

# Über die Mischung des Blutes der Körpervenen im Lungenkreislauf : I. Mitteilung

Autor(en): **Bucher, K. / Emmenegger, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie Suisse des Sciences Medicales = Bollettino dell' Accademia Svizzera delle Scienze Mediche**

Band (Jahr): **7 (1951)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **08.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-307028>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Aus der pharmakologischen Anstalt der Universität Basel

## Über die Mischung des Blutes der Körpervenen im Lungenkreislauf

(I. Mitteilung)

Von **K. Bucher** und **H. Emmenegger**

Seit langem ist bekannt (*Thoma* 1927, *Jaeger* 1935 u. a.), daß beim Zusammenmünden zweier Venen das Blut nur wenig Tendenz hat, sich gegenseitig zu vermischen. Dasselbe läßt sich auch noch im rechten Vorhof erkennen, wo beispielsweise das Blut aus der Cava inferior und der Cava superior mehr oder weniger scharf abgegrenzten Bahnen folgt (*Böhme* 1936 u. a.). Man hat in diesem Zusammenhange von «Venenströmen» des rechten Vorhofes gesprochen. Die Unvollständigkeit dieser Mischung hat dann in letzter Zeit vor allem die Kliniker viel beschäftigt im Zusammenhang mit der Frage des Herzkatheterismus und der Herzminutenvolumenbestimmung nach *Fick*. Da wurde als störend empfunden, daß man – je nach der Lage der Katheterspitze im rechten Vorhof – eventuell Blut verschiedener Sauerstoffsättigung erhalten könne. Als praktische Konsequenz dieser Erkenntnis hat man dann ja bekanntlich gefordert, daß für eine exakte Minutenvolumenbestimmung das Blut nicht aus dem Vorhof entnommen werden sollte, sondern möglichst aus der Arteria pulmonalis. Erst eine Blutentnahme von dort sollte den Ansprüchen an eine homogene Mischung genügen.

Beeindruckt durch neuere Untersuchungen (*McDonald* und *Potter* 1950), wonach auch beim Zusammenmünden zweier Arterien (Arteriae vertebrales) die Tendenz zur Durchmischung nur gering zu sein scheint, haben wir uns die Frage vorgelegt, ob nicht vielleicht auch die im rechten Vorhof noch nachweisbaren Venenströme sich *trotz der Zwischenschaltung des Herzens* bis in die Lunge selbst verfolgen lassen. Wir haben uns daher zur Aufgabe gemacht, die Frage der Mischung des Körpervenenblutes im Lungenkreislauf systematisch zu untersuchen.

### Methode

Unsere Methode basiert auf folgender Überlegung: Wenn das Körpervenenblut nach seiner Passage durch das rechte Herz noch nicht voll-

ständig gemischt wäre, dann dürften einzelne Lungenpartien ein Blut erhalten, das hinsichtlich seiner Provenienz verschieden zusammengesetzt ist. Es wäre dann auch zu erwarten, daß kleine Emboli (i.e. korpuskuläre Elemente von über 20 Mikren Durchmesser), die man in einer Körpervene injiziert und die dann mit dem betreffenden Venenblut in den kleinen Kreislauf gelangen, nicht gleichmäßig über die ganze Lunge verteilt sein werden, sondern bevorzugt im Kapillargebiet gewisser Lungenpartien stecken bleiben werden. Wir haben daher untersucht, ob eine solche Embolisierung der Lunge ein verschiedenes Verteilungsbild ergibt je nach der Körpervene, von der aus sie erfolgt ist.

Das Verfahren zur Herstellung der erforderlichen korpuskulären Elemente ist an anderer Stelle im Detail beschrieben (*Emmenegger, Hürli-mann und Bucher*). Wir können uns deshalb auf die Wiedergabe des Wesentlichen beschränken: Zwei feste Stoffe, nämlich Carnaubawachs und Phosphorsäurecety-lester, werden im Verhältnis von etwa 1:2 zusammengegeben; das resultierende Gemisch hat gerade das spezifische Gewicht des Plasmas. Den Phosphorsäurecety-lester haben wir selbst hergestellt, ausgehend von radioaktivem Phosphor-pentoxyd, enthaltend  $P^{32}$ . Das homogene Gemisch von Wachs und Ester wird erwärmt und in geschmolzenem Zustande durch eine geeignete Düse «versprayt». Die entstehenden Tröpfchen sollen noch auf ihrem Fluge durch die Luft vollständig trocknen. Sie können dann als absolut runde Kügelchen aufgefangen werden (Cave-Kontamination!). Sie enthalten kein Gas eingeschlossen, haben also tatsächlich das spezifische Gewicht des Plasmas. Sie sind radioaktiv. Sie geben den Träger ihrer Radioaktivität, das  $P^{32}$ , auch bei längerem Aufenthalt in einem wässrigen Milieu nicht an dieses ab.

