

DENIS F. J. HALMAGYI

DIE KLINISCHE PHYSIOLOGIE  
DES KLEINEN KREISLAUFS



VEB GUSTAV FISCHER VERLAG · JENA

# DIE KLINISCHE PHYSIOLOGIE DES KLEINEN KREISLAUFS

Von

**Dr. DENIS F.J. HALMAGYI**

I. Medizinische Universitätsklinik

Szeged, Ungarn

zur Zeit: Miners' Chest Disease Treatment Centre  
and Pneumoconiosis Research Unit, Llandough Hospital,  
near Cardiff, Great Britain

Mit 45 Abbildungen im Text



VEB GUSTAV FISCHER VERLAG · JENA

1957

Die Übersetzung des ungarischen Manuskriptes  
in die deutsche Sprache besorgte STEFAN A. FARAGÓ

Alle Rechte vorbehalten · Printed in Germany  
Copyright 1957 by VEB Gustav Fischer Verlag, Jena  
Lizenz-Nummer 261 215/3/57  
Satz und Druck: Fachbuchdruck Naumburg (Saale)  
Buchbinderei: Carl Martini, Jena

DIE KLINISCHE PHYSIOLOGIE  
DES KLEINEN KREISLAUFS

MEINER FRAU

## Vorwort

Der Fortschritt der Medizin geht in seinen einzelnen Zweigen, aber auch innerhalb desselben Zweiges, nicht zur gleichen Zeit und in gleichem Maße vor sich. Einzelne Kapitel „stagnieren“, während in anderen revolutionäre Fortschritte erzielt werden. Gewöhnlich ist es eine neue Untersuchungsmethode, die den Anstoß dazu gibt und die plötzlich alles, was wir bisher als festbegründet erachteten, in einem neuen, ganz anderen Licht erscheinen läßt.

So ein „ruhendes“ Kapitel war bis vor kurzem die Lehre vom kleinen Kreislauf. Hier schien alles bekannt und gesichert zu sein. Auch hier waren es neue Methoden, besonders die Katheterisierung des Herzens, die zu einer Revision der alten Wahrheiten und zu neuen wichtigen Feststellungen geführt haben. Der kleine Kreislauf, dem man sich bisher nur schwer nähern konnte und der als ein passives Werkzeug erschien, wurde dadurch — wie der große Kreislauf — für die Untersuchung unmittelbar erreichbar.

Inmitten dieses raschen Fortschritts ist es gut, für einen Moment stehen zu bleiben und die bisher erreichten Erfolge zusammenzufassen. Die Arbeit der künftigen Forscher wird dadurch bedeutend erleichtert und für den nicht in der Forschung tätigen praktischen Arzt werden die Ergebnisse in leicht übersehbarer Form zugänglich gemacht.

Ein derartiges Werk liegt hier vor. Halmagyi befaßt sich seit vielen Jahren mit den Fragen des kleinen Kreislaufes, in erster Linie mit seiner Regulation und seinem Adaptierungsvermögen, sowohl auf klinischem wie auch auf experimentellem Gebiet. Er bereicherte unser Wissen mit einigen namhaften Daten und vertiefte sich in das Studium des kleinen Kreislaufs; er ist daher berufen, den heutigen Stand unseres diesbezüglichen Wissens in kritischer Einstellung darzulegen.

Dies ist ihm auch in bester Weise gelungen. Theorie und Praxis kommen in der Monographie in gleichem Maße zu ihrem Recht. Die beste Empfehlung für dieses moderne Buch — ist das Buch selbst.

Szeged, den 7. Mai 1956.

Prof. Dr. GÉZA HETÉNYI,  
Direktor der I. Med. Univ.-Klinik,  
o. Mitglied der Akademie,  
Szeged (Ungarn).

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort. . . . .	VII
------------------	-----

