schrifttum fortlaufend in Zusammenhang mit der sog. Aorta angusta die Frage ventilirt worden, ob enge Aorten größere Dehnbarkeit aufweisen als weite. Wir verweisen hierzu auf die Besprechung von *L. Kaufmann*. Die von den Voruntersuchern benutzten Maßmethoden der Dehnbarkeit, so auch die Dicken- und Gewichtsbestimmungen gleicher Aortenstücke von *Rössle* und *Kani*, gestatten nun leider keinen Vergleich mit der Methode von *Straßburger* und *Ranke*, mit der wir arbeiteten. *Straßburger* verwendete zu seinen Bestimmungen der Dehnbarkeit sehr unterschiedliche Fälle mit vorangegangenen Krankheiten und pathologischen Veränderungen. Seine allgemeinen Ergebnisse stimmen mit den unsrigen nur darin überein, daß wir ebenso wie er eine Volumenzunahme bei höherem Alter feststellten. Einen weiteren Vergleich erlauben seine Befunde nicht, weil er seine Versuche an der Aorta descendens, wir aber an der Aorta thoracica durchführten. Beim Ausfall methodischer Vergleichsmöglichkeiten müßten hier nun Beziehungen und Vergleiche zu den vielen Ergebnissen klinischer und physiologischer Kreislaufuntersuchungen herausgestellt werden. Wir haben oben schon darauf hingewiesen, daß es beim mehrjährigen Einsatz in einer Feldprosektur leider unmöglich ist, das Schrifttum ausreichend durchzuarbeiten. Wir können darum nur weiter unten auf solche Beziehungen andeutungsweise aufmerksam machen.

Wir haben im vorangehenden Abschnitt Art und Häufigkeit der durch Messungen an der Leiche festgestellten Schwankungen besprochen. Bei den für die Dehnbarkeitsbestimmungen verwendeten 60 Fällen ist gleiches nicht durchführbar. Unsere Dehnbarkeitsbestimmungen sollten zunächst nur die Frage entscheiden, ob weite oder enge Aorten unterschiedliche Dehnbarkeit aufweisen gegenüber Aorten mit durchschnittlichem Weitenmaß. Diese Frage ist durch unsere Bestimmungen entschieden worden, daß bei 8 Ausnahmen Weitenabnahme mit geringerer, Weitenzunahme mit größerer Dehnbarkeit einhergeht. Im übrigen finden sich unter den 60 Fällen vorwiegend solche mittlerer Aortenweiten. Aus

äußersten Gründen konnten wir nicht auf den weiteren Anfall einer größeren Zahl von Dehnbarkeitsschwankungen warten. Mit dieser Einschränkung gilt, was wir in den vorangehenden Abschnitten über Beziehungen und Vergleiche ausführten, auch für die Werte der Dehnbarkeit.

Die von uns oben ausführlich dargelegten Dehnbarkeitsunterschiede und Schwankungen von Volumen und Volumenzunahme, Durchmesser und Durchmesserrzunahme bei Druckzuwachs können nur auf qualitativen oder quantitativen Gewebsverschiedenheiten der Aorta selbst beruhen. Von anatomischer Seite aus liegen Bestimmungen der Dehnbarkeit verschiedener und verschieden elastischer Gewebe vor. Von pathologisch-anatomischer Seite aus haben *Rössle* und *Kani* mikroskopische Dickenmessungen der Aortenwand vorgenommen. Die Untersuchungen zeigen jedoch, daß die bisher angewendeten Methoden nicht genügen, um die feineren morphologischen und funktionellen Unterschiede eines elastischen Gewebes — hier der Aortenwand — zu erfassen. Unabhängig davon, daß auf Grund methodischer Unzulänglichkeit die Abhängigkeit der Dehnbarkeitsunterschiede von qualitativen oder quantitativen Gewebsverschiedenheiten noch nicht feststellbar ist, weisen die von uns vorgenommenen Untersuchungen und Versuche beim Fehlen von Beziehungen zu einzelnen Faktoren auf die Faktorengruppe konstitutioneller Bedingungen und konstitutioneller Abhängigkeit hin.