Das so erhaltene Kügelchenmaterial ist – hinsichtlich der Größe der einzelnen Kügelchen – zunächst noch uneinheitlich. Man muß daher in einem weiteren Verfahren die Kügelchen in geeigneter Weise sieben und erhält dann schließlich reine Fraktionen von – nach Wahl – 20, 30, 40 usw. bis 100 Mikren Durchmesser. Für unsere nachfolgend zu berichtenden Versuche haben wir getrennt mit zwei Fraktionen gearbeitet, einer von 30 Mikren und einer von 90 Mikren.

Die Versuche wurden an großen (3,5–4 kg) Kaninchen durchgeführt. Die Tiere befanden sich in Urethannarkose, waren möglichst gleich tief narkotisiert und locker in Rückenlage aufgebunden. Wir glauben, daß für solche Versuche eine möglichste Konstanz der äußeren Bedingungen ganz besonders wichtig ist. Jedes Tier erhielt einmalig entweder in die rechte Femoralvene oder in die linke Jugularvene 2 ml einer Kügelchen-suspension injiziert. Auch hierbei wurden verschiedene Kautelen beachtet. So waren z. B. die Injektionskanülen in einen Seitenast der be-

treffenden Vene vorher schon eingebunden worden. Die Tiere waren zu diesem Zwecke heparinisiert. Die Injektion erfolgte langsam, innerhalb von zwei Minuten. Als Suspensionsflüssigkeit für die Kügelchen diente körpereigenes Blut, das den Tieren unmittelbar vorher entnommen worden war. (Körperfremdes Blut – auch wenn es arteigenes ist – kann nach unseren Erfahrungen gelegentlich arterielle Spasmen des Lungenkreislaufes auslösen!)

Da die Kaninchenlunge keine arterio-venösen Anastomosen besitzt (Hürlimann 1949), müssen alle injizierten Kügelchen im Kapillargebiet der Lunge stecken bleiben. Ihre Anzahl wurde so bemessen, daß die multiple Embolisierung sicher keine größeren Reaktionen verursachte. Irgendwelche Änderungen von seiten des Kreislaufs oder der Atmung wurden in unseren Versuchen unter der zwei Minuten dauernden Injektion jedenfalls nicht beobachtet.

Wenige Minuten nach der Injektion wurden die Tiere durch Luftembolie getötet. Die Lungen wurden herausgenommen, gewogen, mit Salpetersäure verascht und in üblicher Weise auf Radioaktivität untersucht. Die Beurteilung der Verteilung in der Lunge erfolgt nach Lungenlappen. Links wurden zwei, rechts drei Lappen unterschieden. (Der bei Kaninchen relativ häufig vorhandene Lobus inferior medialis dexter wurde mit dem rechten Unterlappen zusammen verarbeitet.)

### Ergebnisse

Die Resultate sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt, geordnet nach vier Gruppen zu je acht Tieren, entsprechend den vier Möglichkeiten, nämlich: Injektion von großen Kügelchen in die rechte Femoralvene ( $F_{90}$ ), von kleinen Kügelchen in dieselbe Vene ( $F_{30}$ ), von großen Kügelchen in die linke Jugularvene ( $J_{90}$ ) und von kleinen Kügelchen in diese Vene ( $J_{30}$ ). In den Kolonnen A ist jeweils die für den betreffenden Lappen gefundene Radioaktivität angegeben, in absoluten Impulszahlen des Geigerschen Zählrohres. In den Kolonnen B ist das Gewicht der verarbeiteten Lappen aufgeführt. Daraus kann die Größe errechnet werden, die hier interessiert, nämlich die pro Gramm des einzelnen Lappens vorhandene Radioaktivität. Sie ist in Kolonne C aufgeführt. Die Werte dieser Kolonne C sind zwar bei ein und demselben Tier unter sich ohne weiteres vergleichbar, hingegen kann zunächst noch kein Durchschnittswert aus ihnen gebildet werden, und zwar aus zwei Gründen: Erstens erhielten nicht alle Tiere gleich viel Radioaktivität injiziert. Wir legten viel mehr Wert darauf, gleiche Mengen von Kügelchen zu injizieren. Damit aber mußte die Aktivität verschieden sein, denn  $P^{32}$  hat nur eine Halbwertszeit von 14,3 Tagen; unsere Ver-

suche aber erstreckten sich über mehrere Wochen. Zweitens war – trotz gleichem Körpergewicht der verwendeten Tiere – das Lungengesamtgewicht gelegentlich stark verschieden. Wir durften deshalb für unsere Fragestellung die Werte der Kolonne C dadurch unter sich vergleichbar machen, daß wir die für das Gramm Lungenlappen gefundene Aktivität dividierten durch den Quotienten aus der gesamthaft injizierten Radioaktivität und dem Lungentotalgewicht. Man erhält durch diese für unsere Schlußfolgerungen absolut zulässige Transformation die in Kolonne D angegebenen Werte. Sie sind ohne weiteres miteinander vergleichbar. Sie sind ein Maß für die relative Dichte an Radioaktivität der einzelnen Lappen, wie sie sich ergeben würde, wenn jedes Tier eine gleiche Menge von Radioaktivität injiziert erhalten hätte und wenn die Lungen – als Ganzes – bei jedem Tier gleich groß gewesen wären.