### Erster Teil

I. Die Entdeckung des kleinen Kreislaufs . . . . .	1—7
II. Die Morphologie des Lungenkreislaufs. . . . .	8—13
1. Einleitung. . . . .	8
2. Die pulmonalen Arterien . . . . .	8
3. Pulmonale Kapillaren. . . . .	9
4. Pulmonale Venen. . . . .	10
5. Bronchialarterien und -venen . . . . .	10
6. Die präkapillaren arteriovenösen Anastomosen der Lungengefäße. . . . .	11
7. Die Innervation der Lunge . . . . .	12
8. Die Muskulatur der Lunge. . . . .	13
9. Die Lymphgefäße der Lunge. . . . .	13
III. Die Physiologie des Lungenkreislaufs . . . . .	14—61
1. Strömungsvolumen und Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in der Lunge . . . . .	14
2. Die Lungenblutmenge. . . . .	17
3. Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf . . . . .	20
a) Bestimmung des Druckes in der Arteria pulmonalis . . . . .	20
b) Bestimmung des Druckes im linken Vorhof . . . . .	23
4. Auswirkung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Flüssigkeitsströmung im kleinen Kreislauf . . . . .	29
5. Die Permeabilität der Lungenkapillaren . . . . .	36
6. Die funktionelle Bedeutung der arteriovenösen Anastomosen im kleinen Kreislauf unter normalen Verhältnissen . . . . .	39
7. Die Regulation des Lungenkreislaufs . . . . .	40
A. Einleitung . . . . .	40
B. Mechanische Regulation . . . . .	41
a) Atmung . . . . .	41
b) Körperarbeit. . . . .	42
c) Veränderung der Körperhaltung . . . . .	43
d) Zunahme des intrathorakalen Druckes. . . . .	43
e) Rasche Veränderung des peripheren arteriellen Druckes . . . . .	44
f) Wirkung der Flüssigkeitszufuhr. . . . .	44

g) Wirkung der Frequenz und des Rhythmus der Herztätigkeit . . . . .	45
h) Die angenommene Wirkung einer Öffnung der bronchopulmonalen Anastomosen . . . . .	46
C. Vasomotorische Regulation. . . . .	47
a) Physiologische Beweise für die afferenten Beziehungen zwischen Lungengefäßen und Nervensystem. . . . .	47
b) Die efferenten Beziehungen zwischen Nervensystem und Lungengefäßen . . . . .	49
c) Wirkung von Pharmaka auf die Gefäße des kleinen Kreislaufs . . . . .	53
d) Wirkung respiratorischer Gase . . . . .	57
IV. Der kleine Kreislauf des Embryos und Neugeborenen . . . . .	62—66
1. Embryonaler Lungenkreislauf . . . . .	62
2. Die postnatalen Veränderungen im Lungenkreislauf . . . . .	63

## Zweiter Teil

V. Allgemeine Charakteristik der Anzeichen, Folgen und Entstehung der pulmonalen Hypertension . . . . .	67—87
1. Einleitung. . . . .	67
2. Unblutige Methoden zur Feststellung der pulmonalen Hypertension und zur Beurteilung ihres Ausmaßes . . . . .	67
a) Klinische Methoden . . . . .	67
b) Phonokardiographie . . . . .	70
c) Ballistokardiographie . . . . .	71
d) Rechte Vorhofs- bzw. Venendruckkurve . . . . .	71
e) Elektrokardiographie. . . . .	71
f) Radiologische Methoden . . . . .	72
3. Allgemeine Richtlinien der Genese und Aufteilung der pulmonalen Hypertension . . . . .	74
4. Pulmonale Arteriosklerose . . . . .	76
5. Bronchialkreislauf und bronchopulmonale Anastomosen bei pulmonaler Hypertension . . . . .	81
6. Das extravaskuläre Lungengewebe bei pulmonaler Hypertension . . . . .	83
7. Veränderung der Atmung bei pulmonaler Hypertension . . . . .	85
8. Wirkung der pulmonalen Hypertension auf die rechte Herzhälfte. . . . .	85
VI. Erkrankungen des Stammes und der Klappen der Arteria pulmonalis 87—97	
1. Kongenitale und erworbene Anomalien der Arteria pulmonalis . . . . .	87
2. Isolierte Pulmonalstenose . . . . .	90
3. Pulmonale Regurgitation . . . . .	95
4. Thrombose der Pulmonalarterie . . . . .	96
VII Erkrankungen der kleinen Pulmonalarterienzweige . . . . .	98—102
1. Essentielle pulmonale Hypertension. . . . .	98
2. Symptomatische pulmonale Hypertension als Folge sich chronisch wiederholender Embolisierung . . . . .	102

