

(Aus der 1. medizinischen Abteilung [Vorstand: Prof. Dr. *J. Wiesel*] und der Prosektur [Vorstand: Prosektor Dr. *F. Paul*] des Kaiser Franz-Joseph-Spitales in Wien.)

## Über die Bedeutung der *Venae minimae Thebesii* für die Blutversorgung des Herzmuskels.

Von

Dr. Johannes Kretz.

Mit 2 Textabbildungen.

(Eingegangen am 15. Juni 1927.)

Die allgemeine Auffassung über die Blutversorgung des Herzmuskels geht dahin, daß das dem Herzen durch die beiden Coronararterien zugeführte Blut, nachdem es das Capillargebiet durchströmt hat, sich zum Großteil in der Hauptvene des Herzens (Sinus coronarius) sammelt, während ein kleiner Teil des Blutes durch die *Venae parvae* und *minimae* direkt in den rechten Vorhof seinen Abfluß nimmt. Die Bedeutung dieser kleinsten Venen, deren Vorhandensein in den übrigen Herzabschnitten überhaupt bestritten wird, erfährt aber kaum eine besondere Würdigung. In einer früheren Arbeit über die Bedeutung krankhafter Veränderungen an den Coronararterien für den Herzmuskel, war ich zu dem Ergebnis gekommen, daß selbst hochgradige Erkrankungen der Kranzschlagadern, unabhängig davon, ob sie eine Verengerung der Gefäßlichtung bedingen oder nicht, eine Verminderung der Leistungsfähigkeit des Herzmuskels nicht nach sich ziehen müssen und daß daher die Bedeutung unversehrter Kranzschlagadern für die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels im allgemeinen überschätzt wird. Ich habe im Folgenden neuerlich Versuche unternommen, um die Bedeutung des Coronarkreislaufes für die Ernährung des Herzmuskels, bzw. die Möglichkeit der Ernährung des Herzens bei geschädigtem Coronarkreislauf zu erforschen.

Zu diesem Zwecke bediente ich mich der Durchströmungsversuche des Herzens nach der Methode von *A. Cranicianu* (Durchspülung des Herzens von den Coronararterien aus mit physiologischer Kochsalzlösung) und bestimmter Füllungsversuche.

Was die Durchströmungsversuche betrifft, so wurde mit geringen Abänderungen die Versuchsanordnung *Cranicianus* gewählt, der sich dieser Methode zur

Feststellung der „totalen Durchgängigkeit“ der Kranzarterien (Bestimmung der Durchflußmenge in 5 Minuten) und zur Berechnung des „anastomotischen Koeffizienten“ (Verhältnis der aus der einen Coronararterie abströmenden Flüssigkeitsmenge zur gesamten Durchflußmenge bei Durchspülung des Herzens ausschließlich von der anderen Arterie aus) bediente. Die Herzen wurden möglichst bald nach dem Tode entnommen und soweit es bei intaktem Herzen möglich war, von den Blutgerinseln befreit. Dann wurden zwei gleich große vernickelte Kanülen in die beiden Kranzschlagadern, ferner etwas größere gläserne Kanülen in den Sinus coronarius, durch die Arteria pulmonalis in das rechte Herz, und durch eine Lungenvene in das linke Herz eingeführt und mittels Ligaturen derart fixiert, daß keine Flüssigkeit neben den Kanülen abströmen konnte. In die Coronararterien wurden die Kanülen von der Aorta aus durch die Coronarostien vorgeschoben und durch eine Ligatur unterhalb des Abganges der Arterien fixiert. Die Öffnungen der oberen Hohlvene und der restlichen Pulmonalvenen wurden zugebunden, die untere Hohlvene und die Aorta, aus denen die Kanülen der Coronarvene, beziehungsweise der Coronararterien herausragten, mit einer Klemmpincette verschlossen. Sodann wurde das Herz von den in den beiden Coronararterien befindlichen Kanülen aus mit einer auf 38° C erwärmten physiologischen Kochsalzlösung, der 5 g Natrium citricum auf 1000 zugesetzt waren, durchspült und blutfrei gemacht. Zur Erzielung eines entsprechend großen Druckes der Durchspülungsflüssigkeit wurde ein 10 l Recipient mit einem Ballongebläse in Verbindung gebracht, wodurch leicht ein Druck bis 200 mm Hg erreicht werden konnte. Durch zeitweise Betätigung des Gebläses ließ sich der Druck auf konstanter Höhe halten. Er wurde an einem seitenständigen Manometer eines Riva-Rocci-Apparates abgelesen. Hatten ca. 5—6 l der Flüssigkeit das Herz durchströmt, so war der Herzmuskel vollkommen blutfrei und es konnte nun an den Versuch selbst geschritten werden. Das Herz wurde an der Aorta mittels einer Klemme aufgehängt und die aus dem Sinus coronarius sowie aus den Herzhöhlen durch die Kanülen abtropfende Flüssigkeit in darunter befindlichen Bechergläschen aufgefangen und gemessen. Die Messung der aus den Kanülen abfließenden Kochsalzlösung wurde immer erst vorgenommen, bis der Abfluß sich als ein konstanter eingestellt hatte. In der Regel wurde jene Flüssigkeitsmenge gemessen, die innerhalb von 5 Minuten bei einem Druck von 130 mm Hg das Herz durchströmt hatte.

Diese Messung gibt jedoch nicht ganz die richtigen Flüssigkeitsmengen, die das Herz durchströmen, sondern etwas niedrigere Werte an, da geringe Mengen der Durchspülungsflüssigkeit aus kleinen Gefäßchen, die im epicardialen Fettgewebe verlaufen und beim Anlegen der Ligaturen häufig einreißen, verloren gehen. Weiter entgehen jene Flüssigkeitsmengen gleichfalls der Messung, die entlang der Gefäßklemmen abströmen. Um dies zu vermeiden, ist es notwendig, daß die Abflußkanülen im Verhältnis zum Herzen richtig gelagert sind. Liegen sie nach abwärts unterhalb des Herzens, so kann die aus den kleinen epicardialen Gefäßen außen am Herzen abströmende Flüssigkeit sich der durch die Kanülen abfließenden Kochsalzlösung beimengen. Liegen sie zu hoch über dem Herzpräparat, so kann bei nicht ganz dicht schließenden Gefäßklemmen etwas Flüssigkeit daneben abströmen. Andere Schwierigkeiten der Versuchsanordnung können in besonderen anatomischen Verhältnissen der Coronargefäße liegen. So können statt eines Coronarostiums zwei vorhanden sein, wenn die Hauptäste der Coronararterien nicht einem gemeinsamen Stamm entspringen, sondern einen getrennten Ursprung aus der Aorta nehmen. Ferner münden mitunter größere Venen der vorderen Herzwand nicht in den Sinus coronarius, sondern getrennt in den rechten Vorhof. Neben diesen, noch im Bereich „normaler“ Variabilität liegenden Besonderheiten, war es manchmal infolge pathologischer Veränderungen

(bei hochgradiger Stenose des Coronarostiums usw.) nicht möglich, die erwähnten Versuchsbedingungen einzuhalten.

Wie im Folgenden gezeigt werden soll, gelingt es mit der Durchspülungsmethode nach *Crainicianu* Durchflußwerte zu erhalten, die bei mehrfacher Wiederholung des Versuches am selben Präparat sehr gut übereinstimmen. Die Fehler der einzelnen Durchspülungswerte betragen in der Regel nur wenige Prozent, so daß die Durchspülungsergebnisse unter bestimmten Einschränkungen für weitere Schlußfolgerungen herangezogen werden können.

Die Durchspülungsversuche (D.V.) wurden an 19 Herzen ausgeführt. Die Herzen waren 1—5 Stunden nach dem Tode den Leichen entnommen worden. Der D.V. wurde in der Regel 2—9 Stunden, in einem einzigen Falle 26 Stunden nach dem Tode ausgeführt. Nach Vorbereitung der Herzen in der geschilderten Weise (Entfernung von Blutgerinnseln, Einsetzen der Kanülen in Coronararterien, Sinus coronarius, sowie rechtes und linkes Herz, Abklemmen der frei bleibenden Arterien- und Venenöffnungen, Auswaschen des Herzens mit erwärmer Zitrat-Kochsalzlösung) wurde das Herz zunächst von den beiden Coronararterien aus gleichzeitig, dann von jeder Arterie einzeln durchspült, wobei die Flüssigkeit, welche aus der vom Kreislauf ausgeschalteten Arterie abfloss, gleichfalls mitgemessen wurde. Jeder Versuch wurde in kurzen Zeitabständen einmal wiederholt. Nach Beendigung des Durchspülungsversuches wurden die Herzen mit verschiedenen Farbstofflösungen, wie es später geschildert werden soll, gefüllt, dann in Formol fixiert, am nächsten Tage eröffnet und für die histologische Untersuchung zurechtgeschnitten.

Zunächst sei das Ergebnis der D.V. einiger Fälle mit anatomisch intaktem Herz- und Gefäßapparat wiedergegeben:

Fall 1 (P. N. 21). 56jährige, an perniciöser Anämie verstorbene Frau. Keine Herzstörung in der Vorgeschichte. Obduktion 2 Stunden n. d. T., D.V.  $5\frac{1}{2}$  Stunden n. d. T. Die Einbindung der Kanülen gelingt gut. Bei einem Druck von 130 mm Hg fließen ab:

aus dem linken Herzen	rechten Herzen	Coronarvene	zusammen
50 ccm	327 ccm	96 ccm	473 ccm
oder in Prozenten:			
11 %	69 %	20 %	

Die Durchspülung unter den gleichen Bedingungen eine Stunde später, nachdem inzwischen Durchspülungen von den Coronararterien rechts und links gesondert vorgenommen worden waren, ergibt folgende Werte:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
56 ccm	371 ccm	98 ccm	525 ccm
oder in Prozenten:			
11 %	71 %	18 %	

Berücksichtigt man, daß auch bei gleichbleibender Versuchsanordnung die Durchströmungswerte infolge der stets etwas wechselnden Gefäßweite sich ver-

ändern so ist das Übereinstimmen der Durchströmungszahlen als ein gutes zu bezeichnen. Der Kürze wegen seien im folgenden immer nur die Mittelwerte aus den einzelnen D.V. wiedergegeben.