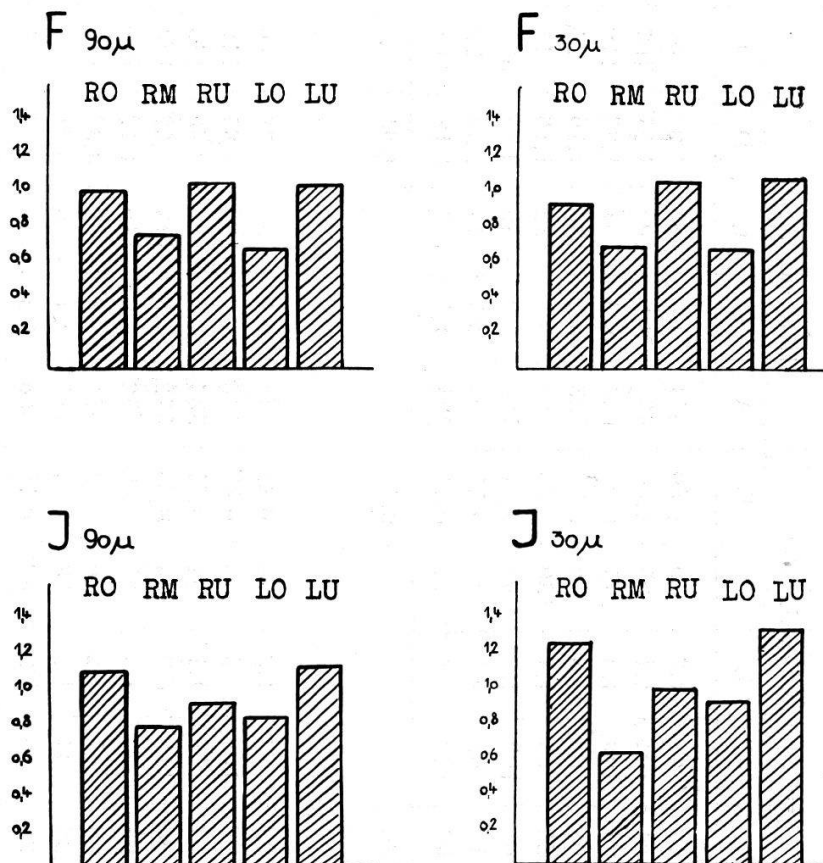


Abb. 1. Radioaktive Dichte (relativer Gehalt an Kügelchen), aufgetragen für den rechten Oberlappen (RO), den rechten Mittellappen (RM), den rechten Unterlappen (RU), den linken Oberlappen (LO) und den linken Unterlappen (LU) bei Injektion der Kügelchen von 90 bzw. 30 Mikren Durchmesser in die rechte Femoralis bzw. linke Jugularis.

Die für unsere Betrachtung wichtigsten Werte der Kolonnen D sind in der obenstehenden Abbildung graphisch dargestellt. Wenn man zunächst die Gruppe  $F_{90}$  betrachtet, d. h. die relative Verteilung der Radioaktivi-

Tabelle 1

Tier Nr.	Lob. sup. dext.				Lob. med. dext.				Lob. inf. dext.				Lob. sup. sin.				Lob. inf. sin.				
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
1	119	1,2	98	1,12	84	1,2	70	0,80	371	4,0	93	1,07	66	1,4	47	0,54	311	3,2	85	0,98	
2	118	1,0	118	1,31	104	1,1	95	1,06	456	4,2	109	1,21	107	1,9	56	0,62	361	4,5	80	0,89	
3	88	1,5	58	0,71	100	1,3	77	0,94	654	6,3	104	1,27	119	1,7	70	0,86	397	5,3	71	0,86	
4	113	1,3	87	1,09	60	1,3	46	0,58	333	3,8	88	1,10	56	1,5	37	0,46	336	3,3	102	1,27	
5	113	1,6	71	0,59	165	1,1	150	1,25	720	5,5	132	1,10	114	1,4	81	0,67	545	4,3	126	1,05	
6	257	1,0	257	1,09	109	1,2	93	0,39	785	3,9	200	0,85	331	1,4	276	1,17	873	2,6	336	1,42	
7	113	1,4	81	1,12	65	1,6	40	0,55	194	4,5	43	0,59	22	1,6	13	0,18	162	3,6	45	0,63	
8	217	1,5	145	0,97	128	1,8	71	0,47	794	4,5	177	1,18	281	2,1	134	0,89	639	3,8	168	1,12	
Mittel				1,0				0,75				1,04				0,67				1,03	
J 90 $\mu$																					
9	166	1,3	128	1,89	73	1,3	56	0,82	343	6,7	51	0,75	90	1,5	60	0,88	314	3,7	85	1,25	
10	129	1,4	92	0,97	109	1,4	78	0,82	442	4,8	92	0,97	110	1,5	73	0,77	439	3,8	116	1,23	
11	98	1,5	65	0,79	71	1,1	64	0,77	334	4,1	81	0,98	135	1,5	90	1,08	372	4,0	93	1,12	
12	285	1,5	190	0,98	139	0,9	154	0,80	572	4,8	119	0,62	178	1,3	137	0,71	870	3,6	232	1,20	
13	118	1,3	91	0,93	94	1,4	67	0,68	538	4,9	110	1,12	100	1,1	91	0,93	370	3,7	100	1,02	
14	96	1,2	80	1,04	67	1,2	56	0,73	321	4,8	67	0,87	118	1,1	107	1,38	307	3,5	88	1,14	
15	140	1,2	116	1,35	94	1,2	78	0,91	431	4,1	70	0,81	71	1,4	51	0,59	256	3,6	71	0,83	
16	92	1,9	49	0,88	76	1,8	42	0,75	366	5,3	69	1,23	46	2,0	23	0,41	259	4,0	65	1,16	
Mittel				1,10				0,79				0,92				0,84				1,12	