VIII. Die kongenitalen Störungen des kleinen Kreislaufs . . . . .	103—125
1. Einleitung . . . . .	103
2. Methoden . . . . .	103
3. Klassifizierung der kongenitalen Herzfehler . . . . .	107
4. Geringe Verbindung zwischen linker und rechter Herzhälfte, großem und kleinem Kreislauf . . . . .	108
a) Vorhofseptumdefekt . . . . .	108
b) Kammerseptumdefekt . . . . .	109
c) Pulmonalvenentransposition . . . . .	109
d) Ductus arteriosus persistens . . . . .	109
e) Pulmonale arteriovenöse Angiomatose . . . . .	111
5. Ausgedehnte Verbindung zwischen linker und rechter Herzhälfte, großem und kleinem Kreislauf . . . . .	113
a) Einleitung . . . . .	113
b) Die Behinderung des Blutabflusses aus der rechten Kammer durch Pulmonalstenose . . . . .	114
c) Behinderung des Blutabflusses aus der rechten Kammer durch Erhöhung des pulmonalen Arteriolenwiderstandes . . . . .	118
IX. Cor pulmonale chronicum und acutum . . . . .	126—154
1. Cor pulmonale chronicum . . . . .	126
a) Cor pulmonale chronicum nach primärer Erkrankung des Lungenparenchyms . . . . .	128
b) Cor pulmonale chronicum auf Grund von Deformitäten der Wirbelsäule bzw. der knöchernen Brustwand . . . . .	143
2. Cor pulmonale acutum . . . . .	145
a) Akute Lungenembolie . . . . .	145
b) Asthma bronchiale-Anfall, anaphylaktischer Schock . . . . .	153
X. Postkapillare pulmonale Hypertension . . . . .	155—173
1. Einleitung . . . . .	155
2. Chronische postkapillare pulmonale Hypertension . . . . .	155
a) Mitralstenose . . . . .	155
b) Mitralinsuffizienz . . . . .	169
c) Behinderte Tätigkeit der linken Kammer . . . . .	169
3. Akute postkapillare pulmonale Hypertension . . . . .	171
XI. Akutes Lungenödem . . . . .	174—193
1. Definition, klinisches Bild und Vorkommen des akuten Lungenödems . . . . .	174
2. Physiologische Grundlagen der Pathogenese des akuten Lungenödems . . . . .	175
a) Druckerhöhung in den Lungenkapillaren . . . . .	175
b) Störung der Transportfähigkeit des Lungenlymphgefäßsystems . . . . .	175
c) Permeabilitätssteigerung der Lungenkapillaren . . . . .	176
3. Das akute Lungenödem beim Menschen . . . . .	177
4. Experimentelles Lungenödem . . . . .	178

a) Beurteilung der Ausmaße des Lungenödems . . . . .	178
b) Experimentelles hämodynamisches Lungenödem . . . . .	179
c) Adrenalin-Lungenödem . . . . .	180
d) Akutes Lungenödem nach unmittelbarer Reizung bzw. Läsion des Zentralnervensystems . . . . .	183
e) Ammoniumchlorid-Ödem . . . . .	184
f) Akutes Lungenödem nach bilateraler zervikaler Vagotomie . . . . .	185
g) Durch Hyperoxie hervorgerufenes Lungenödem . . . . .	187
h) Durch $\alpha$ -Naphthyl-thioharnstoff hervorgerufenes Lungenödem . . . . .	188
i) Durch Giftgase verursachtes Lungenödem . . . . .	189
k) Durch intratracheal verabreichte Mittel hervorgerufenes akutes Lungenödem . . . . .	190
l) Durch verschiedene Eingriffe hervorgerufenes experimentelles akutes Lungenödem . . . . .	191
5. Die Therapie des akuten Lungenödems . . . . .	192
XII. Literatur . . . . .	194—235
XIII. Sachverzeichnis . . . . .	238—252

## I. DIE ENTDECKUNG DES KLEINEN KREISLAUFS

„Es ist das Schicksal neuer Wahrheiten,  
daß sie ihren Weg als Ketzereien be-  
ginnen und als Aberglauben beenden.“

J. HUXLEY

Die Entdeckung des Lungenkreislaufs war die Frucht zweitausendjähriger Bemühungen der medizinischen Wissenschaft. Diese schwer erkämpfte Erkenntnis bereicherte aber nicht nur die Medizin, sondern wurde auch zu einem wichtigen Element der allgemeinen Kulturgeschichte. Der tausendjährige Streit über die Probleme des kleinen Kreislaufs wurde so zu einem der bedeutenden Gefechte im siegreichen Feldzug der auf Empirie und Experimenten beruhenden Naturwissenschaft. Der hier erkämpfte Sieg stellt eine jener Heldentaten dar, mit denen sich die Medizin ihren Platz an der Tafelrunde der Naturwissenschaften erkämpfte.