#### Ergebnisse.

Überblicken wir die Einzelbefunde dieser Untersuchung, so sind Art, Häufigkeit und Vorkommen der Schwankungen innerhalb der Altersklassen besprochen und verglichen worden. Gesetzmäßigkeiten konnten wir bei den untersuchten Beziehungen nicht finden, wohl aber manche Regelmäßigkeit und Unterschiede der absoluten wie relativen Häufigkeit des Auftretens feststellen, die uns von Bedeutung erscheinen. Wo im gesunden oder kranken Organismus Gesetzmäßigkeiten der Form oder Funktion nicht aufzufinden sind, versuchen wir zunächst wenigstens Regelmäßigkeit und Häufigkeit zu erfassen bei dem Entscheid, ob der Beobachtung Bedeutung zuzumessen ist oder nicht. So sind auch wir vorgegangen. Wir fanden im Schrifttum nur zwei Arbeiten, die sich mit den Schwankungen der Aortenweiten befassen und sie ohne weitere Auswertung der Befunde als „physiologisch“ bezeichnen (*Jaffé-Sternberg, Straßburger*). Wir fanden bei *Rössle-Roulet* in „Zahl und Maß in der Pathologie“, der neueren Grundlage aller Vergleiche, die Schwankungen erwähnt mit dem einen Satz: „Physiologische Schwankungen sind nicht unbeträchtlich, . . .“ In den beiden genannten Arbeiten wie auch in den alten anatomischen Tabellen liegen keine Angaben vor, wo die Grenze des Physiologischen zu ziehen ist. Befunde bei gesunden und an einer äußerer Gewalteinwirkung plötzlich oder innerhalb kurzer Zeit verstorbenen Soldaten können nicht ohne weiteres als „physiologisch“

gelten. So müssen wir bei „Maß und Zahl in der Pathologie“ oft genug selbst die physiologischen Grenzen zu ziehen suchen. Die Durchschnittszahl ist hierbei kein Maßstab, wenn die Grenzwerte weit auseinanderliegen, und wenn große Schwankungen vorliegen. Das beweist unsere Tabelle 1 aufs neue, deren Durchschnittszahlen des eigenen Materials un wesentlich verschieden sind von denen der Voruntersucher und die auffallende Größe und Häufigkeit der Schwankungen völlig verdecken. Wir haben darum die Durchschnittszahl als Vergleichswert vergrößert um  $\pm 10\%$  und als „physiologische Schwankungsbreite“ bezeichnet, sofern der gefundene Wert nicht höher als 10% über und nicht kleiner als 10% unter dem Durchschnittswert der betreffenden Altersgruppe lag. Damit war beispielsweise der aufsteigenden Aorta ein „physiologischer Spielraum“ von mindestens 1 cm Schwankungsbreite zugebilligt.