Die Durchspülung von der rechten Coronararterie (bei Ausschaltung der linken Arterie) ergab:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	linke Coron.-Art.	zusammen
9 ccm	94 ccm	9 ccm	21 ccm	133 ccm
6%	72%	6%	16%	

Die Durchspülung von der linken Coronararterie (bei Ausschaltung der rechten Arterie) ergab:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	rechte Cor.-Art.	zusammen
62 ccm	231 ccm	60 ccm	26 ccm	379 ccm
16%	60%	16%	8%	

Es ergab also die Spülung von der rechten Coronararterie allein eine Verminderung der gesamten Durchflußmenge um 63% (absolut von 499 ccm [Mittelwert] auf 133 ccm), eine verhältnismäßige Verminderung der durch das linke Herz abströmenden Flüssigkeitsmenge um 5% (absolut von 53 ccm auf 9 ccm), eine relative Vermehrung der durch das rechte Herz abströmenden Flüssigkeit um 2% (absolut vermindert von 349 ccm auf 94 ccm) und eine verhältnismäßige Verminderung der durch den Sinus coronarius abströmenden Flüssigkeitsmenge um 13% (97/9 ccm). Aus der linken Coronararterie flossen 16% (21 ccm) ab. Zur Kürzung der Schreibweise fasse ich in den folgenden Versuchen die Durchflußwerte in folgender Weise zusammen:

Spülung von der rechten Arterie:

Gesamtmenge . . . . .	—63 % (499/133 ccm)
linkes Herz . . . . .	— 5% (53/9 ccm)
rechtes Herz . . . . .	+ 2% (349/94 ccm)
Coronarvene . . . . .	—13% (97/9 ccm)
linke Coronararterie . . . . .	16% (21 ccm)

Es bedeuten hier die vor der Klammer stehenden Zahlen die prozentuelle Änderung der Durchflußmenge, das Pluszeichen die Zu-, das Minuszeichen die Abnahme bei Spülung von einer Arterie aus gegenüber der Durchflußmenge bei Spülung von beiden Arterien aus. Die in der Klammer stehenden Zahlen bedeuten die absolute Durchflußmenge in Kubikzentimeter. Für die Spülung von der linken Coronararterie ergeben sich demgemäß folgende Werte:

Spülung links:

Gesamtmenge . . . . .	—29 % (499/379 ccm)
linkes Herz . . . . .	+ 5% (53/62 ccm)
rechtes Herz . . . . .	—10% (349/231 ccm)
Coronarvene . . . . .	— 3% (97/60 ccm)
rechte Coronararterie . . . . .	8% (26 ccm)

Bei der makroskopischen, wie bei der mikroskopischen Untersuchung erwies sich das Herz bis auf eine ganz geringfügige Verdickung der Intima im Anfangsteil der rechten Coronararterie als vollkommen normal.

Fall 2 (P. N. 22). 51 jähriger, an Lungentuberkulose verstorbener Mann. Keine Herzstörung in der Vorgeschichte. Obduktion 4 Stunden, D.V. 5 Stunden n. d. T. Die Durchspülung von beiden Coronararterien aus ergibt folgende Werte:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
96 ccm	264 ccm	24 ccm	384 ccm
25%	69%	6%	

Die Spülung von der rechten Coronararterie allein ergibt:

Gesamtmenge . . . . .	—29 % (384/274 ccm)
linkes Herz . . . . .	— 7 % (96/48 ccm)
rechtes Herz . . . . .	+ 6 % (264/206 ccm)
Coronarvene . . . . .	+ 1 % (24/21 ccm)
linke Coronararterie . . . . .	—

von der linken Coronararterie allein:

Gesamtmenge . . . . .	—41 % (384/226 ccm)
linkes Herz . . . . .	+11 % (96/102 ccm)
rechtes Herz . . . . .	—13 % (264/111 ccm)
Coronarvene . . . . .	— 1 % (24/13 ccm)
rechte Coronararterie . . . . .	—

Auch dieses Herz wies makroskopisch wie mikroskopisch keine Besonderheiten auf.

Von diesen beiden sowie von weiteren 4 Normalfällen seien zwecks besserer Übersichtlichkeit nur die durchschnittlichen Durchströmungswerte mit den Höchst- und Mindestzahlen angegeben: diese 6 Normalfälle betreffen 2 Männer und 4 Frauen im Alter von 16—56 Jahren, die bis auf eine Patientin mit perniziöser Anämie sämtlich an Lungentuberkulose gestorben waren und klinisch keine Herzstörungen aufgewiesen hatten. Bei allen Fällen handelte es sich um anatomisch unveränderte Herzen, die auch mikroskopisch keine Veränderungen an den Gefäßen oder in der Muskulatur aufwiesen. Die durchschnittlichen Durchströmungswerte dieser 6 Fälle betrugen:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
69 (27—122) ccm	246 (240—349) ccm	76 (47—126) ccm	391 (269—513) ccm
18 (8—37) %	62 (60—70) %	20 (6—36) %	

Die Spülung von der rechten Coronararterie ergab eine durchschnittliche Verminderung der gesamten Durchflußmenge um 34 % (6—63 %), die Spülung von der linken Arterie eine Verminderung um 44 % (15 bis 78 %). Bei Spülung von der rechten Arterie verminderten sich in erster Linie die Durchströmungswerte für das linke Herz, während bei der Spülung von der linken Arterie die relativen Durchflußzahlen für das rechte Herz und die Coronarvene sich am meisten verminderten. Der anastomotische Koeffizient der beiden Coronararterien betrug bei den 6 Normalfällen im Mittel 7 %. Seinem relativen Werte nach war er am höchsten bei der an perniziöser Anämie verstorbenen 56jährigen Frau (16 %). Absolut genommen erreichte er die höchsten Werte bei einem 54jährigen an Lungentuberkulose verstorbenen Mann (30 ccm) und bei einem 37jährigen an Miliartuberkulose verstorbenen Mann (25 ccm). Bei einem 19jährigen an Lungentuberkulose gestorbenen Mädchen erreichte er 5 %, bei einer 56jährigen an Lungentuberkulose verstorbenen Frau 1 % und bei dem bereits erwähnten 51jährigen Patienten (Fall 2) war er gleich Null.

Betrachten wir die Durchströmungswerte dieser 6 Normalfälle etwas näher, so bestätigt sich die schon von *Crainicianu* beobachtete sehr auffällige Tatsache, daß von der gesamten Durchflußmenge bei Berücksichtigung individueller Schwankungen, durchschnittlich *nur ein Fünftel der Durchströmungsflüssigkeit die Coronarvenen durchläuft, während die übrigen vier Fünftel durch die Herzhöhlen ihren Abfluß nehmen*. Berücksichtigt man, daß häufig die eine oder die andere größere Coronarvene, die unmittelbar vor dem Übergang des Sinus coronarius in den rechten Vorhof einmündet, ihre Flüssigkeit nicht in die weiter in den Sinus vorgeschoßene Kanüle, sondern unmittelbar in den Vorhof entleert, so muß man die Durchflußwerte für die Coronarvene etwas höher und die Werte für das rechte Herz etwas niedriger annehmen. Trotzdem bleibt dieser Befund sehr auffallend. Die gesamte Durchflußmenge beträgt für eine Durchströmungsdauer von 5 Min. bei 130 mm Hg-Druck 391 ccm (Höchstmaß 513 ccm, Mindestmaß 269 ccm). Daß bei der Spülung ausschließlich von der rechten Arterie her die Durchströmungswerte für das linke Herz sich besonders verminderten, die für das rechte Herz, sowie für die Coronarvene verhältnismäßig erhöhten, hängt wohl mit der Blutversorgung des rechten Herzens vorwiegend durch die rechte Coronararterie zusammen. In entsprechender Weise erfahren bei Spülung ausschließlich von der linken Kranzschlagader her die Durchflußmengen für das rechte Herz und bemerkenswerter Weise auch für die Coronarvene eine besondere Verminderung, während die Werte für das linke Herz verhältnismäßig ansteigen. Bei Spülung von den beiden Coronararterien getrennt beträgt die Summe der gesamten Durchflußmenge meist um ca. ein Drittel mehr als die gesamte Durchflußmenge bei Spülung von beiden Arterien gemeinsam. Dies hat wohl darin seinen Grund, daß bestimmte Herzabschnitte von beiden Arterien gemeinsam versorgt werden können. Da diese Herzteile bei Spülung von einer Arterie allein in gleicher Weise durchströmt werden, wie bei Spülung von beiden Arterien aus, so vermag die Durchflußmenge bei Spülung von beiden Arterien nicht das doppelte Ausmaß zu erreichen, wie es rechnerisch zu erwarten wäre. Der anastomotische Koeffizient betrug im Mittel 7%, doch schwankte er zwischen 0 und 16%, was auf individuelle Verschiedenheiten der Gefäßverhältnisse zurückzuführen ist, wie sie auch bei der gesamten Durchflußmenge, sowie bei den Durchströmungswerten bei Spülung von den Arterien aus gesondert zu sehen waren. Er war im allgemeinen bei jugendlichen Individuen größer als bei älteren.

Von den 12 Fällen mit ausgesprochenen pathologischen Veränderungen am Herzen seien zunächst 4 Fälle von Sklerose der Kranzschlagadern angeführt, bei denen der Herzmuskel nur geringfügige Ver-

änderungen zeigte. Bei allen 4 Kranken bestanden niemals Herzbeschwerden. Die gesamte Durchflußmenge betrug im Mittel 454 ccm, sie lag also im Bereiche des Normalen. Die D.V. ergaben:

Fall 3 (P. N. 9). 55jährige Frau mit Chondrosarkom des Beckens, Pyelonephritis. Obduktion 7 Stunden, D.V.  $7\frac{1}{2}$  Stunden n. d. T. Die *rechte* Coronararterie ist im Anfangsteil stark sklerotisch verändert, ihr Lumen beträchtlich verengt. Die linke Coronararterie ist gleichfalls, aber nicht so hochgradig sklerotisch verändert. In beiden Herzabschnitten vereinzelte kleine Schwielchen:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
223 ccm	213 ccm	12 ccm	448 ccm
49 %	49 %	2 %	

Fall 4 (P. N. 15). 54jähriger Mann mit Phlegmone der rechten Gesichtshälfte, Diabetes. Obduktion 5 Stunden, D.V. 6 Stunden n. d. T. Beide Coronararterien sind sklerotisch verändert. Besonders die *rechte* Coronararterie ist stellenweise stark verengt. Die kleineren Gefäßverzweigungen besitzen durchwegs eine verdickte Intima. Der Herzmuskel weist mehrere Schwielchen links, vereinzelte Schwielchen auch rechts auf. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
155 ccm	97 ccm	25 ccm	277 ccm
53 %	38 %	9 %	

Wir sehen hier bei 2 Fällen von Sklerose vorwiegend der rechten Coronararterie die Durchströmungswerte für das linke Herz im Vergleich zu den Durchflußmengen bei den Normalfällen verhältnismäßig erhöht (51% gegen 18% normal, bzw. 189 ccm gegen 69 ccm normal). Der Abfluß aus dem rechten Herzen und aus der Coronarvene zeigt entsprechend verminderte Werte: rechtes Herz 43% gegen 62% normal, bzw. 155 ccm gegen 246 ccm normal; Coronarvene: 6% gegen 20% normal, bzw. 18 ccm gegen 76 ccm normal. Im Durchspülungsversuch von den einzelnen Arterien aus gesondert, zeigten sich bei beiden Fällen keine deutlichen Verschiedenheiten gegen die Norm. Der anastomotische Koeffizient betrug in dem ersten Fall null, im zweiten Fall 7% (normal).

Die beiden anderen Fälle wiesen eine stärkere Sklerose der linken Arterie auf.

Fall 5 (P. N. 10). 34jähriger, an Lungentuberkulose verstorbener Mann. Die linke Kranzschlagader ist sklerotisch stark verändert und stellenweise verengt. Die rechte Arterie ist weit, doch weist sie und ihre Äste eine mäßige Verdickung der Intima auf. Im rechten und linken Herzen vereinzelt kleine Muskelschwielchen. Obduktion 4 Stunden, D.V. 9 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
54 ccm	279 ccm	214 ccm	547 ccm
10 %	51 %	39 %	

Fall 6 (P. N. 11). 72jährige, bewußtlos eingelieferte Frau. Mesaortitis luetica. Encephalomalacische Herde im linken Schläfenlappen. Die linke Coronararterie ist 4 cm unterhalb ihres Abganges verengt und stark sklerotisch, die rechte Arterie ist weit, im Herzmuskel vereinzelt Schwielchen. Obduktion 3 Stunden, D.V. 26 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
208 ccm	276 ccm	60 ccm	544 ccm
38 %	50 %	12 %	

Während im ersten Fall für das linke Herz, wie es bei der starken Sklerose der linken Arterie zu erwarten war, gegen die Norm erniedrigte Durchflußmengen festgestellt werden konnten, waren sie im zweiten Falle sogar erhöht. Auch ergab die Spülung von der linken Arterie aus im zweiten Fall wider Erwarten eine geringere Verminderung (10%) als bei Spülung von der rechten Arterie (40%), während sie beim ersten Fall eine Verminderung um 30% bei Spülung von der linken und eine Verminderung um nur 10% bei Spülung von der rechten Arterie ergab. Der anastomotische Koeffizient betrug bei dem 34jährigen Patienten für die rechte Arterie 27% (64 ccm), für die linke Arterie 14% (26 ccm). Bei der 72jährigen Frau war er gleich Null.

