

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Rostock
(Direktor: Prof. Dr. HERMANN LOESCHKE).

Über das Ergebnis einer Reihen- und Gruppenuntersuchung an 150 Leichen zur Prüfung auf arterielle Luftembolien im großen Kreislauf.

Von

W. SCHUBERT.

Mit 10 Textabbildungen.

(Eingegangen am 23. Oktober 1951.)

Der am hiesigen Institut gefundene Ventrikelnachweis mit Luftansammlung in den Ventrikelräumen des Gehirns und der ergänzend dazu gefundene Subduralnachweis ist schon bekanntgegeben worden¹. Für eine beschränkte Zahl von Fällen (etwa 20) hatte er sich durchaus bewährt, und so galt es noch weiterhin ihn in seinem diagnostischen Wert zu überprüfen. Nicht zuletzt war auch noch zu untersuchen, ob nicht Fehlerquellen vorliegen. Da bei einer Gruppenuntersuchung an kachektischen Personen nahezu in sämtlichen Fällen Gas in der Schädelhöhle gefunden wurde, war es naheliegend, die Nachprüfung auch auf andere Personen auszudehnen, um einerseits die Häufigkeit und weitere Beziehungen in Erfahrung zu bringen.

Zunächst sei das Ergebnis einer Reihenuntersuchung an hundert laufend anfallenden Leichen unter Angabe der Grundkrankheit und der in der Schädelhöhle gefundenen Luftmenge in Kubikzentimetern wiedergegeben. Sie kam in den Monaten Juni/Juli des Jahres 1951 an den von den hiesigen Kliniken eingelieferten Personen zur Durchführung, unter gleichzeitiger Heranziehung der Herzluftembolieproben. Bei 36 (von 100) Personen konnte im Subduralspalt wie auch in den Hirnventrikeln nach Anstich unter Wasser Luft nachgewiesen werden. Die größere Luftmenge fand sich allgemein im Subduralspalt, bei 12 Personen war diese Luftembolieprobe allein positiv, bei 24 Fällen traten beide Nachweise zusammen.

Carcinome: 13 Fälle.

Collum-Ca.	1,5 cm ³	Collum-Ca.	3,0 cm ³
Ca. der Kardia	2,0 cm ³	Ca. des Colon transvers.	5,0 cm ³
Magen-Ca.	5,0 cm ³	Magen-Ca.	3,0 cm ³
Magen-Ca.	5,0 cm ³	Gallertkrebs des Colon	2,0 cm ³
Plattenepithelkrebs der Wange	2,0 cm ³	Generalisiertes Plasmocytom	3,0 cm ³

¹ Im Literaturverzeichnis vermerkte Arbeiten von H. LOESCHKE, FELIX-LOESCHKE, W. SCHUBERT.

Tuberkulose: 5 Fälle.

Prostata-Ca.	4,0 cm ³	Lungentbc.	2,0 cm ³
Rectum-Ca.	3,0 cm ³	Darmtbc.	2,0 cm ³
Fibrosarkom nach Arrosions-		Nierentbc.	2,0 cm ³
blutung	3,0 cm ³	Nierentbc.	2,0 cm ³
		Meningitis tbc.	1,5 cm ³

Selbstmorde: 5 Fälle.

Atypisches Erhängen	2,0 cm ³	Steinniere bds.	3,0 cm ³
Leuchtgasvergiftung	2,0 cm ³	Prostatahypertrophie mit	
Luminalvergiftung	6,0 cm ³	Niereninsuffizienz	4,0 cm ³
Blausäurevergiftung	2,0 cm ³	Ulcus duodeni nach Blutung .	3,0 cm ³
Leuchtgasvergiftung	18,0 cm ³	Diphtherie (Kind 10 J.) . . .	1,0 cm ³
Kreislaufschäden: 5 Fälle.		Bakterielle Lebensmittel-	
Herzwandinfarkt	2,0 cm ³	vergiftung (alter Mann) . .	6,0 cm ³
Herzschwelen bei Dilatation		Arteriosklerose der Hirnbasis-	
bds.	5,0 cm ³	gefäße	3,0 cm ³
Coronarsklerose	2,0 cm ³	Delirium tremens	5,0 cm ³
Concretio pericardii	5,0 cm ³	Katatone Schizophrenie . . .	4,0 cm ³
		Tod bei Tonsillektomie . . .	3,0 cm ³