Die erste Frage nach der Bedeutung der von uns aufgezeigten Schwankungen der Aortenweite gilt dem Entscheid, ob sie als „physiologisch“ anzusehen sind, wie Jaffé-Sternberg und Rössle-Roulet annehmen. Tabelle 1 gibt den Überblick und läßt ebenso wie Tabelle 4 die Häufigkeit von Weitenzunahme und Weitenabnahme in den verschiedenen Altersklassen erkennen. Nach Tabelle 1 schwankt die Zahl der Abweichungen vom Durchschnittsmaß  $\pm 10\%$  in den 5 ersten Altersgruppen (17—39 Jahre) zwischen 22 und 37% der Fälle bei der aufsteigenden Aorta, zwischen 20 und 41% bei der absteigenden. In den gleichen Jahresgruppen schwankt das Maß der Abweichungen vom Durchschnittsmaß bei der aufsteigenden Aorta zwischen 2,2 und 3,2 cm = 40—56% des Durchschnittsmaßes, bei der absteigenden Aorta zwischen 1,3 und 2,0 cm = 30—44% ! Hinzu kommen die Schwankungen der eigenen Weitendifferenz, d. h. des Maßunterschiedes zwischen Aortenwurzel und Aorta am Zwerchfell, deren Zahl 55—75% der Fälle, deren Maßschwankung vom Durchschnittsmaß 2,1—3,2 cm = 144—237% des Durchschnittsmaßes ausmacht. Das Maß der Schwankungen ist also sehr hoch, ihre Zahl sehr groß. Zur Bekräftigung führen wir hier nochmals an, daß wir unter 580 verwendeten Sektionsfällen 269 Fälle mit solchen Maßschwankungen feststellten, deren Ausmaß  $\pm 10\%$  Erhöhung oder Erniedrigung des Durchschnittsmaßes betrug. 45,36% der Fälle entfernen sich demnach mit ihren Aortenweiten beträchtlich von dem Durchschnittsmaß! Maß und Zahl machen diese Schwankungen bedeutsam, beantworten aber nicht die Frage, ob sie noch als physiologisch zu werten sind oder nicht.

Eine weitere Differenzierung der Befunde und Werte ergibt, daß die Schwankungen der Aortenweite in den ersten beiden Jahresgruppen (17—19, 20—24 Jahre) häufiger sind als in den beiden folgenden Altersklassen (25—29, 30—34 Jahre). Das Maß der Schwankungen ähnelt sich bei der aufsteigenden Aorta in den ersten 5 Jahresgruppen, ist aber im Alter 40—44 Jahre deutlich kleiner als in jüngeren Jahren. Dagegen zeigen bei der absteigenden Aorta die beiden Altersklassen 30—34 und

35—39 Jahre die größten Schwankungsmaße. Beim Vergleich der Schwankungen der eigenen Weitendifferenz treten Besonderheiten der einzelnen Jahresgruppen weniger in Erscheinung. Es verdient aber hervorgehoben zu werden, daß die Maßschwankungen unter 580 Sektionsfällen 360 Fälle = 62,0% betragen. Maß und Zahl der Schwankungen der eigenen Weitendifferenz sind also noch wesentlich höher als die oben angeführten Schwankungen der auf- und absteigenden Aorta.

Interessant ist weiterhin, daß das Maß der Weitenzunahme der auf- wie absteigenden Aorta in allen Altersklassen größer ist als die Weitenabnahme, daß umgekehrt aber die Engigkeit in fast allen Jahresgruppen häufiger vorkommt. Das tritt sowohl in Tabelle 1 wie in Tabelle 4 in Erscheinung: 140 Fällen mit Engigkeit des einen Aortenabschnittes allein oder beider zusammen stehen 113 Fälle mit Weitenzunahme gegenüber. Das wird wohl die Ursache sein, warum früher Beobachtungen zur Annahme des Vorliegens einer Aorta angusta führten, die in neueren Untersuchungen nicht mehr als Krankheitsbegriff und Konstitutionsanomalie anerkannt wird. Hierzu haben in neuerer Zeit besonders *L. Kaufmann* und *Rössle-Roulet* Stellung genommen. Unsere Beobachtungen und hier nochmals herausgestellten Zahlen bestätigen die Zusammenfassung von *L. Kaufmann* (S. 31): „Aorta angusta kommt in allen untersuchten Altersklassen vor. Abnorm weite Aorten sind nicht viel seltener als abnorm enge“. Diese Schlußfolgerungen gründet *L. Kaufmann* darauf, daß sie unter 685 Sektionsfällen 54 enge und 22 weite Aorten (unter Einrechnung der Bauchaorta) feststellte. Das ist mit 11% der Fälle nur ein Viertel der Häufigkeit, die wir beobachteten. Dabei hat *L. Kaufmann* als „normale“ Schwankungsbreite ein geringeres Maß angenommen, nämlich Durchschnittsmaß  $\pm 5,0\text{--}6,7\%$ , wir dagegen Durchschnittsmaß  $\pm 10\%$ ! Für dieses Mißverhältnis in der Häufigkeit der Schwankungen bei *L. Kaufmann* und uns finden wir keine andere Erklärung, als daß *L. Kaufmann* nicht alle Schwankungen aller Einzelabschnitte der Brustaorta verwertete. Sie gibt in Tabelle V (S. 10) als „normale Breite“ bei Altersklasse 20—24 Jahre als Höchstwert 45,9 mm, als Niedrigstwert 38,3 mm an. „Alle darunter gefundenen Maße sind nun im folgenden als „eng“, die darüberliegenden als „weit“ angesehen.“ Auf derselben Seite führt sie als Beispiel die Verteilung der gefundenen Werte eben derselben Altersgruppe (20—24 Jahre) bei der Brustaorta an. Daraus ersieht man, daß hier 14 Fälle vorkamen, die eine Weite von 36—33 mm, und 19 Fälle, die eine Weite von 46—53 mm zeigten. Demnach waren in dieser Jahresgruppe allein und bei der Brustaorta allein schon 33 Fälle mit Schwankungen außerhalb der „normalen Breite“ vorhanden. Unsere Messungen bestätigen ferner, daß eine Verminderung der Lichtungsweite der *ganzen* Brustaorta selten ist (21 Fälle = 3,6%). Von einer Hypoplasie der Brustaorta bei diesen Fällen zu sprechen ist um so weniger Anlaß, da gerade diese 21 Fälle nur eine geringe Überschreitung der von uns als „physio-