Die Differenzen der beiden anastomotischen Koeffizienten für die rechte und linke Arterie beinhaltet einen jedoch nur scheinbaren Widerspruch. Denn es ist ohne weiteres klar, daß es der Sitz und der Grad der Störungswiderstände bedingt, nach welcher Richtung die Flüssigkeit leichter abströmen kann. Und diese beiden Faktoren brauchen natürlich nicht für beide Arterien gleich zu sein.

Fassen wir kurz das Ergebnis der D.V. bei diesen 4 Fällen von Coronarsklerose, bei denen schwere Veränderungen im Herzmuskel fehlten und anamnestisch keine Herzbeschwerden nachzuweisen waren, zusammen, so zeigte die gesamte Durchflußmenge *keine Abweichungen von der Norm*. Die Durchflußwerte für jene Herzhälfte, die von der stärker sklerotisch veränderten Schlagader versorgt wurde, waren in 3 Fällen um ca.  $\frac{1}{3}$  gegenüber der Norm herabgesetzt, in einem Fall erhöht. Der anastomotische Koeffizient zeigte ein wechselndes, von dem Grade der Coronarsklerose unabhängiges Verhalten.

Weiter seien 3 Fälle von Coronarsklerose, die mit beträchtlicher Herzhypertrophie und Myokardveränderungen verbunden waren, erwähnt. Herzbeschwerden waren von keinem dieser 3 Kranken angegeben worden.

Fall 7 (P. N. 4). 78jähriger Mann. Eitrige Meningitis nach Otitis media. Die beiden Coronararterien sind sklerotisch verändert. 3 cm unterhalb des Abganges der linken Coronararterie eine beträchtliche Einengung des Lumens. Die rechte Arterie ist weit. Im hypertrophierten linken Herzen zahlreiche größere Schwielen. Obduktion 1 Stunde, D.V. 3 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
18 ccm	316 ccm	6 ccm	340 ccm
5 %	92,5 %	2,5 %	

Entsprechend der hochgradigen Sklerose der linken Coronararterie und den ausgedehnten Schwielen im linken Herzen, sehen wir eine bedeutende Herabsetzung der Durchströmungswerte für das linke Herz. Bei Spülung von der linken Arterie sinkt die gesamte Durchflußmenge

um 90%, während sie sich bei Spülung von der rechten Arterie nur um 3% vermindert.

Fall 8 (P. N. 19). 48jähriger, an Lungentuberkulose verstorbener Mann. Er hatte außerdem eine postendokarditische Aorteninsuffizienz. Der linke Ventrikel ist stark hypertrophiert. Die linke Arterie ist sklerotisch und stellenweise verengt. Die rechte Arterie und ihre größeren Äste sind verdickt. In beiden Herzabschnitten, besonders links zahlreiche kleine Schwielchen. Obduktion 7 Stunden, D. V. 8 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
180 ccm	65 ccm	20 ccm	265 ccm
68 %	23 %	9 %	

Trotz der starken Sklerose der linken Arterie sehen wir hier eine erhöhte Flüssigkeitsmenge aus dem linken Herzen abströmen (68% gegen 18% normal), die zweifellos auf die Hypertrophie des linken Herzens zurückzuführen ist. Andererseits kommt aber ein Ausfall der linken Coronararterie bei Spülung von beiden Coronararterien gesondert deutlich zum Ausdruck, indem bei Spülung von der linken Arterie die gesamte Durchflußmenge sich um 75% (gegen 44% normal), bei Spülung von der rechten Arterie dagegen nur um 17% (gegen 34% normal) vermindert. Der anastomotische Koeffizient betrug für die rechte Coronararterie 30% (20 ccm), für die linke Coronararterie 2% (5 ccm).

Fall 9 (P. N. 14). 69jährige, wegen Carcinom der Gallenblase operierte Frau. Thrombose der Pfortader und Milzvene. Der linke Ventrikel ist hypertrophiert: postendokarditische Aorteninsuffizienz. Beide Coronararterien sind stark sklerotisch, die rechte stellenweise verengt, die Intima der kleinen Gefäße verdickt. Der Herzmuskel weist kleine entzündliche Infiltrate auf, im epikardialen Fettgewebe ein erbsengroßer Absceß. Die Bindegewebssepten sind verbreitert. Obduktion 3 Stunden, D.V. 4 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
18 ccm	94 ccm	19 ccm	131 ccm
14 %	72 %	14 %	

Die Spülung von der stärker verengten rechten Arterie ergibt eine Verminderung der gesamten Durchflußmenge um 80%, die Spülung von der linken Arterie eine Verminderung um nur 20%. Der anastomotische Koeffizient war fast Null (1 ccm).

Bei diesen 3 Fällen von Sklerose der Kranzschlagadern, bei denen gleichzeitig eine deutliche Hypertrophie des Herzens mit starker Schwielensbildung im Herzmuskel vorhanden war, ergibt sich eine bedeutende Verminderung der gesamten Durchflußmenge gegen die Norm: 245 ccm gegen 391 ccm. Dieses Verhalten ist umso bemerkenswerter, als hypertrophische Herzen, wie später erwähnt werden soll, in der Regel Durchflußwerte zeigen, die an der oberen Grenze der Norm liegen, während atrophische Herzen verminderte Durchflußwerte aufweisen. Bei Spülung von den einzelnen Arterien getrennt zeigt sich

eine stärkere Verminderung bei Spülung von der stärker verengten Arterie aus. Der anastomotische Koeffizient weist ein wechselndes Verhalten auf.

Ein weiterer Fall betrifft eine Kranke mit linksseitiger Herzhypertrophie bei fehlenden Coronarveränderungen.

Fall 10 (P. N. 1). 66jährige Frau, seit mehreren Jahren herzleidend, seit 3 Monaten stärker dekompensiert. Die Obduktion ergab eine postendokarditische Aorteninsuffizienz und Stenose des Ostiums mit starker Hypertrophie und mäßiger Dilatation des linken und Dilatation des rechten Herzen. Obduktion 4 Stunden, D.V. 8 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
222 ccm	173 ccm	53 ccm	448 ccm
50%	38%	12%	

Bei diesem Fall von linksseitiger Herzhypertrophie ergibt sich ein gegen die Norm erhöhter Durchflußwert für das linke Herz: 50% gegen 18%, oder absolut: 222 ccm gegen 69 ccm. Auch bei Spülung von den Arterien gesondert geht der überwiegende Einfluß der linken Coronararterie hervor.

Im Gegensatz zu den Durchflußwerten bei diesem hypertrophierten Herzen wies ein kleines atrophisches Herz einer 56jährigen an Lungen-tuberkulose verstorbenen Frau (P. N. 18) nur eine geringe Durchflußmenge auf: 138 ccm.

Schließlich sei ein Fall von Mesaortitis luica mit hochgradiger Stenosierung des linken und geringerer Einengung des rechten Coronarostiums angeführt.

Fall 11 (P. N. 2). 44jähriger Mann. Vor 15 Jahren Lues, seit mehreren Wochen dekompensiert. Das Herz ist verbreitert, die Aorta thoracica weist hochgradige postluctische Veränderungen auf. Das Ostium der linken Coronararterie ist bis auf Stecknadelkopfgröße verengt, weshalb die Kanüle in den zarten, nicht sklerotisch veränderten Hauptstamm der linken Arterie, etwa 1 cm unterhalb ihres Abganges eingebunden wird. Das Ostium der rechten Arterie ist etwas verzogen und gleichfalls, aber in geringerem Grade verengt. Beide Arterien sind zart und nicht sklerotisch verändert. Obduktion  $4\frac{1}{2}$  Stunden, D.V. 9 Stunden n. d. T. Der D.V. ergibt:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronarvene	zusammen
105 ccm	230 ccm	40 ccm	375 ccm
29%	60%	11%	

Bei Spülung ausschließlich von der rechten Arterie sind die Durchflußwerte fast unverändert, während bei Spülung von der linken Arterie die Durchflußwerte eine Verminderung um 87% aufweisen.

Trotz anatomischer Unversehrtheit der linken Coronararterie und ihrer Äste war hier das Gefäßgebiet der linken Arterie infolge des fast vollständigen Verschlusses des Ostiums beinahe ausschließlich von der rechten Arterie versorgt, wie es auch im Leben nach den anatomischen Verhältnissen nicht anders denkbar war,

Einige weitere Fälle betrafen Patienten mit Kombination von Coronarsklerose mit Myokardveränderungen. Infolge des verschiedenen Grades der Ausbreitung und des Sitzes der pathologischen Vorgänge erscheinen die D.V. derselben nicht geeignet, um weitere Schlußfolgerungen aus ihnen ziehen zu können.

Des weiteren wurde eine Durchspülung des Herzens von der Coronarvene aus versucht. Innerhalb 5 Min. strömten ab:

bei einem Druck von 130 mm Hg (P. N. 4), 78jähriger Mann:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronararterien	zusammen
50 ccm	750 ccm	einzelne Tropfen	800 ccm
6 %	94 %		

bei einem Druck von 130 mm Hg (P. N. 5), 54jährige Frau:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronararterien	zusammen
290 ccm	500 ccm	nichts	790 ccm
37 %	63 %		

bei einem Druck von 80 mm Hg (P. N. 22), 51jähriger Mann:

linkes Herz	rechtes Herz	Coronararterien	zusammen
200 ccm	900 ccm	nichts	1100 ccm
18 %	82 %		

Die Durchspülung von der Coronarvene aus ergibt durchschnittlich eine wesentlich höhere gesamte Durchflußmenge als bei Spülung des Herzens von den Coronararterien aus. Dies ist zweifellos darauf zurückzuführen, daß der Strömungswiderstand im venösen Gefäßgebiet ein geringerer ist als im arteriellen System. Aus den Coronararterien strömten nur in einem Falle einzelne Tropfen ab.

Eine Durchspülung des Herzens von den Herzhöhlen aus war in den meisten Fällen, in denen sie versucht wurde, nicht möglich, da die Klemmen, bzw. Unterbindungen, mit denen die Öffnungen der Aorta und Arteria pulmonalis, sowie die Öffnungen der Venen verschlossen waren, die Anwendung eines höheren Druckes nicht erlaubten.

Ein Versuch, bei dem ein Druck von 20 mm Hg angewendet wurde, ergab (Strömungszeit 5 Minuten): (P. N. 18), 56jährige Frau:

Spülung vom linken Herzen: Abfluß aus der Coronarvene: 50 ccm

Spülung vom rechten Herzen: Abfluß aus der Coronarvene: 320 ccm.

Daß aus den Arterienkanülen keine Flüssigkeit abströmte, war auf den zu niederen Druck zurückzuführen.