F 30  $\mu$ 

Tier Nr.	Lob. sup. dext.				Lob. med. dext.				Lob. inf. dext.				Lob. sup. sin.				Lob. inf. sin.			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
17	943	1,8	525	0,98	627	2,0	314	0,59	4462	7,5	595	1,11	1537	2,5	615	1,15	3449	6,8	507	0,95
18	1604	1,4	1145	1,15	788	1,5	525	0,52	5097	4,7	1090	1,09	1329	1,7	784	0,78	4119	3,6	1145	1,14
19	152	1,7	90	0,92	123	1,5	82	0,84	729	7,4	99	1,01	143	2,0	71	0,72	641	5,7	112	1,14
20	228	1,9	120	0,92	366	2,2	166	1,27	820	7,1	115	0,88	235	2,5	94	0,72	811	5,2	156	1,20
21	165	1,7	97	0,51	145	1,4	102	0,59	946	5,5	173	0,91	142	1,5	95	0,50	699	4,2	166	0,88
22	281	1,2	234	1,42	216	1,8	120	0,73	1402	5,6	250	1,52	187	3,2	59	0,36	1100	7,7	143	0,82
23	111	1,7	65	0,50	78	1,6	49	0,65	500	5,9	85	1,11	77	1,5	46	0,60	399	4,8	83	1,09
24	235	1,1	214	1,04	85	1,1	77	0,37	917	5,1	178	0,86	171	1,4	124	0,60	1121	3,7	300	1,46
Mittel				0,93				0,69				1,06				0,68				1,08

J 30  $\mu$ 

25	312	2,0	156	1,13	212	2,1	101	0,73	952	7,4	128	0,93	242	2,1	115	0,83	881	5,2	169	1,23
26	423	1,7	250	1,10	202	2,0	101	0,45	1185	4,9	242	1,06	354	1,9	186	0,82	1241	4,5	276	1,21
27	408	2,1	194	1,64	226	3,0	75	0,58	1670	14,6	114	0,96	235	2,8	84	0,71	1256	9,6	131	1,11
28	310	1,5	207	0,91	277	1,6	173	0,77	1319	4,5	294	1,30	402	1,6	236	1,04	1124	3,3	268	1,18
29	299	1,4	213	0,73	246	1,5	164	0,56	1510	4,5	336	1,17	312	1,6	195	0,67	1168	3,3	352	1,22
30	255	1,3	196	1,02	164	1,3	126	0,65	889	4,6	193	1,00	256	1,7	151	0,78	802	3,4	236	1,22
31	598	1,1	542	2,08	122	1,1	111	0,43	594	3,2	185	0,71	470	1,2	391	1,50	1592	2,8	570	2,20
32	338	1,3	260	1,39	232	1,5	155	0,84	621	4,3	144	0,77	260	1,5	193	1,03	777	3,3	233	1,25
Mittel				1,25				0,63				0,99				0,92				1,33

tät, wenn Kügelchen von 90 Mikren in die rechte Femoralvene injiziert werden, so scheint sie tatsächlich ungleich zu sein. Die augenfälligste Verschiedenheit besteht darin, daß der rechte Mittellappen (RM) und vor allem der linke Oberlappen (LO) deutlich weniger enthalten als die übrigen (i.e. rechter Oberlappen [RO], rechter Unterlappen [RU] und linker Unterlappen [LU]).