logische Schwankungsbreite“ angenommenen Werte zeigen. Die Bezeichnung *Aorta angusta* kann zudem nur dann Geltung haben, wenn die Aorta in allen Abschnitten Engigkeit aufweist. Dazu fehlen bei unserem Material die Werte der Bauchaorta. Demgegenüber möchten wir aber hervorheben, daß Anzahl und Ausmaß der *partiellen* Weitenzunahmen und Weitenabnahmen doch so groß ist, daß sie nicht einfach bei der Erledigung der Diskussion über die *Aorta angusta* mit abgetan werden können. Schon *Suter* fand Schwankungen des Durchschnitts um 19,7%, *Scheel* solche um 48%, *Jaffé-Sternberg* von 30% des Mittelwertes. Trotzdem werden noch von *Jaffé-Sternberg* die Schwankungen nicht gewertet. Als Grund hierfür ist wohl anzusehen, daß die betreffenden Untersucher keine gesetzmäßigen oder regelmäßigen Beziehungen der Aortenweite zu Körperlänge, Herzgewicht, Status thymico-lymphaticus und bestimmten Krankheiten (Tbc, Endokarditis, Schrumpfniere) ermittelten konnten. Das gilt bezüglich eines gesetzlichen Verhaltens auch für unser Material. Jedoch zeigt sich beim Vergleich der Schwankungen mit der Körperlänge, daß der Prozentsatz der bei besonders großen (55%) und besonders kleinen (68,7%) Menschen vorkommenden Weitenschwankungen der auf- und absteigenden Aorta höher ist als bei dem Gesamtmaterial (45,36%). Bei weiterer Gliederung ergibt sich, daß bei großen Menschen Weitenzunahmen der auf- und absteigenden Aorta häufiger sind (40,5%) als Engigkeit (14,49%) wie auch häufiger als bei kleinen Menschen (18,7%). Das genau umgekehrte Verhalten finden wir bei kleinen Menschen (49,9% Weitenabnahme zu 18,7% Weitenzunahme). Ein Einfluß der Körpergröße auf die Häufigkeit bestimmter Schwankungen ist damit offensichtlich im Gegensatz zu der Ablehnung einer Beziehung zur Aortenweite durch *L. Kaufmann*. Ein Vergleich von Herzgewicht und Schwankungen ergibt wie die früherer Untersucher keine faßbaren Beziehungen. Hierbei muß jedoch daran erinnert werden, daß das Herz sehr „gewichtslabil“ (*Rössle*) ist. Daß wir über tatsächliche Herzleistung in der Zeit vor dem Tod bei den einzelnen Verstorbenen nichts wissen, daß wir auch ohne jede Kenntnis sind, ob und welche Anpassung Herz, Kreislauf und Blutdruck des Betreffenden bei großer körperlicher Anstrengung zeigten, muß ebenfalls in Rechnung gestellt werden. Wir möchten darum ein Urteil über die Beziehung zwischen Aortenweite und Herzgewicht offen lassen, bis genügend klinisches Beobachtungsmaterial (Sportler) vorliegt.