Bevor die Ergebnisse der nach der Methode von *Crainicianu* ausgeführten Durchspülungsversuche zusammengefaßt werden, sei kurz eine Kritik der Methode gegeben. Abgesehen von den bereits eingangs erwähnten, der Methode anhaftenden Fehlern (unvollständige Erfassung der gesamten, das Herz durchströmenden Flüssigkeitsmenge, technische Schwierigkeiten beim Einbinden der Kanülen und Anlegen der Klemmen, anatomische Verschiedenheiten der Gefäßverhältnisse), müssen bestimmte Fehlerquellen, die den Durchspülungsmethoden im allgemeinen anhaften, besonders hervorgehoben werden. Will man

die am überlebenden Präparat gewonnenen Durchspülungsergebnisse auf die Verhältnisse *in vivo* übertragen, so muß man bedenken, daß im lebenden Herzen das Blut aller Voraussetzung nach wohl in gleicher Weise wie am künstlich durchspülten Organ das Herz durchströmen kann, daß es aber durch nichts bewiesen ist, daß es tatsächlich in gleicher Weise strömen muß. Dank der reichlichen Nervenversorgung der Coronargefäße ist es wahrscheinlich, daß die Durchblutung des Coronarkreislaufes wechselnden Einflüssen unterliegt. Ferner muß bei den Durchspülungsversuchen berücksichtigt werden, daß die Coronargefäße, selbst wenn der Durchspülungsversuch bald nach dem Tode vorgenommen wird, eine wechselnde Gefäßweite aufweisen, die sich bei unveränderter Versuchsanordnung an den Schwankungen der Durchflußmenge zu erkennen gibt. Diese postmortalen Änderungen des Gefäßtonus werden auf die Anwesenheit gefäßverengender Stoffe, die bei der Gerinnung des Blutes entstehen, zurückgeführt. Bei Versuchen an operativ entfernten Organen haben sie *Anitschkow*, *Krawkow* und am Herzpräparat gleichfalls *Crainicianu* nachweisen können.

Ordnet man die Durchflußmengen ohne Berücksichtigung der anatomischen Verschiedenheiten der Herzpräparate nach dem Zeitpunkt des Durchspülungsversuches, so ergeben sich die höchsten Durchflußwerte für die Zeit von 7—9 Stunden post mortem.

Diesen Fehler der postmortalen Änderungen der Gefäßweite suchte ich dadurch zu vermeiden, daß ich die Herzen vor Vornahme des Durchspülungsversuches jedesmal ausgiebig mit Kochsalzlösung spülte und vollkommen blutfrei machte und die Durchspülung, soweit dies möglich war, immer zum gleichen Zeitpunkt vornahm. Bei Durchspülungsversuchen, die zu lange Zeit post mortem vorgenommen werden, kommt es zur Durchlässigkeit der Gefäßwände, die sich am unregelmäßigen Abfließen der Durchspülungsflüssigkeit bemerkbar macht.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen ist es aber wohl erlaubt, aus den Ergebnissen der Durchspülungsversuche bestimmte Schlüsse zu ziehen:

1. Bei künstlicher Durchspülung des Herzens von den Coronararterien aus strömen bei einem Druck von 130 mm Hg in 5 Min. durchschnittlich 400 ccm Flüssigkeit ab. Bei 4 Fällen von Coronarsklerose bei Fehlen von Hypertrophie des Herzens und schwereren Myokardveränderungen war die Durchflußmenge unverändert. Bei 3 Fällen von Coronarsklerose mit starker Schwielenbildung im Herzmuskel war die gesamte Durchflußmenge stark vermindert.

2. Bei Spülung des Herzens von beiden Coronararterien aus strömt ca. ein Fünftel der Durchflußmenge durch die Coronarvenen und vier Fünftel durch die Herzhöhlen ab.

3. Von der durch die Herzhöhlen abströmenden Flüssigkeit durchlaufen ca. drei Viertel das rechte und ein Viertel das linke Herz. Bei Hypertrophie des linken Herzens weist die durch das linke Herz abfließende Flüssigkeitsmenge erhöhte Durchflußwerte auf.

4. Bei Spülung des Herzens von den einzelnen Kranzarterien vermindert sich in der Regel die gesamte Durchflußmenge in geringerem Ausmaß bei Ausschaltung der rechten Coronararterie als bei Ausschaltung der linken Arterie. Bei Fällen von Coronarsklerose und fehlenden Myokardveränderungen besteht keine ständige Abhängigkeit der Verminderung der Durchflußmenge von dem Sitz der sklerotischen Gefäßveränderungen. Hingegen ist bei Coronarsklerose und gleichzeitigem Vorhandensein von starker Schwienbildung im Herzmuskel die Durchflußmenge bei Spülung von der stärker sklerotischen Arterie aus regelmäßig bedeutend herabgesetzt.

5. Bei einem Fall von hochgradiger Verengerung des Coronarostiums ergab die Durchspülung von der entsprechenden Arterie aus sehr herabgesetzte Durchströmungswerte, obwohl die Arterie und ihre Äste anatomisch unverändert waren.

6. Der anastomotische Koeffizient, das ist das Verhältnis der durch die eine Coronararterie abfließenden Flüssigkeitsmenge zur gesamten Durchflußmenge bei Spülung von der anderen Arterie aus, schwankte zwischen 0 und 16%. Er war gleich Null in 4 Fällen im Alter zwischen 51 und 72 Jahren. Hiervon wiesen 2 Fälle eine Sklerose der Coronararterien mit beträchtlicher Lichtungsverengerung und Schwienbildung im Herzmuskel, ein Fall eine beträchtliche Myofibrosis cordis und ein Fall keinerlei pathologische Veränderungen auf. Der anastomotische Koeffizient der 6 Normalfälle betrug im Mittel 7%. Er ist im allgemeinen bei jugendlichen Individuen größer als bei älteren.

7. Die Durchspülung von der Coronarvene aus ergibt bedeutend höhere Durchflußwerte als die Spülung von den Coronararterien aus. Hierbei strömen ca. vier Fünftel der Flüssigkeit aus dem rechten und nur ein Fünftel aus dem linken Herzen ab.

8. Bei Spülung des Herzens von den Herzhöhlen aus fließt bei Spülung vom rechten Herzen ca. die 6fache Menge als bei Spülung vom linken Herzen aus der Coronarvene ab.

Was vorerst die gesamte Durchflußmenge des nach der Methode von *Crainicianu* durchspülten Herzen betrifft, so befinden sich die hierbei gefundenen Werte in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Untersucher. So fanden *Bohr* und *Henriques*, daß das Hundeherz pro Minute und 100 g Herzmuskel von durchschnittlich 30 ccm Blut durchströmt werde. Bei *Starling* und *Evans* (Hundeherz) betrug die Blutmenge pro Minute und 100 g Herzgewicht ca. 60 ccm. Nimmt man für das menschliche Herz ein durchschnittliches

Gewicht von 300 g an, so ergibt sich nach meinen Durchspülungsversuchen ein Durchströmungswert von 26 ccm pro Minute und 100 g Herzgewicht. Bedenkt man, daß der in den Durchspülungsversuchen angewandte Druck ein niedrigerer ist als beim lebenden Herzen, andererseits die Viscosität des Blutes eine größere ist als die der Kochsalzlösung, so dürfte dieser Wert ungefähr der tatsächlichen Durchströmungsmenge des menschlichen Herzmuskels entsprechen.

Sehr bemerkenswert erscheint weiter die Feststellung, daß bei der Durchspülung des Herzens ungefähr vier Fünftel der Durchspülungsflüssigkeit durch die Herzhöhlen abströmen und nur ein Fünftel seinen Abfluß durch die Coronarvene (Sinus coronarius) nimmt. Hierzu muß bemerkt werden, daß jener Teil des Blutes, der, wie bereits auf S. 652 erwähnt, sich durch die getrennt im rechten Vorhof mündenden Venen ergießt, sich der aus dem rechten Herzen abströmenden Flüssigkeit zumengt. Es ist daher die durch das Venensystem abströmende Blutmenge in Wirklichkeit eine höhere, die aus dem rechten Ventrikel abströmende Blutmenge tatsächlich eine niedrigere. *Morawitz* und *Zahn*, sowie *Unger* haben am Langendorffschen Herzpräparat nachgewiesen, daß die durch den Sinus coronarius abströmende Blutmenge ca. 60 % der gesamten durch die Coronarvenen fließenden Blutmenge beträgt. Dieses Zahlenverhältnis fanden auch *Markwalder* und *Starling*, die es unter verschiedenen Durchflußbedingungen als gleichbleibend beobachteten. Nehmen wir also an, daß tatsächlich nicht ein Fünftel, sondern etwas über ein Viertel der gesamten Durchflußmenge durch die Coronarvenen abfließt, so bleibt dieser Umstand immer noch sehr auffällig. Zur Erklärung dieser Tatsache war es das Naheliegendste, anzunehmen, daß der größte Teil der von den Kranzarterien zuströmenden Flüssigkeit durch die frei in die Herzhöhlen mündenden Venae minimae Thebesii und nur der kleinere Teil durch die sich zum Sinus coronarius vereinigenden Venen abströmt. Um nachzuweisen, daß die Durchspülungsflüssigkeit tatsächlich ihren Weg von den Coronararterien durch die Thebesiusgefäß zum Herzlumen nimmt, mußte der eventuelle Einwand widerlegt werden, daß die Kochsalzlösung vielleicht in den nahe unter dem Endokard verlaufenden kleinen Gefäßen die Gefäßwand durchdringe und durch das zarte Endokard hindurch ein Abfluß in die Herzhöhlen zustandekomme.

Ich habe daher in 2 Fällen (P. N. 10 und 13) das Endokard das eine Mal mit einer Zenkerlösung, das andere Mal mit einer 5 proz. Silbernitratlösung, die ich jedesmal 2 Stunden lang auf das Endokard einwirken ließ, „abzudichten“ versucht. Histologisch war die Einwirkung ca. 0,25 mm tief in die unter dem Endokard befindliche Muskulatur hinreichend erkennbar. Was die Durchspülungswerte vor und nach der Verätzung betrifft, so war im ersten Falle sowohl die gesamte Durchflußmenge (547 ccm gegen 540 ccm), wie die durch das verätzte rechte Herz abströmende Menge (275 ccm gegen 305 ccm) fast unverändert geblieben. Im

zweiten Falle war die gesamte Durchflußmenge infolge der bereits erwähnten Veränderlichkeit der Durchspülungswerte sogar gestiegen (1084 ccm gegen 968 ccm), die durch das verätzte rechte Herz abströmende Menge war gleichfalls fast unverändert geblieben (740 ccm gegen 755 ccm).

Ein Abfließen der Durchspülungsflüssigkeit in die Herzhöhlen infolge Durchlässigkeit der Gefäßwände und des Endokards ist demnach abzulehnen. Daß es sich bei meinen Versuchen durchaus um frische Herzpräparate handelte, möge daraus hervorgehen, daß bei 2 Herzen im Verlauf der Durchspülung sich spontane Kontraktionen einstellten. In einem Fall kam es zu deutlich sichtbaren Kontraktionen der Vorhöfe, die besonders gut an den Herzohren wahrnehmbar waren und später in fibrilläre Zuckungen übergingen; im anderen Fall war durch längere Zeit ein feines Vibrieren der Vorhöfe zu beobachten. Weiter versuchte ich an Stelle der physiologischen Kochsalzlösung die Durchspülung mit defibriniertem Blut vorzunehmen.