Es erscheint zweckmäßig, hier nochmals die Methode unseres Vorgehens zu beschreiben: An völlig unversehrter Leiche wird zunächst in üblicher Weise die Kopfschwarte ohne Verletzung der Temporal-muskulatur abgezogen. Dann wird eine Gummikappe dicht unterhalb der größten Circumferenz des Schädels aufgebunden und nach Anhebung des Schädels Wasser über die Kalotte in den so gebildeten Raum eingegossen. Es folgt die Aufmeißelung unter Wasser zu beiden Seiten über dem Stirn-Scheitelbeinhirn bis zur Freilegung der Dura. Dann wird mit dem Messer der Subduralraum angeschnitten bzw. angestochen, wobei vielfach im Subduralspalt Gasblasen gefunden wurden. Weiterhin wird dann durch Tiefergehen mit dem Messer der Ventrikelraum eröffnet.

Nur in 3 Fällen ließen sich gleichzeitig auch Luftbefunde im Herzen fassen. Bei einem Gallertkrebs des Colon mit Ulceration der Schleimhaut und Zustand nach Probelaaparotomie fanden sich mehrere Kubikzentimeter Luft im rechten Herzen, so daß hier eine primär venöse Luftembolie vermutet werden darf. Der zweite Luftbefund im Herzen rechts fand sich nach Suicid bei einer Person, die schon seit Monaten stärkstens dyspnoisch gewesen war; im dritten Falle fanden sich bei einer Leuchtgasvergiftung feine Bläschen im linken Herzen.

Bei weitaus der Mehrzahl dieser Personen trat deutlich in Erscheinung, daß nur die Lunge die Quelle dieser Luftschwemmung sein konnte. Um hierfür einen näheren Anhalt zu gewinnen und Fehldeutungen auszuschließen, wurden Gasanalysen durchgeführt. Das aus der Schädelhöhle austretende Gas wurde unter Wasser bzw. einer Sperrflüssigkeit (einer Lösung mit 10% Natriumsulfat) in vorher gefülltem

Glasbehälter aufgefangen. Die analytische Prüfung übernahm das hiesige Chemische Institut, wofür dem Direktor, Prof. RIENÄCKER, gedankt sei. Er forderte zunächst, da ein Mikro-Gasanalyseapparat nicht zur Verfügung stand, eine Gasmenge von 60 cm³; bei den späteren Analysen waren dann schon gegen 20 cm³ für hinreichende Genauigkeit ausreichend. Die Ergebnisse der 4 insgesamt durchgeführten Analysen seien nachfolgend in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

	Analyse I	Analyse II	Analyse III	Analyse IV
Untersuchte Gasmenge.	64,0 cm ³	18,0 cm ³	27,0 cm ³	17,7 cm ³
Sauerstoff	10,0%	8,3%	7,4%	4,5%
Kohlensäure	3,0%	8,3%	3,7%	15,0%
Stickstoff	87,0%	83,4%	88,9%	80,5%
Methan.	negativ		negativ	