Die erste Niederschrift über den kleinen Kreislauf und die Atmung stammt aus dem IV. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung. HIPPOKRATES und seine Schüler, ferner HEROPHILOS, ein Mitglied der medizinischen Schule in Alexandria, hatten sich mit dieser Frage befaßt (109, 1485, 1674, 1675 usw.). Sie wiesen als erste darauf hin, daß in der Arteria pulmonalis dunkles, venöses Blut, in den pulmonalen Venen hingegen helles, arterielles Blut zirkuliert. Daher die Benennung: Arteria pulmonalis = Arteria venosa, Vena pulmonalis = Vena arteriosa. Die Bedeutung der Atmung erblickten sie darin, daß diese die vom Herzen erzeugte Wärme abkühlt und das Verbrennen des Körpers verhindert. Sie nahmen an, daß die eingeatmete Luft von der Lunge an die Gefäße weitergegeben wird. Auch 100 Jahre später — im III. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung — glaubte ERASISTRATOS, daß in den Arterien Luft zirkuliert.

Im II. Jahrhundert unserer Zeitrechnung wirkte GALENUS. Seinen umfangreichen Untersuchungen des menschlichen Organismus verlieh die Tatsache Bedeutung, daß er seine Beobachtungen durch Angaben ergänzte, die auf Sektionen fußten. So vermochte er die Auffassung zu widerlegen, daß in den Gefäßen Luft zirkuliert (525). Über den Kreislauf und die Beziehungen zwischen Kreislauf und Atmung stellte er folgende Theorie auf.

Das aus der Leber stammende Blut gelangt in die rechte Kammer, von dort in die Arteria pulmonalis und sodann durch deren Poren in die Lunge. Hier vermischt sie sich mit Luft und sickert dann durch die Poren der Herzwand in die rechte Kammer zurück und gelangt von da — nunmehr bereits durch die Poren der Herzscheidewand — in die linke Kammer. Durch die Wärme des

Herzens entsteht im Blut „Ruß“, dessen Menge — ebenso wie beim Brennen einer Öllampe — um so größer ist, je weniger Luft zur Verfügung steht. Dieser „Ruß“ verläßt den Organismus bei der Ausatmung durch die pulmonale Arterie. Bei der Einatmung tritt durch die venösen Arterien das geheimnisvolle, niemals genügend definierte „Pneuma“ in den Körper ein, das die Herzwärme herabsetzt und die Antriebskraft des Herzens darstellt. Nach GALENUS war die Diastole

die aktive Phase der Herz-  
bewegung. Er differenzierte  
demnach die Atmung nicht  
vom Kreislauf. Nach seiner  
Auffassung und der seiner  
Schüler kreist das Blut nicht  
kontinuierlich, sondern strömt  
in Form von Ebbe und Flut.  
GALENUS' Auffassung geht aus  
Abb. I (nach SILVER 1413a)  
hervor.

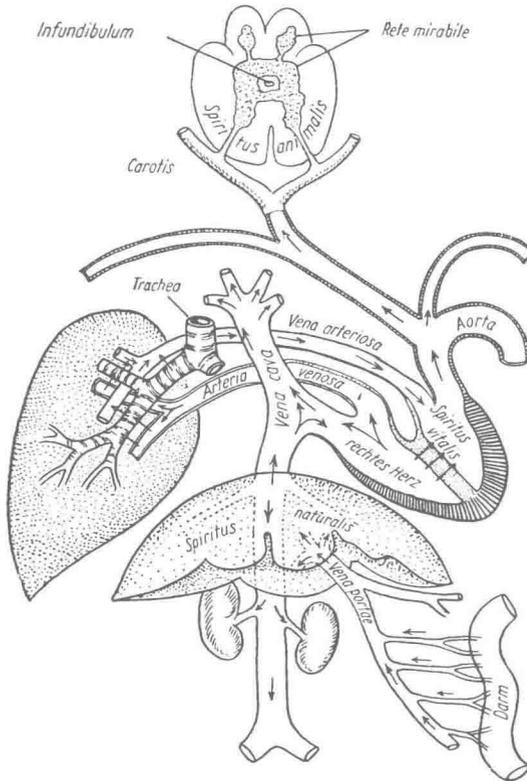


Abb. I. GALENUS' Vorstellung über den kleinen  
Kreislauf. (Nach SILVER, 1413a)

GALENUS' törichte Hypo-  
these blieb fünfviertel Jahr-  
tausende alleinherrschendes  
Dogma, das zu bezweifeln ge-  
fährlich war. Durch das strenge  
Sektionsverbot der mohamme-  
danischen und christlichen Reli-  
gionen wurde nämlich eine  
Nachprüfung dieser Behauptun-  
gen verhindert. Im Mittel-  
alter war das Leben billig —  
bemerkt BAYON (zit. 1674,  
1675) richtig —, unbedenklich  
wurden die Lebenden gevier-  
teilt, verbrannt, aufgespießt  
und gerädert, aber entsetzt  
protestierte man gegen die  
Sektion von Verstorbenen. So  
konnte es geschehen, daß

ARNALDO VILLANOVA, der namhafte Lehrer an der Universität zu Montpellier, noch in seinem 1235 herausgegebenen Buch „Regimen Sanitatis ad Inclutum Regem Aragonum“ die galenische Lehre mit neuen Argumenten zu stützen suchte.