Da menschliches Blut in den erforderlichen Mengen — man benötigt, um mehrere Messungen hintereinander ausführen zu können, mindestens 3 l Blut — nicht zur Verfügung stand, verwendete ich Rinderblut, das durch Schütteln mit Glasperlen defibriniert worden war. Im Vergleich zur Kochsalzlösung war beim Rinderblut entsprechend seiner höheren Viscosität ein größerer Druck (200 mm Hg) erforderlich, um in der gleichen Zeit die gleiche Menge durchströmen zu lassen. Die mit Rinderblut erzielten Durchflußwerte stimmten mit jenen Werten, bei denen Kochsalzlösung verwendet worden war, zunächst gut überein, doch stellten sich im Verlauf der Durchspülung bei allen Herzen, die ich mit Rinderblut durchströmte (P. N. 14, 15 und 16), ausgedehnte Blutungen im Herzmuskel mit Thrombosen in den kleineren Gefäßen ein, wodurch völlig abweichende Durchflußwerte sich ergaben. Aus diesem Grunde nahm ich von der Durchspülung mit Rinderblut Abstand.

Um mich über das Vorhandensein der Thebesiusgefäße und ihrer Verbindungen mit den Coronargefäßen weiter zu unterrichten, suchte ich mit Hilfe von Farbstoffeinspritzungen dieser Frage nachzugehen. Während bei den früher von verschiedenen Forschern sehr zahlreich unternommenen Füllungsversuchen, so bei *Hirsch* und *Spalteholz*, das Hauptziel eine gleichmäßige Füllung der Arterien bis in ihre feinsten Äste war, ohne daß das Füllungsmittel in die Venen übertrat (*Spalteholz*: „Nur solche Präparate konnte ich verwenden“), so war es mir daran gelegen, das gesamte Gefäßnetz möglichst vollständig zu füllen. Verwendete daher *Spalteholz* als Einspritzungsmasse eine Aufschwemmung von Chromgelb in 10 proz. Gelatine, derselben in der Hälfte ihres Gewichtes zugesetzt — *Cohnheim* und *Schlüthess-Rechberg* spritzten gar einen dünnen Gipsbrei ein, mit dem sie begreiflicherweise nicht einmal die mitunter recht beträchtlichen Anastomosen der Coronararterien darstellen konnten, deren Dasein sie auf Grund ihrer Versuche in Abrede stellten — so kamen für mich nur noch feiner aufgeschwemmte Farbmittel in Betracht.

Da 10 proz. Gelatine häufig als Füllungsmittel verwendet wurde, versuchte ich sie in mehreren Fällen, indem ich ihr nur ca. ein Zwanzigstel Farbstoffmenge zusetzte. Als Farbstoff verwendete ich Kienruß oder Karmin. Mit dieser Injektionsmasse, die im erwärmt Zustand eingespritzt werden muß, ließen sich die feinsten Capillaren darstellen. Voraussetzung hierfür war, daß das Herz vollkommen blutfrei gemacht worden war. Ein Nachteil der Gelatineeinspritzungen aber war es, daß die Gelatine langsam erstarrte und zum großen Teil beim Aufschneiden des Herzens am nächsten Tag noch flüssig war.

Bessere Ergebnisse erzielte ich mit einer Füllungsmasse, die in der Weise hergestellt wurde, daß Karmin oder Kienruß in einer ca. 5 proz. Lösung von Celloidin in Äther und Alkohol zu 5—10 Gewichtsprozenten fein verrieben und aufgeschwemmt wurde. Vor der Einspritzung des Farbstoffes wurde erst 70 proz. Alkohol in einer Menge von 30—40 ccm in die Kanülen eingespritzt und dann, um den Alkohol bis in das Capillargebiet vorzutreiben, ohne dabei einen zu starken Druck auszuüben und die Capillaren zu zerreißen, mit einer Rekordspritze 40—50 ccm Luft nachgeblasen. Hierauf wurde der Farbstoff unter gelindem Druck eingespritzt. Nach der Einspritzung wurden die Kanülen abgeklemmt und das Herz bis zum nächsten Tag in Formol-Alkohol fixiert. Durch das Verdunsten des Äthers erstarrte die Füllungsmasse in kurzer Zeit, wodurch die topographischen Verhältnisse, auf die es mir besonders ankam, injektionsgetreu erhalten blieben. Ein weiterer Vorteil der Celloidininjektionen war der, daß die Füllungsmasse mit dem Mikrotom gut zu schneiden und im histologischen Schnitt sehr gut erkennbar war. Sie drang in die Capillaren gut ein, füllte das ganze Venensystem und machte durch die vorhergehende Härtung der Gefäßwand mit Alkohol nur selten extravasculäre Farbstoffdepots. In den Gefäßen legt sich der Farbstoff der Gefäßwand an, bei nicht vollkommener Füllung des Gefäßes das Zentrum des Lumens freilassend. Ein Nachteil der Celloidineinspritzungen war, daß sie infolge zu raschen Erstarrens manchmal nicht alle Gefäßabschnitte gleichmäßig füllten.

Mit dieser Celloidinmasse wurden 10 Herzen injiziert. Bei 6 Herzen, die von den Coronararterien aus gefüllt worden waren, fand sich in allen Fällen der Farbstoff in mehr oder weniger reichlicher Menge *in den Herzhöhlen*. Wurde das Herz (P. N. 1), nachdem erst die linke Coronararterie mit Karmincelloidin und dann die rechte Coronararterie mit Kienrußcelloidin gefüllt worden war, eröffnet, so fanden sich in beiden Herzabschnitten sowohl rote wie schwarze Celloidinmassen.

Im rechten Herzen überwog der schwarze Farbstoff, doch fand sich am Septum und gegen die Herzspitze zu auch rotes Celloidin. Das linke Herz war vorwiegend mit rotem Farbstoff gefüllt, doch war gleichfalls am Septum und an den angrenzenden Teilen der vorderen Herzwand schwarzes Celloidin vorhanden. Das Celloidin ragte mit vielfach sich verzweigenden und gabelnden Fortsätzen zwischen die Trabekel, der gegen das Herzlumen zu vorspringenden Muskelwülste hinein und man hatte den Eindruck, daß es aus diesen engen Spalten und Vertiefungen bei der Einspritzung herausgeströmt war. Bei den übrigen 5 Herzen fand sich gleichfalls das Celloidin regelmäßig in den Herzhöhlen.

Nur in einem einzigen Fall, bei dem die rechte Coronararterie stark sklerotisch und verengt war, war das rechte Herz frei von Farbstoff. Hier war in die rechte Arterie jedoch nur die Hälfte der sonst üblichen Füllungsmenge eingespritzt worden, die offenbar eine zu geringe war, um im Herzlumen zu erscheinen.

In den meisten Fällen fanden sich beiderlei Farbstoffe in jeder Herzklammer. Es überwog bei Einspritzung von Karmincelloidin in die linke und von Kienrusscelloidin in die rechte Coronararterie in der rechten Kammer das schwarze und in der linken Kammer das rote Celloidin. Wie bereits beim ersten Fall erwähnt, waren am häufigsten am Septum beide Farbstoffe anzutreffen.

Nachdem ich gesehen hatte, daß in die Coronararterien eingespritzter Farbstoff sich beim Aufschneiden des Herzens in beiden Herzklammen vorfand, untersuchte ich einige alte Herzpräparate, die vor vielen Jahren von Prof. Stoerk mit Tuschelösung in die Coronararterien injiziert und uneröffnet aufgehoben worden waren. Bei der Sektion dieser Herzen fand sich nun gleichfalls wie bei meinen Versuchen die Tuschelösung in beiden Herzklammen vor.

Was das Vorhandensein der Füllungsmasse in den Coronargefäßen betraf, so waren selbst in den Hauptstämmen beider Coronararterien oft beiderlei Farbstoffe vorzufinden. Regelmäßig waren in der Gegend des Septums die kleineren Gefäße schwarz und rot gefüllt.

Um den Weg des Farbstoffes von den Coronararterien bis in die Herzklammen besser zu verfolgen, wurden verschiedene Teile der vorderen Herzwand, wo sich das Celloidin besonders reichlich im Herzlumen fand, in Stufenschnitten mikroskopisch untersucht. Hierbei zeigte sich zunächst, daß sich am reichlichsten das Celloidin in den engen Spalträumen zwischen den Trabekeln und den Ansätzen der Papillarmuskel vorfand, die es stellenweise vollkommen ausfüllte. Verfolgte man weiter das Verhalten der mit Celloidin gefüllten Spalträume und der benachbarten gefüllten kleinen Gefäße zueinander, so konnte man an mehreren Präparaten Stellen nachweisen, wo sich zunächst die Spalten buchtförmig in die Muskulatur einsenkten, dann beiderseits an den Rändern der Bucht anfangs flachere und dann steilere Muskelwülste vortraten, bis eine schwache Muskelbrücke die Bucht von dem übrigen Spaltraum abtrennte. In den weiteren Schnitten machte die abgeschnürte Bucht bereits den Eindruck eines gegen den Spaltraum vorspringenden kleinen Gefäßes mit eigenen kreisförmig angeordneten Muskelzügen, das sich allmählich immer tiefer in die Muskulatur hineinzog und schließlich mit anderen kleinen Gefäßen in Verbindung trat. Derartige Bilder ließen sich in Schnitten, die senkrecht zur Herzwand, besser aber in solchen, die parallel zur Herzwand geführt worden waren, nachweisen.

In 5 Fällen wurde versucht, die Coronargefäße mittels Einspritzung des Farbstoffes in die Herzklammen bei abgebundenen Coronararterien und abgebundenem Sinus coronarius darzustellen. Hierbei gelang es nur in 2 Fällen, bei denen in das rechte Herz Kienrusscelloidin und in das linke Herz Carmincelloidin eingespritzt worden war, schwarzen Farbstoff in mehreren kleinen und vereinzelten größeren Venen der rechten Herzwand aufzufinden. Da nirgends eine Füllung eines arteriellen Gefäßes und auch kein venöses Gefäß im Bereich des linken Herzens mit rotem

Farbstoff eingespritzt zu sehen war, war die Füllung der Venen der rechten Herzwand mit Kienrufcelloidin wahrscheinlich von einem in den rechten Vorhof frei mündenden und daher nicht unterbundenen venösen Gefäß rückläufig erfolgt. Daß die Füllung der Coronargefäße von den Herzähnchen aus nicht gelang, hat wohl darin seinen Grund, daß die Thebesiusgefäße bei der durch die Einspritzung in die Herzähnchen erfolgenden Ausdehnung des ganzen Herzens platt gedrückt werden und der Farbstoff daher nicht in sie hineingelangen kann.

Endlich wurde noch versucht, das Herz durch Einspritzung von Carmincelloidin in den Sinus coronarius zu füllen. Bei diesem Herzen fand sich reichlich rotes Celloidin in beiden Vorhöfen, sowie weniger reichlich in beiden Kammern. In der rechten Herzähnchen erschien die Füllungsmasse als ungefähr stecknadelkopfgroße, tropfenartige Gebilde in den Krypten zwischen den Trabekeln der Herzwand (Abb. 1.).

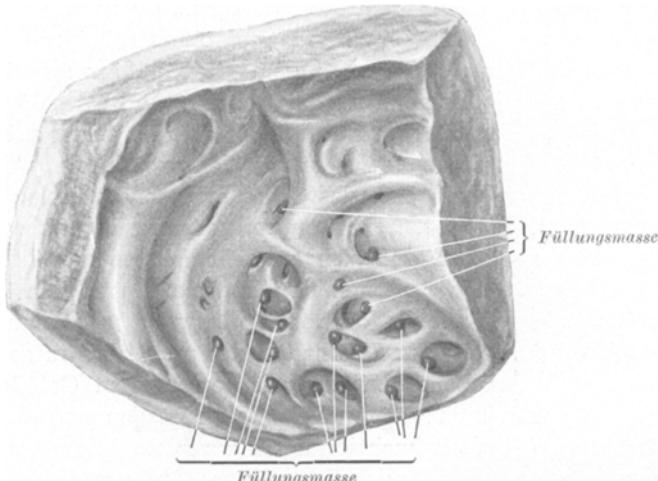


Abb. 1. Innenansicht der Vorderwand des rechten Herzens nach Einspritzung von Carmincelloidin in die Coronarvene. Die Füllungsmasse erscheint als tropfenartiges Gebilde zwischen den Trabeculae carneae.