Bevor wir diskutieren, wodurch diese Unterschiede verursacht sein könnten, müssen wir erst sicherstellen, daß es sich nicht etwa um Zufallsbefunde handelt. Wir haben daher das zugehörige Zahlenmaterial statistisch bearbeitet, und zwar – wie übrigens für alle im Verlaufe dieses Vortrages gemachten statistischen Angaben – nach der Methode der *t*-Verteilung. Es ergab sich, daß der Unterschied in der radioaktiven Dichte zwischen dem RM und dem LO einerseits und dem RO, dem RU und dem LU andererseits mit einem P von unter 1<sup>0</sup>/<sub>00</sub> statistisch hochgradig gesichert ist.

Geht man nun über zur Betrachtung von F<sub>30</sub>, so erkennt man auf den ersten Blick grosso modo eine qualitativ ähnliche Verteilung. Der RM und der LO enthalten wiederum deutlich weniger als die übrigen. In Anbetracht der Tatsache, daß gerade diese Unterschiede für F<sub>90</sub> als statistisch gesichert befunden worden sind, wird dieser Befund weiter nicht überraschen. In beiden Fällen erfolgte die Injektion des radioaktiven Materials ja in die gleiche Vene. Man darf daher für die nachfolgenden, für uns besonders wichtigen Schlüsse F<sub>90</sub> und F<sub>30</sub> zunächst gemeinsam betrachten.

Unsere wichtigste Frage muß sein: Was ist die Ursache dieser besonderen Verteilung? Nach unseren heutigen physiologischen Vorstellungen kommen hierfür nur zwei Momente in Frage. Entweder sind 1. die einzelnen Lungenlappen des Kaninchens ungleich stark durchblutet (RO, RU und LU erhalten mehr, die beiden andern weniger Blut), oder es sind 2. tatsächlich Venenströme bis in die Lunge vorhanden, d. h. das aus dem Körperkreislauf ankommende Blut folgt auch bis in die Lunge hinein bevorzugt gewissen Bahnen. Man muß die Frage beantwortet bekommen, wenn man das Verteilungsbild nach Injektion in die linke Jugularis zum Vergleich heranzieht. Wenn eine verschieden starke Durchblutung der einzelnen Lappen die Ursache wäre, so müßte die Verteilung auch hier prinzipiell gleich sein; ist sie aber verschieden, dann beweist dies, per exclusionem, das Vorhandensein von Venenströmen. Die Abbildung zeigt, daß die Verteilung in F<sub>90</sub> und F<sub>30</sub> einerseits von der in J<sub>90</sub> und J<sub>30</sub> andererseits tatsächlich verschieden ist. Die hauptsächlichste Verschiedenheit – und nur auf diese brauchen wir hier einzutreten, da es uns zunächst nur um eine prinzipielle Schlußfolgerung geht – betrifft den RU.



In  $F_{90}$  und  $F_{30}$  gehörte er gewissermaßen «zu den Großen», in  $J_{90}$  und  $J_{30}$  dagegen eher «zu den Kleinen». Die nächste Frage muß nun wieder sein: Ist dies Zufall oder nicht? Man kann dies auf verschiedene Art entscheiden; wir greifen nur zwei mögliche Berechnungen heraus: Wir haben einmal untersucht, ob sich die radioaktive Dichte des RU und des LU – die ja in den Gruppen F sicher gleich war – in den Gruppen J signifikant unterscheidet. Der Unterschied ist mit einem P von unter 1% statistisch gut gesichert. Dann haben wir auch – gewissermaßen andersherum – untersucht, ob sich die radioaktiven Dichten des RU und des LO, die in den beiden F mit einem P von unter 1/100 hochgradig signifikant verschieden sind, in den beiden J tatsächlich auch nicht mehr unterscheiden. Auch dies ist der Fall; RU und LO müssen in J als gleich betrachtet werden. Es ist damit bewiesen, daß das aus den verschiedenen Körpervenen ankommende Blut trotz seiner Passage durch den rechten Vorhof, die Tricuspidalis, die rechte Kammer und die Pulmonalklappen und trotz der an allen diesen Orten vorhandenen Turbulenz noch nicht homogen gemischt ist, sondern daß sich Venenströme bis in die einzelnen Lungenlappen verfolgen lassen.

Wir sind uns bewußt, daß die vorstehend mitgeteilten Befunde zu Fragen verschiedener Art Anlaß geben könnten. Wir möchten uns hier darauf beschränken, einige davon anzudeuten, in der Meinung, daß wir in späteren Mitteilungen vielleicht eingehender dazu werden Stellung nehmen können.

So wäre z. B. die Frage zu streifen, inwiefern die für die radioaktiven Kügelchen gefundene Verteilung unmittelbar einen quantitativen Rückschluß auf die Menge des in den betreffenden Venenbahnen fließenden Blutes gestattet. Man könnte sich vorstellen, daß das Blut selbst noch viel größere lappenmäßige Unterschiede erkennen ließe. Denn wenn auch die injizierten Kügelchen klein sind, so werden doch diejenigen, welche zufällig am Rande des – eventuell nur sehr dünnen – Venenstromes schwimmen, relativ leicht aus diesem herausgerissen. Damit aber müssen die effektiv vorhandenen Unterschiede etwas verwischt werden. Der Verwendung beliebig kleiner Kügelchen ist aber selbstverständlich nach unten eine Grenze gesetzt; sie dürfen ja keinesfalls kleiner sein als der Durchmesser der Lungenkapillaren.