Nach den Untersuchungen über die Wanddicke der Aorta von *Schiele-Wiegandt*, *Kani*, *Rössle*, *L. Kaufmann* (?), den Belastungsversuchen an Gefäßstreifen von *Suter*, den Kapazitätstests am Aortenrohr von *Straßburger* glaubte man allgemein die Anschauung *Virchows* bestätigen zu können, daß die enge Aorta gegenüber der weiten mit einer dünneren und stärker dehbaren Wand kombiniert sei. Unsere Ergebnisse zeigen das Gegenteil, daß allgemein bei weiten Aorten größeres Volumen und größerer Durchmesser feststellbar sind als bei engen Aorten. Das wird

belegt durch die Volumenbestimmung bei verschiedenem Druck im Wasserdrängungsversuch, durch die Durchmesserbestimmung. Auch hier kommen wieder zahlreiche Schwankungen vor, auch hier haben wir Ausnahmen mit gegenteiligem Befund beobachtet. Sie sind aber zahlenmäßig gering (8 unter 60 Fällen) und ändern weder bei Volumen- noch bei Durchmesserbestimmung, weder die Wertsumme noch den Durchschnittswert der weiten und engen Aorten. Auf Grund dieser unserer Versuchsergebnisse gehen also enge Aorten mit geringerer Dehnbarkeit einher als weite Aorten. Insoweit geben entgegen allen Ausführungen der Voruntersucher die Messungen der Aorta an der Leiche doch einen Maßstab ab, mit der Weite auch die Dehnbarkeit der Aorta zu erfassen, kann man an der Leiche größere Weite im allgemeinen auch größerer Dehnbarkeit gleichsetzen. Hatten wir oben die große Zahl und das hohe Maß der Schwankungen hervorgehoben, so erfahren beide jetzt eine weitere Betonung durch den Wegfall des möglichen Einwandes, daß Verengerung oder Erweiterung ausgeglichen werden durch eine der Weite entgegengesetzten Elastizität. Tabelle 1 verdient jetzt nochmals vorgenommen zu werden, um die Schwankungsbreite vor Augen zu führen. Bei der aufsteigenden Aorta liegen in den ersten 5 Altersgruppen Differenzen des inneren Umfanges von 2,2—3,2 cm vor. Das würde in den Jahrestklassen 17—19 und 20—24 Jahre einer Schwankung des Durchmessers von 1,46 und 2,16 bzw. 1,40 und 2,42 cm und damit einer Schwankung des Querschnitts von 1,67—3,66 qcm bzw. 1,53—4,58 qcm entsprechen. Zur Veranachalichung der Volumenschwankungen der Aorta bei Druckanstieg bringen wir als Beispiel aus der Jahressgruppe 20—24 Jahre Fall 20, dessen Aortenweite dem Durchschnittsmaß der Gruppe entspricht; Fall 30 mit stark erweiterter und Fall 16 mit etwas verengter aufsteigender Aorta. Die Werte des Querschnittsinhaltes in Quadratzentimeter (Fall 20 = 2,48 qcm, Fall 30 = 4,58 qcm, Fall 16 = 1,91 qcm), die Werte der Wasserverdrängung bei 120 mm Hg<sup>1</sup> und der Volumenzunahme bei Druckerhöhung von 120 mm auf 150 mm Hg<sup>2</sup> zeigen eindrucksvoll die enorme Erhöhung des Volumens bei der Aortenweitenzunahme (Fall 30), die Erniedrigung bei Aortenengigkeit (Fall 16). — In diesem Zusammenhang möchten wir auch nochmals auf die ausführlich dargelegte Volumenzunahme in höherem Alter, die geringer ist bei niedrigen Drucken als bei hohen Drücken, auf das unterschiedliche Verhalten der Volumenzunahme bei Druckerhöhung und die eigentümliche Sonderstellung der Jahressgruppe 20—24 Jahre hinweisen (s. S. 35—37).