Lange Zeit wurde angenommen, daß in der Erkennung des Lungenkreislaufs bis zur Renaissance keine weiteren Fortschritte erfolgten. Im Jahre 1924 betrieb jedoch ein ägyptischer Student der Medizin, MOHYI-EL-DIN-EL-TATAWI, der an der Universität zu Freiburg i. Br. studierte, für seine Dissertation Studien an der Preußischen Staatsbibliothek in Berlin. Eines Tages stieß er auf eine ärztliche Handschrift in arabischer Sprache, deren Verfasser IBN-AN-NAFIS, ein berühmter

arabischer Arzt des XIII. Jahrhunderts war. In der Handschrift, die den Kanon von AVICENNA kommentiert, wird an fünf verschiedenen Stellen unmißverständlich erklärt, daß das Blut der rechten Kammer nicht durch die Poren der Kammer-scheidewand, sondern durch die Lungengefäße in die linke Kammer gelangt, wobei es sich mit Luft sättigt (1514).

IBN-AN-NAFIS war nicht nur ein großer Arzt, sondern auch ein berühmter Jurist, Philologe, Philosoph und Theologe. Er wurde mit Recht für eine revolutionäre Persönlichkeit gehalten. Es kann als Beweis für seinen unabhängigen, revolutionären Geist gelten, daß er es wagte, der außerordentlichen Autorität eines GALENUS und AVICENNA gegenüberzutreten. Vermutlich war dies die Ursache, daß seine Lehre nicht den Beifall der mohammedanischen Kirche fand: die offiziellen Kreise begegneten seinen Gedanken mit Gleichgültigkeit und bedeckten sie mit dem Mantel des Vergessens. Die aus der Vergangenheit hervorragende Gestalt des IBN-AN-NAFIS beweist, daß die Sehnsucht nach der Erkenntnis der objektiven Wirklichkeit ein Licht darstellt, das selbst in den Jahrhunderten geistiger Finsternis nicht völlig verlöscht.

Die neuen geistigen Strömungen der Renaissance veränderten das Verhältnis der Menschen zur Natur. Die Empirie, die unmittelbare, getreue Beobachtung der Natur, die uns auch in DANTES Werken entgegentritt, führte im XVI. Jahrhundert zu einer neuen Entwicklung der Naturwissenschaften. Mit Recht schrieb BURGHARDT (229), daß nicht nur die Persönlichkeit der Gelehrten den entscheidenden Faktor der Entwicklung darstellte. Entscheidend war die Gesellschaft, die den Forscher — zumindest in manchen Ländern — durch ihre Drohungen nicht zum Schweigen zwang. Im Gegenteil: der Gelehrte konnte dessen sicher sein, daß die große Gemeinde der Gleichgesinnten seine Arbeit anerkannte und würdigte.

Auch LEONARDO DA VINCI interessierte sich für den Kreislauf (401). Er erkannte den Begriff der Residualluft und schrieb einmal: „Wo die Flamme nicht brennt, vermag kein atmendes Lebewesen zu existieren“. Sein Name ist mit der Entdeckung der bronchialen Arterien verknüpft. Es wird auch behauptet, daß er den kleinen Kreislauf bereits kannte; andere Autoren bestreiten dies (1326). Es kann jedoch kein Zweifel bestehen, daß er dieser Entdeckung sehr nahe kam. Abb. 2 gibt eine Originalzeichnung LEONARDO DA VINCS, verglichen mit einem postmortalen Angiogramm, wieder (337).

Die erste Wiederentdeckung des kleinen Kreislaufs war das Verdienst MIGUEL SERVETOS (53, 108, 832, 1550, usw.). Dieser Gelehrte war Arzt, Philosoph, Theologe, Astronom, Geograph, aber vor allem Revolutionär. Ein wahrer „Homo universus“, der im Laufe seines reichbewegten Lebens zahlreiche Decknamen benutzte. Einmal trat er als MICHAELUS SERVETUS, ein andermal nach seinem Geburtsort, Villanueva de Sigüenza benannt — als MICHEL DE VILLENEUVE vor die Öffentlichkeit. Sein berühmtes Buch „Christianismi Restitutio“ (1553) gab er unter der Bezeichnung MSV (MICHAELUS SERVETUS VILLANOVANUS) heraus.