Dann wird sich auch die Frage aufdrängen, ob nicht durch die multiple Embolisierung der Lunge irgendwelche Lungengefäßreflexe ausgelöst werden könnten, welche ihrerseits zu der besonderen Verteilung beitragen. Wir können in diesem Zusammenhang nur nochmals darauf hinweisen, daß sich uns bisher keine Anhaltspunkte für störende Reaktionen ergeben haben. Wir werden in speziellen Untersuchungen dieser Frage nachgehen. Ohne den Ergebnissen dieser Untersuchungen vorgreifen zu wollen, möchten wir doch jetzt schon sagen, daß damit die grundsätzliche Schlußfolgerung aus den vorstehenden Ergebnissen keinesfalls beeinträchtigt werden kann. Denn auch wenn Gefäßreflexe beteiligt sind, so muß doch der Grund, weshalb sie sich in einen Falle ( $F_{90}$  und  $F_{30}$ ) so und im anderen Falle ( $J_{90}$  und  $J_{30}$ ) anders auswirken, primär an einer ungleichen Embolisierung gelegen sein. Und diese wiederum kann nur durch erhaltene Venenströme verursacht sein.

Auch über die eventuellen praktischen Konsequenzen unserer Ergebnisse möchten wir uns zunächst noch nicht äußern, und zwar vor allem deshalb nicht, weil wir die Normalverteilung auf die einzelnen Lungenlappen noch nicht kennen, wie sie sich ergeben würde, wenn keine Venenströme vorhanden wären. Man ist zwar a priori geneigt,

anzunehmen, daß sie in einer gleichen radioaktiven Dichte aller Lappen bestünde. Doch setzt eine solche Annahme voraus, daß die Durchblutung der einzelnen Lappen tatsächlich gleich ist. Wir sind zur Zeit damit beschäftigt, auch diese Frage zu untersuchen. Wenn sich die Durchblutung als gleich erweisen sollte, dann müßte z. B. die Tatsache, daß in den vorstehenden Versuchen die radioaktive Dichte des RO sowohl in F<sub>90</sub> und F<sub>30</sub> als auch in J<sub>90</sub> und J<sub>30</sub> wesentlich größer ist als die des RM, ebenfalls Ausdruck von Venenströmen sein. Das Blut aus der rechten Femoralis und das aus der linken Jugularis würden eben bezüglich der genannten beiden Lappen zufällig etwa den gleichen Bahnen folgen.

Es wird vor allem auch zu untersuchen sein, welche Besonderheiten der Verteilung sich für das Blut aus anderen Körpervenen ergibt. Möglicherweise zeigen sich da noch ausgesprochenere Verschiedenheiten. Besonders für das Blut aus der rechten Jugularis und aus dem Sinus coronarius würden wir solche erwarten. Es wäre auch zu untersuchen, ob eine Aufarbeitung der Lunge nach Segmenten ebenfalls Unterschiede in der Verteilung erkennen läßt usw.

Für diese erste Mitteilung lag uns – wie schon gesagt – vor allem daran, zu berichten, daß das Körpervenenblut je nach seiner Provenienz tatsächlich – und wohl wider Erwarten – vorzugsweise in gewisse Lungenpartien gelangt.

### *Zusammenfassung*

An Kaninchen wird untersucht, ob intravenös injizierte korpuskuläre Elemente eventuell in Abhängigkeit von der Injektionsstelle zu einer verschieden lokalisierten Embolisierung der Lungen führen.

Das injizierte Material besteht aus Kügelchen, die mit radioaktivem Phosphor in wasserunlöslicher Form markiert sind. Sie haben genau das spezifische Gewicht des Plasmas. Ihre Durchmesser betragen 30 bzw. 90 Mikren. Sie müssen demnach im Kapillarsystem der Lungen stecken bleiben.

Es ergibt sich, daß der Gehalt der einzelnen Lungenlappen an Kügelchen verschieden ist, je nachdem die Injektion in die rechte Femoralvene oder in die linke Jugularvene erfolgt war. Demnach kann das Körpervenenblut im rechten Herzen nicht vollständig gemischt worden sein. Es folgt vielmehr bis in die Lungenperipherie hinein bevorzugt gewissen Bahnen.

### *Résumé*

On étudie chez le lapin si, dans les poumons, le lieu de fixation d'emboli corpusculaires injectés par voie intra-veineuse dépend éventuellement de l'endroit d'injection.