Sind solche Volumenschwankungen nun als „physiologische Schwankungen“ anzusehen, wie Jaffé-Sternberg und Rössle-Roulet meinen? Sind sie bedeutungslos für Herz und Kreislauf? Wir führen nochmals die Stellungsnahme von Rössle-Roulet an (S. 36): „Eine regelmäßige

<sup>1</sup> (Fall 20 = 27,8 ccm, Fall 30 = 42,5 ccm, Fall 16 = 25,8 ccm).

<sup>2</sup> (Fall 20 = 12,9 ccm, Fall 30 = 18,5 ccm, Fall 16 = 9,7 ccm).

Größenbeziehung zwischen Herzgewicht und Weite der großen Schlagadern haben weder *Rössle* noch *L. Kaufmann* festzustellen vermocht, was angesichts der Abhängigkeit der Herzgröße von der Kreislaufperipherie und der teilweisen Unabhängigkeit der Abschnitte des Arteriensystems voneinander nicht wundernehmen kann<sup>1</sup>. Auch wir konnten keine solche regelmäßige Beziehung finden, nehmen aber auf Grund der nunmehr vorliegenden Zahl und Größe der Volumenschwankungen an, daß sie sehr wohl die Funktion von Herz und peripherem Kreislauf beeinflussen können und zwar beide allein wie die Zusammenarbeit beider. Anfangsquerschnitt der Aortenwurzel und Querschnittsabnahme innerhalb des Brustabschnittes bilden zusammen mit dem Dehnungskoeffizienten bei Druckzunahme den ersten Belastungsfaktor für die Herzarbeit. Das gilt vor allem für die große Zahl von Weitenabnahme einzelner oder mehrerer Aortenabschnitte, die — wie wir nun als allgemeine Regel ermittelten — mit Verminderung der Dehnbarkeit einhergehen. Es wird Aufgabe der Klinik sein, der Frage nachzugehen, ob Schlagvolumen und Frequenz des Herzens oder allein die Kreislaufperipherie einen Ausgleich dieser Schwankungen der Aortenweite schaffen, und ob funktionelle Störungen bei bestimmten Belastungen auf sie zurückzuführen sind. Es wird Aufgabe der Röntgenologie sein, nachzuprüfen, ob die Messungsmethode von *Kreuzfuchs*, *Abreu* und die Maximalwerte von *Vagues* und *Bordet* den von uns aufgezeigten Schwankungen gerecht werden, oder ob sich orthodiagraphische Durchmesserbestimmungen verfeinern und Größenunterschiede der pulsatorischen Bewegung messen lassen. Es wird Aufgabe der Physiologie sein, den durch die Weitenschwankungen bedingten Wechsel der Blutgeschwindigkeit, die altersbedingten Unterschiede der Volumenzunahme bei Druckzuwachs und die Unterschiede der Volumenzunahme bei niedrigen und hohen Drucken für die Kreislaufphysiologie auszuwerten.