Fassen wir die Ergebnisse der Farbstoffeinspritzungen des Herzens kurz zusammen, so ergibt sich, daß auch im Injektionsversuch der Weg von den Coronararterien über das Capillarsystem in die Thebesiusgefäße und in die freien Herzähnchen sich nachweisen läßt. Hierbei zeigt es sich, daß die Thebesiusgefäße besonders an der Herzspitze und am Septum reichlich vorhanden sind. Sie münden zwischen den Trabekeln in den Vertiefungen und Krypten zwischen den Ansätzen der Papillarmuskel frei in die Herzähnchen. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil des unter dem Endokard liegenden Gefäßnetzes, das mit den größeren arteriellen und venösen Gefäßverzweigungen in reichlicher Verbindung steht. Trotz der Kleinheit des Gefäßkalibers stellt das System der Thebesiusgefäße dank seiner großen Ausdehnung einen wesentlichen Bestandteil des Coronargefäßsystems dar (Abb. 2).

Über das Vorkommen der Thebesiusgefäße finden sich im Schrifttum zahlreiche Angaben. Nach *Tandler* stellen sie neben dem System der *Vena magna cordis* und ihrer Äste und neben den *Venae parvae cordis*, die getrennt vom *Sinus coronarius* in den rechten Vorhof münden, jene dritte Kategorie von Venen dar, die — zuerst von *Thebesius* entdeckt und dann später unabhängig davon von *Vieussenius* gefunden — frei in die Herzhöhlen münden und deren Verbindung mit dem übrigen Venensystem schon von *Thebesius* und später mittels Füllungsversuchen von *Langer* nachgewiesen wurde. Am ehesten bekannt waren die Mündungen der Thebesiusgefäße im Bereich der Vorhöfe (*Foramina Thebesii*), deren Dasein heute allgemein anerkannt

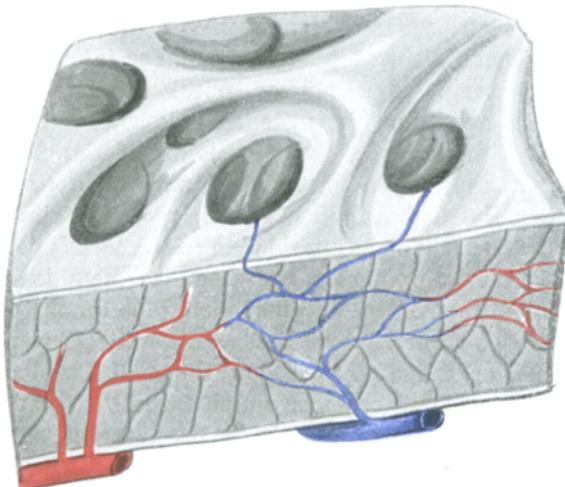


Abb. 2. Schema der Blutversorgung des Herzmuskels. Aus den Coronararterien gelangt das Blut in das subendokardiale Capillarsystem, das zum Teil durch die Thebesiusgefäße frei in die Herzhöhlen mündet, zum Teil mit den sich zum *Sinus coronarius* vereinigenden Venen in Verbindung steht.

wird und auf die ich in meinen Untersuchungen nicht näher eingegangen bin. Sie sind besonders im rechten Vorhof sehr zahlreich in der Gegend des *Limbus Vieussenii*; im linken Vorhof kommen sie nach *Langer* besonders am Septum vor. Über das Vorkommen der Thebesiusgefäße in den Herzkammern bestehen geteilte Ansichten. Während *Nußbaum* sie in den Kammern nicht finden konnte, wurden sie von *Langer*, besonders an der Herzspitze, beschrieben und *Tandler* fand sie hauptsächlich an der Basis der Papillarmuskel. *Crainicianu* berichtet über die Thebesiusgefäße: „sie kommen in allen Herzabschnitten vor, sind kleinen Kalibers und stehen mit den Capillaren des Myokards in Kommunikation“. Ausführliche anatomische Untersuchungen über die Thebesiusgefäße verdanken wir *Pratt*. In einer vor 30 Jahren

erschienenen Arbeit konnte er mit Hilfe von Durchspülungsversuchen zeigen, daß der größte Teil des durch die Coronararterien zuströmenden Blutes durch die Herzhöhlen abfließt. Blies er beim Ochsenherzen Luft in die Foramina Thebesii, so erschienen die Luftblasen an der Mündung des Sinus coronarius. Ebenso erschien in die Vene eingespritzter flüssiger Farbstoff bei den Foramina *Thebesii*. Ferner fand *Pratt*, daß die Thebesiusgefäße von Vorhof und Kammer in ein System feiner Verzweigungen führen, das mit den Kranzschlagadern und Venen capillar anastomosiert. Außerdem bestehen mit den Venen noch größere anastomotische Verbindungen.

Unterrichten uns die Durchspülungs- und Füllungsversuche ausschließlich vom anatomischen Standpunkt aus über den Weg, den das Blut beim Durchströmen des Herzmuskels nehmen kann, so genügt diese Kenntnis noch nicht zum Verständnis der tatsächlichen Durchströmungsverhältnisse. Hier müssen physiologische Versuche diese Frage weiter klären. Um festzustellen, wie weit ein Herz, dessen Coronarkreislauf ausgeschaltet worden ist, von der Herzhöhle ernährt werden kann, führte *Pratt* eine Kanüle mit doppeltem Mantel und getrenntem Zu- und Abfluß in die Herzkammer ein. Dann legte er dicht an der Herzbasis eine Unterbindung an, wodurch der Zufluß von den Coronararterien abgebunden war und das Herz jetzt nur mehr von dem in den Herzhöhlen zirkulierenden Blut durchströmt werden konnte. Derartig vorbereitete Herzen, die mit Ringerlösung und defibriniertem Blut durchspült wurden, fingen 5 Stunden nach dem Tode zu schlagen an und schlugen durch fast  $1\frac{1}{2}$  Stunden. Schnitt *Pratt* bei dieser Versuchsanordnung in die Coronarvene, so sickerte aus ihr ein ununterbrochener dünner Blutstrom ab. Bei Einschnitt in die Kranzarterien floß nichts ab. Hierbei war es für die Versuchsergebnisse gleichgültig, ob das rechte oder das linke Herz durchspült wurde. Auch bei Spülung des Herzens von der Vene aus ließ sich ein Schlaganfall des Herzens durch 8 Stunden erzielen. Nach diesen Versuchen ist die von *Pratt*, *Crainicianu* und anderen ausgesprochene Annahme, daß eine Ernährung des Herzens von den Herzhöhlen aus durch die Thebesiusgefäße in distalproximaler Richtung möglich sei, durchaus berechtigt.

In welcher Richtung der Herzmuskel tatsächlich durchströmt wird, hängt von der Richtung des Druckgefäßes ab. Während der Systole des Herzens ist der intrakardiale Druck am höchsten, die Verzweigungen der Coronararterien und der Venen werden durch die Zusammenziehung des Herzmuskels zusammengepreßt und besitzen daher für die Durchströmung einen höheren Widerstand. Hingegen ist für eine rückläufige Durchströmung der Thebesiusgefäße die Systole der günstigste Zeitpunkt. Durch die Verkürzung der Muskelfasern ver-

tiefen und vergrößern sich die Spalten zwischen den Trabekeln, in die die Thebesiusgefäße einmünden, und durch die Verkleinerung des Herzlumens wird das Blut aus den Herzhöhlen in die Thebesiusgefäße hineingepräst. Mit dem Ende der Systole und Beginn der Diastole ist dann der Druck in den Coronararterien am höchsten, während er im Herzen schnell absinkt, und dann ist, wie das wiederholt im Versuch nachgewiesen werden konnte, die Durchgängigkeit der Kranzarterien am günstigsten, während für die Thebesiusgefäße die Durchströmungsverhältnisse in der Diastole ungünstiger sind, da durch die Erschlaffung des Herzmuskels die Innenwandungen des Herzens sich abflachen und die dünnwandigen Thebesiusgefäße durch die passive Erweiterung des Herzens zusammenfallen.

So ändern sich also durch den wechselnden Kontraktionszustand des Herzens die Durchströmungsbedingungen im Herzmuskel selbst, indem während der Systole eine Durchströmung des Herzens vom Herzlumen aus, in der Diastole die Durchblutung von den Coronararterien aus begünstigt wird. Wie weit unter normalen Verhältnissen eine rückläufige Durchströmung des Herzmuskels vom Herzlumen aus, die in erster Linie im arteriellen Herzabschnitt (linker Vorhof und linke Kammer) von Bedeutung sein könnte, in Frage kommt, kann hier nicht entschieden werden. Es ist aber sicherlich vorstellbar, daß bei geringem Druck im arteriellen Kreislaufabschnitt, beispielsweise bei sklerotischer Verengerung der Coronararterien, die Durchströmung des Herzens vom Herzlumen aus eine gewisse Rolle zu spielen vermag. Maßgebend für das gute Funktionieren dieses „Ersatzkreislaufes“ ist die Ausbreitung und gute Ausbildung des Systems der Thebesiusgefäße, die aber, wie es bereits bezüglich der Coronararterien hervorgehoben wurde, großen individuellen Schwankungen unterworfen zu sein scheinen.

Bevor auf weitere Schlußfolgerungen, die sich für die Blutversorgung des Herzens unter Berücksichtigung der Thebesiusgefäße ergeben, eingegangen wird, sei kurz noch einer weiteren Ernährungsmöglichkeit des Herzens gedacht, deren experimentelle Erforschung mir zwar nicht möglich erschien, die aber trotzdem in Erwägung gezogen werden muß. Es ist dies die Resorption im Blute kreisender Stoffe, die auf osmotischem Wege durch das Endokard hindurch aus den Herzhöhlen aufgenommen werden können.

Wie *Lange* nachgewiesen hat, bezieht die Arterienwand ihre Ernährungsflüssigkeit in gleicher Weise vom Gefäßlumen, wie von den *Vasa vasorum*. Fällt unter bestimmten Bedingungen die adventitielle Strombahn fort (bei einem Aneurysma, nach periarterieller Sympathektomie), so wird die Arterie von dem in ihrer Lichtung strömenden Blut ernährt. Den Nachweis der Aufsaugung selbst körperlicher Bestand-

teile vom Gefäßlumen aus führte *Lange* in der Weise, daß er fein gelöste Farbstoffe und Tusche in Arterien, deren Adventitia er entfernt, oder deren Vasa vasorum er durch Umscheidung der Gefäße mit einer Wachsmasse ausgeschaltet hatte, strömen ließ und deren Resorption durch die Intima hindurch bis in die Muskelschichten der Media er histologisch nachwies.

Für das Herz sind derartige Versuchsanordnungen freilich nicht möglich, doch mag der Hinweis genügen, daß, wenn selbst fein aufgeschwemmte körperliche Elemente durch die Intima der Aorta und durch eine mehrschichtige Lage straffen elastischen Gewebes hindurch resorbiert werden können, wohl auch das zarte Endokard und die angrenzenden Muskellagen für bestimmte im Blute kreisende Stoffe durchgängig sein werden. Schließlich sehen wir beim Kaltblüterherz (*Frosch, Schildkröte*), das im Gegensatz zum Warmblüterherz überhaupt keinen Coronarkreislauf besitzt, eine ausschließliche Ernährung des Herzens durch Resorption der Nährstoffe vom Herzlumen aus.