On injecte des corpuscules sphériques chargés de phosphore radioactif insoluble dans l'eau. Ils ont exactement le poids spécifique du plasma sanguin. Leur diamètre étant de 30  $\mu$  et de 90  $\mu$ , ils seront retenus dans les capillaires pulmonaires.

On constate que la teneur de chaque lobe pulmonaire en corpuscules est différente, si l'injection a lieu dans la veine fémorale droite, ou dans la veine jugulaire gauche. C'est donc que le sang veineux n'est pas totalement mélangé dans le cœur droit, mais qu'il suit de préférence des courants déterminés jusqu'à la périphérie des poumons.

#### *Riassunto*

L'A. sperimenta sul coniglio se elementi corpuscolari iniettati nelle vene provocano embolie polmonali diversamenti localizzate in rapporto al luogo dell'iniezione.

Il materiale iniettato è fatto di particelle rotondi insolubili nell'acqua, marcate con fosforo radioattivo, dal peso specifico del plasma. Il loro diametro essendo di 30 rispet. 90 mikron, le particelle non passano il sistema capillare dei polmoni.

Questi esperimenti mostrano che i singoli lobi polmonali contengono quantità diverse di particelle radioattive se l'iniezione è fatta nella vena femorale destra o nella vena giugulare sinistra. Da ciò si deve dedurre che il sangue venoso periferico non è completamente mescolato nel cuore destro, ma che segue di preferenza determinate strade fino alla periferia del circolo polmonale.

#### *Summary*

Investigations on rabbits were undertaken to determine whether or not the localisation of pulmonary emboli caused by intravenously administered corpuscular elements depended upon the site of injection.

The material injected consisted of small water-insoluble spheres containing radioactive phosphorus. The spheres had a specific gravity identical to that of plasma. Their diameters were 30 or 90 microns and thus the spheres were enmeshed in the lung capillary system.

It was shown that in each pulmonary lobe the number of spheres found varied according to whether the injection was made in the right femoral vein or in the left jugular vein. Therefore the systemic venous blood could not possibly be thoroughly mixed in the right heart. The blood must have followed certain preferred pathways into the periphery of the lungs.

*Böhme, W.*: Erg. Physiol. **38**, 251 (1936). – *Emmenegger, H., Hürlimann, A., und Bucher, K.*: Experientia (im Druck). – *Hürlimann, A.*: Arch. internat. Pharmacodynam. **80**, 99 (1949). – *Jäger, A.*: Pflügers Arch. **235**, 705 (1935). – *McDonald, D. A., und Potter, J. M.*: Abstr. of Communications XVIII, Internat. Physiol.-Kongr., Kopenhagen 1950. – *Thoma, R.*: Hdb. der Biol. Arbeitsmethoden, V, 4/II, S. 1102, 1927.

#### *Diskussion:*

*K. Wiesinger* (Zürich): *Bing* sowie *Dexter* und Mitarb. haben an Hand theoretisch sicher richtiger Formeln in Fällen von Kongenitalvitien die vasculären Kurzschlüsse

quantitativ berechnet. Wir haben uns gegenüber solchen Berechnungen ablehnend verhalten, weil es sich zeigt, daß entgegen dem normalen Kreislauf bei Kongenitalvitien auch noch im Conus pulmonalis wesentliche O<sub>2</sub>-Sättigungsunterschiede vorhanden sind. Für den gesunden Kreislauf kann man mit einigermaßen zuverlässigen Werten rechnen, sofern man das Blut nicht stromaufwärts vom Conus pulmonalis entnimmt. Es ist deshalb von Kollege *Bucher* sehr verdienstvoll, mit einer ganz anderen Methode gezeigt zu haben, daß man tatsächlich bezüglich der Annahme einer vollständigen Durchmischung des Körperblutes im rechten Herzen zurückhaltend sein muß.

Ich möchte den Referenten außerdem noch anfragen, warum er die Versuche mit radioaktiven Substanzen durchführt, die in der Handhabung gewisse Gefahren aufweisen, anstatt die Kügelchen in den Lungen anatomisch-mikroskopisch nachzuweisen, was den Vorteil hätte, daß man die topographische Verteilung genauer ermitteln könnte als mit dem Geiger-Müller-Zähler.