SERVETUS stammte aus einer aragonischen kleinadligen „Infanzones“-Familie. Er besuchte die Universität in Saragossa (?) und Toulouse, lebte dann in Barcelona, Hagenau und Lyon; von hier ging er nach Paris, wo er im anatomischen Institut von JOANNES GUINTERUS DE ANDERBACH eine Zeitlang mit VESALIUS

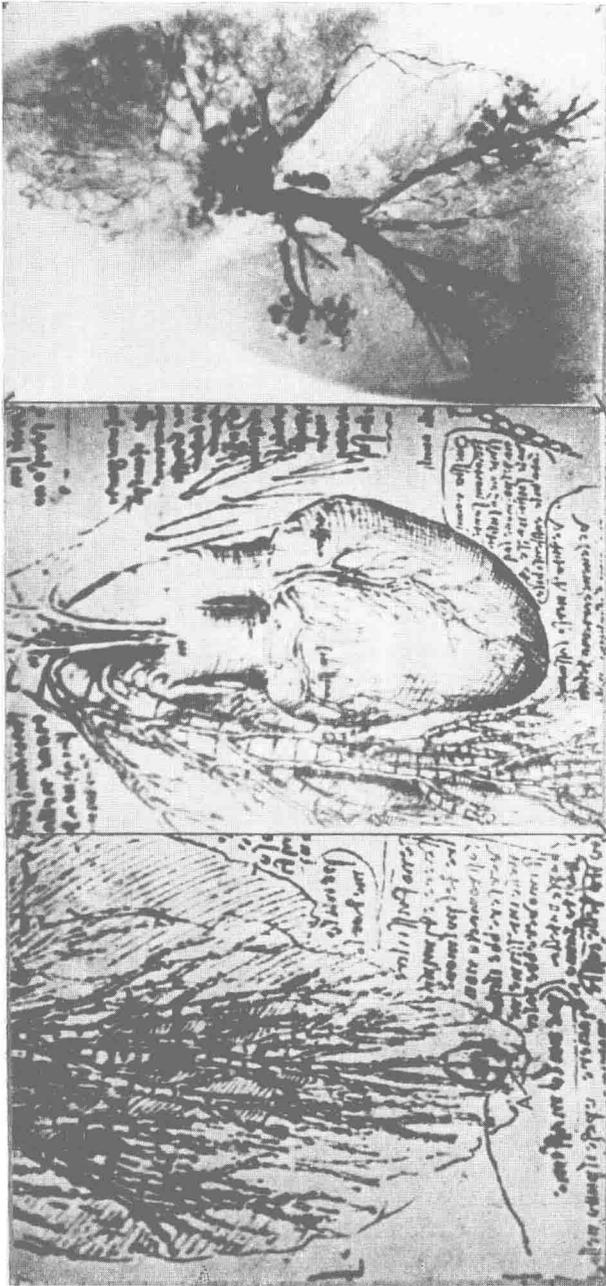


Abb. 2. LEONARDO DA VINCI's Originaldarstellungen über die bronchialen Arterien. Daneben ein postmortales Angiogramm der Bronchialarterien. (Nach CZUDKOWITZ, 337)

zusammenarbeitete. Sein Meister hegte von seinen Fähigkeiten eine hohe Meinung.

1540 kam er auf Einladung seines Freundes JEAN PERELL an den Hof des Erzbischofs PIERRE PALMIER in Vienne, wo er bis 1553 als Arzt tätig war und ruhig und zurückgezogen lebte. Hier schrieb er sein berühmtes Buch, in dem er bei der Behandlung des Spiritus naturalis, vitalis und animalis den kleinen Kreislauf beschreibt. Er erklärt, daß das Blut der rechten Kammer nicht durch die Poren der

Kammerscheidewand, sondern durch die Lungengefäße in die linke Kammer gelangt. Ebenso erkannte er, daß das Blut der Vena pulmonalis deshalb hell ist, weil es sich in der Lunge mit Luft sättigt. Seines Buches wegen wurde er der Ketzerei angeklagt, sein Werk wurde beschlagnahmt, er selbst ins Gefängnis geworfen. Aus dem Gefängnis entflohen er und suchte nach Italien zu entkommen. In Genf wurde er erkannt und auf Anordnung von KALVIN verbrannt. „Ich liebte die Wahrheit, haßte die Lüge, deshalb sterbe ich in der Verbannung“, so zitiert TRUETA (1550)

die bekannte Äußerung, die auch SERVETUS' Persönlichkeit charakterisiert.