Es besteht somit für den menschlichen Herzmuskel sicherlich eine mehrfache Ernährungsmöglichkeit: die Blutzufuhr von den Coronararterien aus, die Blutzufuhr durch die Thebesiusgefäße in rückläufiger Richtung vom Herzlumen aus und endlich die Ernährung durch Resorption im Blute kreisender Stoffe auf osmotischem Wege durch das Endokard hindurch. Von diesem Gesichtspunkte einer mehrfachen Ernährungsmöglichkeit des Herzens sollen im folgenden einige pathologische Zustände am Herzen und an seinem Kreislaufapparat betrachtet werden.

Für die Frage der Ernährung des Herzmuskels bei Beeinträchtigung des Coronarkreislaufes infolge krankhafter Veränderungen an den Kranzschlagadern sind die Beziehungen zwischen Coronarsklerose und Herzmuskelveränderungen von großer Wichtigkeit. So einfach diese Beziehungen auf den ersten Blick zu sein scheinen, so sind die hierüber selbst von autoritativer Seite geäußerten Meinungen keineswegs übereinstimmend. *Thorel* schreibt: „Wenn auch im allgemeinen nicht bestritten werden kann, daß zwischen Erkrankungen der Herzgefäße und Veränderungen des Myokards gewisse Beziehungen bestehen, so steht doch andererseits nach den Sektionsbefunden fest, daß keineswegs in allen Fällen von Coronarsklerose eine der Schwere derselben entsprechende Schädigung des Herzmuskels vorhanden ist. Wir treffen hier gar nicht so selten Fälle an, wo die Herzen trotz ganz erheblicher Verkalkung und Verengerung des Lumens der Kranzgefäße makroskopisch keine Myokardveränderungen zeigen und wo man auch mikroskopisch nicht im entferntesten Veränderungen findet, wie man sie eigentlich bei der Schwere der Coronarverkalkung erwarten sollte. Ja, nicht selten kommen Fälle vor, wo trotz hohen Grades von Coronar-

sklerose der Herzmuskel nicht nur nicht atrophisch, sondern sogar hypertrophisch ist, so daß hieraus geschlossen werden muß, daß trotz starker stenosierender Kranzarterienerkrankung der Herzmuskel noch so genügend durchblutet werden kann, daß er sogar noch zu einer Vermehrung seiner Muskelmasse befähigt ist.“ In gleichem Sinne äußert sich *Mönckeberg*. Er meint, daß die Abhängigkeit der Herzmuselschwächen von Erkrankungen des Gefäßsystems deshalb bis in die neueste Zeit sehr in Frage gestellt wurde, da häufig im Herzmuskel nichts zu finden ist, selbst in Fällen, wo die Gefäße obliteriert sind. *Fujinami* faßt seine diesbezüglichen Untersuchungen dahin zusammen, daß nur in einer geringen Anzahl der Fälle die Verengerung oder der Verschluß der Kranzarterien als die unmittelbare Ursache für die fibröse Myokarditis anzusehen sei. „Von einem gesetzmäßigen, konstanten Zusammenhang der fibrösen Herde mit der Sklerose der Coronararterien oder ihrer größeren oder feineren Äste kann nicht die Rede sein.“ In ähnlichem Sinne äußern sich *Strauch*, *Redtwitz*, *Amenomyia*, während andere Forscher (*Marchand*, *Aschoff*, *Thiele*) der Ansicht sind, daß der größte Teil der Schwächen die Folge von Veränderungen der Kranzgefäßse sei.

Als Grund für das Ausbleiben der Myokardveränderungen trotz bestehender Gefäßerkrankung wird allgemein das Bestehen von Gefäßverbindungen zwischen den beiden Coronararterien angeführt, so daß die Beziehungen zwischen Coronarsklerose und Herzmuselveränderungen von dem Vorhandensein und der Funktionstüchtigkeit genügend reichlicher anastomotischer Verbindungen zwischen den beiden Coronararterien abhängig zu sein scheinen. Es bedarf daher die Frage, inwieweit die Anastomosen den Ausfall einer Coronararterie zu ersetzen vermögen, einer kurzen Besprechung. Über das Vorhandensein der Anastomosen herrscht seit den Untersuchungen von *Hirsch* und *Spalteholz*, die sie mit Hilfe eines eigenen Aufhellungsverfahrens einwandfrei nachgewiesen haben, wohl vollkommene Klarheit. Man weiß, daß die Coronararterien sowohl oberflächlich als in der Tiefe des Myokards und ferner auch unmittelbar unter dem Endokard und in einzelnen Papillarmuskeln capillar anastomosieren. Doch kommen auch größere präcapillare Anastomosen vor, ja in seltenen Fällen hat man sogar Anastomosen, die die Größe des Hauptstammes einer Arterie erreichten, beobachtet (*Galli*). Doch unterliegt das Vorhandensein und die Ausbildung der anastomotischen Gefäßverzweigungen, wie dies alle Untersucher ausdrücklich hervorheben, sicherlich großen individuellen Schwankungen. Vom anatomischen Standpunkt ist also die Möglichkeit der Ernährung des Versorgungsgebietes einer Arterie durch die andere, bzw. der Ersatz eines von einzelnen Ästen der Arterie versorgten Gebietes durch anastomotische Verbindungen

mit anderen Ästen derselben Arterie vorstellbar. Man hat angenommen, daß, falls der pathologische Prozeß im erkrankten Gefäß nicht zu sehr ausgebreitet ist und vor allem zeitlich sich nicht zu rasch entwickelt, damit die Ausbildung der Anastomosen ermöglicht wird, ein Ersatz der erkrankten Arterie durch die gesunde Arterie stattfinden kann. Aber trotzdem haben sich dagegen Bedenken erhoben, daß die Coronararterien nicht einfach als Seitenbahnarterien, wie z. B. die Arterien eines Skelettmuskels aufgefaßt werden dürfen, sondern daß am Herzen die Verhältnisse ungleich verwickelter liegen. So hat *Kaufmann* darauf aufmerksam gemacht, daß die Kranzarterien trotz ihrer anastomotischen Verbindung im funktionellen Sinne doch als Endarterien aufzufassen seien, da die Kontraktionsart beider Herzventrikel unter physiologischen Verhältnissen stets die gleiche und die Arbeit der beiden Herzkammern eine koordinierte ist. Aus meinen Durchspülungsversuchen haben sich gegen die Auffassung, daß der anastomotische Kollateralkreislauf die häufige Unstimmigkeit zwischen Gefäßerkankung und Myokardveränderung erklären könne, gleichfalls Bedenken ergeben. Zunächst fand ich, daß der Kollateralkreislauf, beurteilt nach dem „anastomotischen Koeffizienten“ *Crainicianus*, bei jugendlichen Individuen besser ausgebildet ist als bei älteren, was sicherlich auf der besseren Durchgängigkeit und Weitbarkeit der jugendlichen Gefäße beruht. Bei Vorhandensein krankhafter Gefäßveränderungen halte ich jedoch die Durchspülungsmethode und die Berechnung des „anastomotischen Koeffizienten“ aus den Durchflußmengen für eine unrichtige. Wie aus meinen Durchspülungsversuchen hervorgeht, wird bei fast vollständigem Ausfall oder weitgehender Einschränkung der Durchspülung von einer Coronararterie aus die erkrankte Arterie durch die gesunde Arterie so vollständig ersetzt, daß es in der Regel gelingt, von ihr allein aus eine der durchschnittlichen Gesamtmenge entsprechende Flüssigkeitsmenge durchströmen zu lassen. Trotz ausreichenden Ersatzes der erkrankten Coronararterie durch die andere Arterie, ist dies aber aus dem „anastomotischen Koeffizienten“ nicht ersichtlich, da es gerade in solchen Fällen nicht gelingt, größere Mengen Flüssigkeit von einer Arterie zur anderen zu spülen.

P. N. 4. Verengung der linken Kranzschlagader. Bei Spülung von der rechten Coronararterie erreichter gesamter Durchflußwert gegenüber dem Durchflußwert bei Spülung von beiden Coronararterien aus nicht vermindert. Bei Spülung von der linken Arterie aus Verminderung der gesamten Durchflußmenge um 85%. Trotz weitgehenden Ersatzes der linken Coronararterie durch die rechte, gelingt es nur, von der linken zur rechten Arterie 6 ccm und von der rechten zur linken  $1/2$  ccm fließen zu lassen.

P. N. 14. Sklerose beider Coronararterien mit starker Einengung der rechten Coronararterie. Spülung von der rechten Arterie bewirkt Verminderung der ge-

samten Durchflußmenge um 80%, Spülung von der linken Arterie um 20%. Auch hier gelingt es nur, von der stärker sklerotischen rechten Arterie 6 ccm zur linken Arterie strömen zu lassen, während von der linken zur rechten Arterie gar keine Flüssigkeit überströmt.

Wie aus diesen beiden Versuchen hervorgeht, vermag die eine Coronararterie, soweit sich dies aus den Durchspülungsversuchen beurteilen läßt, das Gebiet der anderen Arterie zu versorgen, ohne daß dies der „anastomotische Koeffizient“ zu erkennen gibt. Dieses Verhalten ist aber begreiflich, da die pathologischen Gefäßveränderungen eben derartig lokalisiert sein können, daß in gleicher Weise der von einer Arterie zur anderen gehende Flüssigkeitsstrom behindert wird, wie die Abströmung des Blutes in die übrigen Capillaren des Versorgungsgebietes der erkrankten Arterie. Es vermag also der „anastomotische Koeffizient“ *Crainicianus* lediglich über das Vorhandensein von Gefäßanastomosen bei unverehrtem Gefäßapparat etwas auszusagen.

Über das Vorhandensein von Anastomosen zwischen den beiden Coronararterien berichten *Oberhelman* und *le Count* auf Grund ihrer Füllungsversuche mit metallischem Quecksilber bei 26 Herzen, die von Personen zwischen 15 und 70 Jahren stammten, die an einer plötzlichen äußeren Todesursache gestorben waren. Es ließ sich in 17 Fällen von einer Arterie aus das ganze arterielle System füllen, wobei manchmal die Füllung sehr rasch erfolgte, in anderen Fällen aber das Quecksilber nur sehr langsam das Gebiet der zweiten Arterie füllte. Bei 9 Fällen fanden sich keine Anastomosen bei fehlenden Myokard- und Gefäßveränderungen.

Somit glaube ich die Bedeutung der Gefäßanastomosen zwischen den beiden Coronararterien folgendermaßen kennzeichnen zu dürfen: die Anastomosen sind bei jugendlichen Individuen besser ausgebildet als bei älteren Menschen. Ebenso wie die Lage, die Größe und das Verbreitungsgebiet der beiden Kranzschlagadern weitgehenden individuellen Schwankungen unterliegt, zeigen sich auch bei der Ausbreitung und Anordnung der Anastomosen große individuelle Schwankungen. Es ist daher wohl denkbar, daß bei Verschluß oder Erkrankung nur einer Kranzarterie, soferne sich diese Veränderungen nicht zu rasch entwickeln und nicht auf die weiteren Verzweigungen der Arterien übergreifen (z. B. bei sklerotischem Verschluß des Coronarostiums, bei umschriebener Sklerose des Hauptstammes), die andere Arterie ausgleichend das Gebiet der erkrankten Arterie mit Blut versorgt. Hingegen ist das Vorhandensein von Gefäßanastomosen bei der gewöhnlich vorkommenden Form von Coronarsklerose, die sich auch auf die kleineren Gefäße erstreckt und bei jenen Fällen, wo beide Coronararterien betroffen sind, sicherlich bedeutungslos.