*W. R. Hess* (Zürich): Was uns Herr Kollege *Bucher* als Ergebnisse einer ebenso modernen als eleganten Technik mitgeteilt hat, ist nicht nur interessant, sondern heute auch praktisch wichtig. Was mich persönlich angeht, freut mich zudem der ganze Versuchsplan, da er in Korrespondenz zu Untersuchungen steht, denen ich mich seinerzeit vom Standpunkt der voraussetzungslosen Wissenschaft gewidmet habe.<sup>1</sup> Ich wurde damals zur Folgerung geführt, daß das Blut, selbst bei für den Menschen gültigen Dimensionen, nicht durch die Gefäße hindurch wirbelt, sondern in parallelen Bahnen seines Weges geleitet wird! Der Grund für dieses Verhalten ist einerseits in der relativ hohen Viskosität (4–5 bezogen auf Wasser) zu suchen. Durch sie wird eine Wirbelbildung schon im ersten Ansatz unterdrückt. Der zweite Grund ist die hämodynamisch günstige Profilierung der Blutwege, an deren Innenfläche das Blut entlanggleitet. Die Folge solcher Verhältnisse ist die optimale Ausnützung des vom Herzen zu leistenden Energieaufwandes, eine in ihrer physiologischen und pathophysiologischen Bedeutung nicht zu unterschätzende Angelegenheit. – In bezug auf die Resultate, die Herr *Bucher* im speziellen bekanntgegeben hat, wäre noch zu sagen, daß bei einer weiter getriebenen Aufteilung der Lunge in «Test-Kubi» die Unterschiede zwischen einzelnen Zonen wohl noch augenfälliger zu Tage treten würden (d. h. soweit die Registriertechnik nicht ihre Grenzen setzt). Wenn auch eine Korrelation zwischen Arealen der Peripherie und Sektoren der Lunge besteht, so ist nicht anzunehmen, daß auch eine bestimmte Vene sich gerade auf einen bestimmten Lungenlappen projiziert. Vielleicht könnten hier kinematographische Aufnahmen von infundierter Kontrastflüssigkeit interessante Aufschlüsse bringen?

*C. Wegelin* (St. Gallen): Die Untersuchungen von Prof. *Bucher* berühren sich mit der Frage der Lokalisation der Emboli in der menschlichen Lunge. Vor beinahe 40 Jahren wurde von pathologisch-anatomischer Seite (*Kretz, Helly*) behauptet, daß die Emboli, welche von Thromben der unteren Körperhälfte (Vena femoralis, Beckenvenen) stammen, vor allem in den unteren Lungenteilen stecken bleiben, während die Emboli aus dem Gebiet der Vena cava sup. die oberen Lungenteile bevorzugen. Zahlreiche Nachprüfungen ergaben jedoch keine Bestätigung dieser Angaben. Nun scheinen aber die mit feiner Methode vorgenommenen Untersuchungen von Prof. *Bucher* doch dafür zu sprechen, daß die Strombahnen aus der Vena cava inferior und superior bis in die Lungenarterie hinein bis zu einem gewissen Grade getrennt bleiben.

*M. Klingler* (Basel) weist darauf hin, daß die laminäre Blutströmung offenbar leicht gestört werden kann. So wird Kontrastmittel, welches in eine Arteria vertebralis zu röntgendiagnostischen Zwecken injiziert wird, regelmäßig mit dem Blute aus der anderen Arteria vertebralis vollständig durchmischt, was an der röntgenologischen Darstellung beider Arteriae cerebri posteriores zu erkennen ist. Frage an den Vortragenden, ob etwas über den Einfluß der Teilchengröße und die dadurch bedingte Turbulenz auf die Durchmischungsverhältnisse bekannt ist. Es wäre möglich, daß das Blut aus ein-

---

<sup>1</sup> Pflügers Arch. 168, 476 (1917).

zelenen Körperteilen in der Lunge noch viel strenger getrennt ist, als aus den Versuchen von Herrn Prof. *Bucher* hervorzugehen scheint; seine Werte sind Minimalwerte.

*K. Bucher* (Basel), Schlußwort:

An *K. Wiesinger* (Zürich): Es ist nicht daran zu zweifeln, daß auch noch andere Methoden denkbar wären, mit denen ein solches Problem angegangen werden kann. Wir haben einfach diejenige ausgewählt, die zur Zeit die aussichtsreichste sein dürfte. Sie ist der histologischen Beurteilung an Genauigkeit sicher deutlich überlegen.

An *W. R. Hess* (Zürich): Wir wissen, daß durch Injektion eines Farbstoffes in eine Arterie eventuell noch nach längeren Strecken Unvollständigkeit der Mischung demonstriert werden kann. Noch ausgesprochener dürfte dies für Venen gelten. Das Novum unserer Ergebnisse aber sehen wir darin, daß auch das Herz selbst bei weitem nicht der «vollständige Blutmischer» ist, für den es vielfach gehalten wird.

An *C. Wegelin* (St. Gallen): Es ist sehr wohl denkbar, daß sich die Tatsache besonderer Lokalisationsgebiete von Embolien zum Teil durch solche Venenströme erklären läßt (wenigstens dann, wenn die Emboli klein sind).

An *M. Klingler* (Basel): Es ist wahrscheinlich, daß die Bedingungen für Turbulenz durch die eingeführten korpuskulären Elemente als solche verändert werden. Daran läßt sich leider zunächst wohl nichts ändern. Immerhin ist anzunehmen, daß die Turbulenz dadurch eher vergrößert werden wird und daß damit die Venenströme eher «verwischt» werden. Daher dürfte unsere prinzipielle Schlußfolgerung dadurch keinesfalls beeinträchtigt werden können.