Von seinem Werk sind lediglich einige Exemplare erhalten geblieben. Seine Anhänger — aufgeklärte Intellektuelle — emigrierten in die verschiedensten Länder. Vielleicht auf diese Weise gelangte ein Exemplar in den Besitz des Ungarn SAMUEL TELEKI, der es später JOSEF II. schenkte. Dieses Exemplar wird seither in Wien aufbewahrt.

Die Feststellungen des SERVETUS fanden keinerlei Widerhall und blieben den Zeitgenossen unbekannt. Dies ist aber nicht nur auf sein und seines Werkes tragisches Schicksal zurückzuführen. Seine Gedanken trug er schwerfällig und unklar vor und verbarg sie in einem theologischen Traktat. Wir können daher JUAN VALVERDE DE HAMUSCO (1556), REALDO COLOMBO (1559) und ANDREA CESALPINO (1571 und 1593) nicht verurteilen, die den Lungenkreislauf ebenfalls beschrieben, aber SERVETUS Namen nicht erwähnten.

Nunmehr hatten schon fünf Gelehrte den kleinen Kreislauf entdeckt, doch nahm die offizielle medizinische Wissenschaft dies noch immer nicht zur Kenntnis. Der berühmte Lehrer an der Universität zu Padua, HYERONYMO FABRICIO DI ACQUAPENDENTE — einer der Meister WILLIAM HARVEYS — bekennt sich in seiner 1615 herausgegebenen Arbeit „De Respiratione et Eius Instrumentis“ noch als unbedingten Anhänger der GALENischen Grundsätze. Um das mehrtausendjährige GALENische Dogma zu stürzen, bedurfte es überzeugenderer, hinreißenderer Beweise als einer einfachen deskriptiven Feststellung. Diese jeden überzeugenden, jeden mit sich reißenden Beweise lieferte einer der ersten und größten Experimentatoren, WILLIAM HARVEY (693).

Hat die Nachwelt nicht übereilt geurteilt, als sie HARVEY als den wahren Entdecker des kleinen Kreislaufs anerkannte und damit die Verdienste seiner Vorgänger schmälerte? Bis zu einem gewissen Grade müssen wir uns wirklich selbst verurteilen. SERVETUS, COLOMBO, HARVEY hatten niemals behauptet, daß sie den kleinen Kreislauf „entdeckt“ hätten. In ihren Schriften hatten sie sich so ausgedrückt — bemerkt WHITE (1629) mit Recht —, als ob die von ihnen niedergelegten Ideen Allgemeingut wären. In der Tat: eine naturwissenschaftliche Entdeckung ist in ihrer Gesamtheit niemals das Werk *eines* Menschen. Forscher auf Forscher liefern einzelne Steine — der eine mehr, der andere weniger — zum Gebäude der Wissenschaft, bis die neuen Wände in die Höhe ragen. Verdienst und Anerkennung fallen häufig dem zu, der auf die von den Vorgängern erbauten Wände des Dach setzt. HARVEYS Verdienst ist jedoch größer. Seine Untersuchungen gründete er nicht auf einfache Beobachtungen, obwohl er auch in dieser Hinsicht seine Vorgänger übertraf: er seziierte 80 Tiere und zahlreiche Menschen. Indessen war er der erste Arzt, der darüber hinaus seine Erkenntnisse auch experimentell bewies. Einmal wies er durch Perfusion der Lunge eines Gehenkten nach, daß das Blut der rechten Kammer über die Lungengefäße in die linke Herzhälfte gelangt. Wir dürfen daher HARVEY als den Vater der experimentellen Medizin betrachten. Auch in seinem Testament schrieb er: „Experimentell sollt Ihr die Geheimnisse der Natur erforschen und studieren.“ Die Verbreitung seiner Lehren wurde auch durch seinen flüssigen, konzentrierten,

ausdrucksvollen Stil erleichtert; sein Buch ist auch für den heutigen Leser noch genußreich.

Doch war es HARVEY nicht gegeben, den vom Kreislauf gebildeten Kreis zu schließen. Vier Jahre nach seinem Tode beschrieb MALPIGHI (*De pulmonibus epistola II*) die Lungenkapillaren. MALPIGHI war sich auch über die Anatomie der Lunge im klaren. In einem aus dem Jahr 1660 datierten Brief an seinen Freund ALPHONSO BORELLI heißt es, daß die Lunge „aus bienenkorbartig angeordneten Bläschen besteht, die mit der Trachea in Verbindung stehen und von einem dichten Gefäßnetz umgeben sind“. Über die Funktion der Lunge äußerte er — in Übereinstimmung mit den Iatrochemikern seiner Zeit —, daß diese „zur Vermischung der weißen und roten Bestandteile des Blutes dient und dadurch zur Bluterneuerung führt“.