Kommen wir nun auf die ursprüngliche Frage nach den Beziehungen zwischen Erkrankungen der Coronargefäße und Myokardveränderungen, von der wir bei der Besprechung der Gefäßanastomosen ausgegangen sind, zurück, so können wir sagen, daß das Vorhanden-

sein der Anastomosen zwischen den beiden Coronararterien wohl in den meisten Fällen das Ausbleiben der Myokardveränderungen trotz bestehender Gefäßsklerose *nicht* erklärt.

Als ein Beweis für die Abhängigkeit der Myokardschwien von Erkrankungen der Kranzarterien werden experimentelle Untersuchungen über Abbindungen der Kranzgefäße herangezogen. Nach *Tigerstedt* haben diese Abbindungsversuche, die in großer Anzahl ausgeführt wurden, zu keinen eindeutigen Ergebnissen geführt. So finden sich allein schon je nach der Tierart, an der die Versuche vorgenommen wurden, sehr abweichende Ergebnisse. Doch auch bei gleicher Tierart und gleicher Versuchsanordnung führten die Unterbindungen bestimmter Arterienäste nach einem Verfasser häufig zum Tode, während sie bei anderen ohne Lebensgefahr für das Tier verlief. Nicht nur, daß die Größe der Infarkte häufig nicht mit der Größe des abgebundenen Gefäßes parallel ging, ergab auch die Abbindung der Coronararterien, was die Herz-tätigkeit betrifft, durchaus wechselnde Erfolge. Als ein Beweis, daß die Folgen der Abbindung nicht immer auf eine durch sie bedingte Anämie des Herzmuskelns zurückzuführen sind, mag eine Beobachtung von *Cohnheim* und *Schulthess-Rechberg* angeführt werden. Diese Forscher fanden, daß, wenn die Coronarligatur nach 80—90 Sek., zu einer Zeit, wo die Herzaktion schon unregelmäßig, die Herzzusammenziehungen aber noch durchaus kräftig und der arterielle Druck noch hoch war, entfernt wurde, es trotzdem einige Zeit später plötzlich zum Herzstillstand kam, obwohl das Herz sonst eine vorübergehende Abklemmung der Lungenarterie oder des Vorhofes für die Dauer von einer Minute und mehr ohne Schädigung aushielte. Einen genaueren Einblick in die Folgezustände nach experimentellen Coronarverschlüssen hat uns das Elektrokardiogramm ermöglicht. Nach den Untersuchungen von *Kisch* wissen wir, daß bei Abbindung größerer Coronäräste es häufig zu Kammerflimmern und Sekundenherztod kommt. Je nach der Tierart sieht man das Auftreten von Kammeralternans, von Extrasystolen oder Überleitungsstörungen als Folge der Gefäßunterbindung; dann aber gibt es Tiere, die weniger zu Unregelmäßigkeiten der Herz-tätigkeit neigen und bei denen ein Hauptstamm der Coronararterie abgeklemmt werden kann, ohne daß es zu dauernder Schädigung des Herzens zu kommen braucht. Die Ursachen dieses verschiedenen Verhaltens des Herzens lassen sich nach *Wenckebach* und *Winterberg* nicht mit Sicherheit feststellen, da bei der künstlichen Unterbrechung des Coronarkreislaufes mehrere Faktoren im Spiele sind und es nicht möglich ist, einen bestimmten Faktor als Ursache anzusprechen. Gegen die Annahme, daß die Blutarmut des Herzens zum Herzstillstand führe, spricht die Tatsache, daß bei Durchströmung der Kranzgefäße mit einem indifferenten Gas die Kammern verhältnismäßig ungestört weiter-

schlagen. Es sind daher die Erscheinungen am Herzen nach Abbindung einer Kranzschlagader oder ihrer Äste durchaus nicht in allen Fällen als Folge einer Anämie des Herzmuskels aufzufassen, wie dies von vielen Forschern geschehen ist, sondern es spielen bei derartigen für das ganze Herz zweifellos sehr bedeutungsvollen Eingriffen andere Einflüsse sicherlich eine sehr große Rolle. Jedenfalls ergibt sich aus den Abbindungsversuchen an den Kranzarterien in Übereinstimmung zu den pathologisch-anatomischen Untersuchungen, daß zwischen Funktionsstörungen der Coronararterie und der Funktion des Herzmuskels kein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht.

Den eindeutigsten Beweis für die Unabhängigkeit der Herztätigkeit vom Zustand der Kranzschlagadern bilden vollends jene allerdings sehr selten beobachteten Fälle, wo ein vollständiger Verschluß beider Kranzschlagadern während des Lebens bestand (*Cl. Albutt, Sissen, Thorel*: Selbst doppelseitige Verschlüsse der Kranzarterien brauchen, wenn sie sich ganz chronisch entwickeln, keine Störungen am Herzen zu bedingen).

Ein wesentlicher Faktor für die Ernährung des Herzens liegt in der Beschaffenheit des Herzmuskels selbst. Denn, abgesehen von einer Verschlechterung des Blutumlaufes im allgemeinen, wie sie durch eine Erkrankung des Myokards, sofern sie größere Ausdehnung besitzt oder für die Kontraktionsleistung des Herzens besonders wichtige Anteile betrifft, bedingt sein kann, wird auch die Blutzirkulation im Herzen selbst durch Myokardveränderungen wesentlich behindert. Wie sich aus meinen Durchspülungsversuchen ergeben hat, zeigen die Durchflußwerte bei Fällen von Coronarsklerose und unverändertem Myokard keine regelmäßige Abhängigkeit der Durchflußwerte vom Sitze der anatomischen Veränderungen; hingegen sind die Durchflußmengen bei Fällen von Coronarsklerose und gleichzeitiger Myofibrosis cordis stark herabgesetzt. Das Vorhandensein von Herzschwien hatte demnach auf die Blutdurchströmung einen deutlich hemmenden Einfluß. So läßt sich vielleicht die Tatsache verstehen, daß hypertrophische Herzen, bei denen sich bei längerem Bestehen der Hypertrophie regelmäßig vermehrte Bindegewebsbildung im Herzen findet, trotz unveränderter Coronargefäße klinisch sich als weniger leistungsfähig und leichter zur Insuffizienz neigend (*Krehl*) erweisen. Es erklärt auch das häufige Zusammentreffen von Coronarsklerose und Myokardveränderungen am Sektionstisch, das bei der von mir betonten Unabhängigkeit der Myokardveränderungen von der Coronarsklerose nicht verständlich wäre und als Gegengrund angeführt werden könnte. Es liegen hier die Verhältnisse so, daß die Myokardveränderungen nicht als unbedingte Folge der Coronargefäßerkrankung angesehen werden dürfen, denn die Muskelschwiele ist lediglich der Aus-

druck dafür, daß Muskelgewebe, gleichgültig aus welcher Ursache, zugrunde gegangen ist. Kommen aber Coronarsklerose und Myokardschwien, die unabhängig voneinander entstehen können, gleichzeitig in einem Herzen vor, so bedeutet dies nach dem bisher Gesagten eine doppelte Beeinträchtigung der Ernährung des Herzens, die eben zur Leistungsherabsetzung des Herzens geführt hat.

Zweck der vorliegenden Arbeit war es, auf die mehrfache Möglichkeit der Ernährung des menschlichen Herzmuskels hinzuweisen. Außer von den Kranzarterien kann dem Herzen das Blut noch vom Herzlumen aus durch die Vasa Thebesii zugeführt werden. Endlich ist eine Resorption im Blute kreisender Stoffe durch das Endokard hindurch in hohem Maße wahrscheinlich.

Zusammenfassung: Das System der Thebesiusgefäße stellt einen wesentlichen Bestandteil des Coronargefäßsystems dar. Die Thebesiusgefäße finden sich in allen Herzabschnitten. In den Herzkammern sind sie besonders reichlich im Septum und in der Gegend der Herzspitze ausgebildet. Ihre physiologische Bedeutung beruht darauf, daß sie eine unmittelbare Verbindung zwischen dem Coronargefäßsystem und den Herzhöhlen darstellen. Die Durchströmungsverhältnisse der Thebesiusgefäße sind in der Systole des Herzens am günstigsten, während die Coronararterien in der Diastole am stärksten durchströmt werden. Das Vorhandensein der Thebesiusgefäße und die dadurch gegebene Möglichkeit der Ernährung des Herzens vom Herzlumen aus erklärt das häufige Mißverhältnis zwischen krankhaften Veränderungen an den Coronararterien und der Funktion des Herzmuskels. Trotz hochgradiger Beeinträchtigung des Coronarkreislaufes (vereinzelte Fälle von doppelseitigem Verschluß der Coronararterien) kann das Herz voll arbeitsfähig sein. Endlich wurde auf eine weitere Ernährungsmöglichkeit des Herzens hingewiesen, auf die Resorption im Blute kreisender Stoffe durch das Endokard hindurch.

#### Literaturverzeichnis.

- Allbutt, Cl.*, Diseases of the arteries. Macmillan, London 1915. — *Amenomiya, R.*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **199**, 187. 1910. — *Bohr, Ch. und V. Henriques*, Skandinav. Arch. f. Physiol. **5**, 232. 1895. — *Crainicianu, Al.*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **238**, 1. 1922. — *Fujinami, A.*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **159**, 447. 1900. — *Hirsch, G. und W. Spalteholz*, Dtsch. med. Wochenschr. 1907, S. 790. — *Kaufmann, R.*, Wien. klin. Wochenschr. 1926, S. 437 u. 477. — *Kisch, B.*, Ergebni. d. inn. Med. u. Kinderheilk. 1924, Nr. 25. — *Krehl, L.*, Arch. f. klin. Med. **48**, 414. 1891. — *Kretz, J.*, Wien. Arch. f. inn. Med. **9**, 419. 1925. — *Lange, F.*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **248**, 463. 1924. — *Lewis, Th.*, The mechanism and the graphic registration of the heartbeat. London: Shaw & sons, 1925. — *Mönckeberg, J. G.*, Erkrankungen des Myokard. Aus Henke-Lubarsch, Handbuch der pathologischen Anatomie und Histologie.

Bd. 2, 1924. — *Morawitz* und *Zahn*, Dtsch. Arch. f. klin. Med. **116**, 364. 1914. — *Nussbaum, A.*, Arch. f. mikroskop. Anat. **80**, 450. 1912. — *Oberhelman* und *le Count*, Journ. of the Americ. med. assoc. 1924, S. 1321. — *Pratt, F. H.*, Americ. journ. of phys. **1**, 1898. — *Redtwitz, E.*, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **197**, 433. 1909. — *Spalteholz, W.*, Die Arterien der Herzwand. Leipzig: S. Hirzel. 1924. — *Tandler, J.*, Das Herz. Aus Bardeleben, Handbuch der Anatomie des Menschen 1913. — *Thorel, Ch.*, Pathologie der Kreislauforgane. Aus Lubarsch-Ostertag, Ergebn. d. allg. Pathol. u. pathol. Anat. des Menschen und der Tiere **9**, 559. 1903 u. **17/2**, 90. 1915. — *Tigerstedt, R.*, Physiologie des Kreislaufes. 2. Aufl. 1921. — *Unger, W.*, Zeitschr. f. exp. Med. **4**, 75. 1916. — *Wenckebach, K. F.* und *H. Winterberg*, Die unregelmäßige Herztätigkeit. W. Engelmann, 1927.

---