Wir haben schon mehrmals in unserer Ausführung die Bestimmung und Bezeichnung der Schwankungen als „physiologische“ in Frage gestellt. Überblicken wir zum Schluß nochmals ihre Beziehungen zu Alter, Körperlänge, Herzgewicht sowie die Vergleiche von Zahl und Maß untereinander, dann ist es uns nur möglich gewesen, Unterschiede und Regelmäßigkeiten der Art und Häufigkeit, nicht aber ein bedingendes Verhältnis zu einem dieser Faktoren festzustellen. Es finden sich im Schrifttum bezüglich der engen Aorta seit *Rokitansky* und *Virchow* zahlreiche Versuche, die „konstitutionelle Bedingung“ der Gefäßweite zu begründen. Wir verweisen hierzu auf Darstellung und Kritik zu dieser Frage von *L. Kaufmann* (S. 2f.). Auch *Rössle-Roulet* verweisen auf diese Beziehung: „Eine noch nicht gelöste Aufgabe wäre, die Beziehungen zwischen der Kalibrierung der Blutgefäße und dem Habitus (Konstitutionstyp) zu untersuchen (S. 36)“. Das würde bedeuten, nicht nur einzelne der angeführten Faktoren sondern ihre Gesamtheit und noch

zahlreiche zusätzliche in Beziehung zu setzen mit den von uns herausgestellten Schwankungen der Aortenweite. Wir haben solche Vergleiche und Untersuchungen von Konstitutionstyp und Aortenweite aufgenommen, stoßen aber unter Feldverhältnissen auf zu große Schwierigkeiten sowohl der Auswertung wie des Studiums des umfangreichen Schrifttums während des Krieges. Wir möchten aber doch wenigstens angeben, in welche Richtung unsere Befunde weisen: Wir finden eine Weitenabnahme der aufsteigenden oder absteigenden Brustaorta oder beider Abschnitte unter 10% des Durchschnittsmaßes der betreffenden Altersklasse bislang ausschließlich bei Menschen mit langem, dünnem Hals und schmaler, niedriger Brust (und geringem Brustumfang) und schmalem Becken. Beziehungen zu makroskopischen Unterschieden der innersekretorischen Organe können wir bislang nicht feststellen.

Die von uns bearbeiteten Schwankungen der Aortenweite haben bislang weder Würdigung noch Auswertung erfahren. Unsere Ergebnisse legen aber nahe und machen wahrscheinlich, daß sie nach Zahl und Ausmaß einen Einfluß auf die individuell verschiedene Funktion von Herz und Kreislauf ausüben. Wir halten darum ihre Bestimmung als „physiologische Schwankungen“ für noch völlig unbegründet und unbewiesen. Auf Grund der bisher richtunggebenden Befunde beim Vergleich mit dem Konstitutionstyp ist ihre Bezeichnung als „konstitutionelle Schwankungen“ weniger irreführend und wegweisend für weitere Untersuchung.

---

### Schrifttum.

*Beneke*: Die anatomischen Grundlagen der Konstitutionsanomalien des Menschen. Marburg 1878. — *Jaffé, H. u. H. Sternberg*: Med. Klin. 1919 II, 1311. — *Kani, I.*: Virchows Arch. 201, 45 (1910). — *Kaufmann, L.*: Veröff. Kriegs- u. Konstit.path. 2 (1919). — *Mönckeberg, J. G.*: Handbuch der ärztlichen Erfahrungen im Weltkrieg 1914—1918, Bd. 8, S. 8. Leipzig: Johann Ambrosius Barth. 1921. — *Ranke*: Briefliche Mitteilung. — *Rössle, R.*: Münch. med. Wschr. 1910, Br 19. — Jkurse ärztl. Fortbildg 1919, Januar-Heft; 1922, Januar-Heft. — *Rössle, R. u. Roulet*: Maß und Zahl in der Pathologie. Berlin: Springer 1932. — *Scheel, O.*: Virchows Arch. 191, 135 (1908). — *Schiele-Wiegandt*: Virchows Arch. 82, 27 (1880). — *Straßburger, J.*: Dtsch. Arch. klin. Med. 91, 378 (1907). — Frankf. Z. Path. 3, 283 (1909). — *Suter*: Arch. f. exper. Path. 39 (1897). — *Virchow, R.*: Beitr. Geburtsh. 1872.

---