Der Bronchialkreislauf geriet inzwischen in Vergessenheit. Zuerst wurde er von MARCHETTI (*Anatomia Patavii*, 1654), dann von RUYSCH (*Epistolae Anatomicae*, 1732) wieder beschrieben. Dieser nahm für sich selber das Verdienst der Entdeckung in Anspruch.

Nach der Klärung der Anatomie des Lungenkreislaufs war die folgende Aufgabe die Abgrenzung der Zusammenhänge zwischen Kreislauf und Atmung und der Funktion des kleinen Kreislaufs (222).

RICHARD LOWER glaubte 1650 noch, daß der „Spiritus nitrosus“ durch die Lunge ins Blut eintritt und sich durch die Hautporen entfernt. Erst der jung verstorbene geniale JOHN MAYOW erkannte 1668, daß in der Aufrechterhaltung des Stoffwechsels das Blut die Vermittlerrolle zwischen der Lunge und den voneinander entfernt liegenden Organen spielt. JOSEPH PRIESTLEY wies 1774 nach, daß die charakteristische Farbveränderung des Blutes durch eine von ihm als vitriolsaures Gas benannte Substanz verursacht wird. Unsere Kenntnisse über die Atmungsphysiologie erhielten ihre feste chemische Grundlage durch ANTOINE LAURENT LAVOISIER. Dieser wies nach, daß der Organismus Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxyd erzeugt. In der Mitte des XIX. Jahrhunderts klärten BERZELIUS und LIEBIG die Fragen des Blutsauerstofftransportes. Das Instrument, welches die Erforschung der Atmungsphysiologie ermöglichte, das Spirometer, wurde 1846 von JOHN HUTCHINSON beschrieben.

In der zweiten Hälfte des XIX. Jahrhunderts begann die eigentliche Erforschung der Physiologie des kleinen Kreislaufs. BEUTNER (1852), FREDERIQ (1886) und HENRIQUES (1892) öffneten den Thorax und kanülierten die pulmonale Arterie. CHAUVEAU und MAREY (1863), BADOUD (1874) (47) und TALMA (1882) führten durch die V. jugularis in die rechte Kammer eine Sonde ein und stellten den Druck in der Lungenarterie fest. WEBER (1910) und CLOETTA (1910) untersuchten den Lungenkreislauf onkometrisch. Als erste untersuchten BRODIE und DIXON (1904) die durchströmte Lunge. Aus dieser Epoche stammen die Monographien von LICHTHEIM (951) und BAYET (94) über den Lungenkreislauf. Der Druckwert in der Pulmonalarterie wurde von mehreren Autoren an verschiedenen Tieren mit 8—58 mm Hg angegeben (1533), was die Mangelhaftigkeit der damaligen Technik gut illustriert. Trotzdem sind einige der Feststellungen jener Zeit von grundlegender Bedeutung und auch heute noch anerkannt.

Unter den Forschungen im zweiten Jahrzehnt des XX. Jahrhunderts ragt die Untersuchung von WIGGERS (1914) hervor, der als erster die Druckkurve der Pulmonalarterie technisch einwandfrei, genau registrierte. STEWART (1469) teilte 1921 eine grundlegende Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit des Lungenkreislaufs mit. Er injizierte Salzlösung in die periphere Vene und untersuchte, auf welche Weise sich die mit dem Galvanometer registrierte elektrische Leitungsfähigkeit des Blutes in den auf die Einspritzung folgenden Sekunden verändert. 8 Jahre später, 1929, beschrieb FORSSMANN (526) sein Verfahren der Katheterisierung der rechten Herzhälfte, und damit gelangten wir in den Besitz einer Methode, mit deren Hilfe es Jahrzehnte später schließlich gelang, den „Vorhang der knöchernen Brustkorbwand vor den Geheimnissen des Lungenkreislaufs zu lüften“.

Es mag vielleicht schwer verständlich erscheinen, warum es mehr als ein Jahrzehnt dauerte, bis FORSSMANN'S (526) geniale Idee von COURNAND und RANGES (326) weiterentwickelt und in der Praxis verwirklicht werden konnte. Die Ursache ist in der technischen Entwicklung zu suchen. Die Methode der Katheterisierung der rechten Herzhälfte ließ sich erst wirklich verwerten, als Physiologie und klinischer Forschung die modernen, empfindlichen Manometer zur Verfügung standen und die verhältnismäßig einfache, rasche, fast unbeschränkt wiederholbare Bestimmung des Minutenvolumens durch photometrische Sauerstoffbestimmung möglich wurde.