Die Gasmenge für Analyse I entstammte hauptsächlich kachektischem Leichenmaterial. Es ist anzunehmen, daß der CO₂-Gehalt ursprünglich höher lag, da diese Gasmenge unter Wasser aufgefangen wurde und Kohlensäure sehr leicht in Wasser in Lösung geht (1 cm³ Wasser vermag 1 cm³ CO₂ zu absorbieren). Bei der Analyse II handelt es sich um die schon oben angeführte Leuchtgasvergiftung. Leuchtgas besitzt einen CO₂-Gehalt von etwa 8%, letzteres ist schwerer als Luft im Gegensatz zum flüchtigen Kohlenmonoxyd und Wasserstoff. Der CO-Nachweis fiel negativ aus. Die Analyse III wurde unter Verwendung von Sperrflüssigkeit durchgeführt, der Kohlensäuregehalt liegt auch etwas höher als bei Analyse I. Hingegen ist der Sauerstoffgehalt hier am niedrigsten, wenn man von Gasanalyse IV absieht, die nur differentialdiagnostisches Interesse gegen Fäulnis hat. Es handelt sich hierbei um einen Ertrunkenen mit schon aufgetriebenem Körper, der 6 Tage im Wasser getrieben hatte. Fäulnis wird an dem niedrigen O₂-Gehalt und Erhöhung des Kohlensäureanteils erkennbar. Auch die Organe waren in diesem Sinne verändert.

Diese Gasanalysen schließen aus, daß es sich um Luft handeln könne, die von außen, z. B. über den Nasen-Rachenraum in den Subduralspalt hineingelangt ist. Die Gaszusammensetzung müßte dann mehr der der Außenluft angeglichen sein. Hingegen entsprechen die vorgefundenen Werte schon mehr denen der Alveolarluft, die von REIN mit 3—4,5% CO₂ und 16—17,5% O₂ angegeben wird. Es ist von anderen Untersuchern festgestellt worden, daß selbst frisches Leichengewebe und Blut noch eine Sauerstoffzehrung besitzen. Gegen eine autochthone Entbindung aus dem Blute sprechen die sehr wechselnden Mengen der vorgefundenen Luft in frischen Leichen und histologische Befunde,

die die Austrittswege aus dem Gehirn in die Ventrikelräume und unter die weichen Hirnhäute zeigen. Hierüber sind ausführliche Untersuchungen durch Prof. LOESCHCKE durchgeführt und beschrieben worden.

Durch RÖSSLE, FELIX und LOESCHCKE ist in letzter Zeit schon mehrfach darauf hingewiesen worden, daß arterielle Luftembolien des großen Kreislaufes häufiger sind als bisher vermutet wurde und ihnen eine größere Bedeutung zukommt. Das nunmehr von uns gefundene Ergebnis mit 36 Luftembolien im großen Kreislauf bei allein 100 Untersuchungen bestätigt die Richtigkeit der früheren Erfahrungen und vertretenen Auffassung.

Auffallend ist, weshalb bei weitaus der Mehrzahl der Personen mit positiven Luftbefunden von den Kliniken keine entsprechenden Beobachtungen gemacht wurden, die zur Diagnose oder auch nur zur Vermutung einer Luftembolie geführt hätten. Nur in einem Fall wurde diese Diagnose bei einer 30 Jahre alten Frau nach Tonsillektomie (Sekt.-Nr. 479/51) und massiver Blutung aus der Operationswunde und Ableben in 10 min nach der Operation gestellt. Schaumiges Blut war vor Mund und Nase getreten. Die Sektion ergab fleckförmig einzelne oder Gruppen von Lungenacini befallene Blutaspiration und einen Luftbefund in der Schädelhöhle von 3 cm³. Die Tonsillennische rechts war stark lädiert. Von FELIX ist schon darauf hingewiesen worden, daß leichte Formen von Luftembolien, in manchen Fällen sogar schwerere, keine cerebralen Reizerscheinungen zu machen brauchen. Ich vermute, daß solche vor allem durch die starke Reizbildung bei akuten Einschwemmungen ausgelöst werden, während Sickereinschwemmungen über längere Zeit unterschwellig bleiben können. Bei einer nicht geringen Zahl von Personen könnte auch die Lufteinschwemmung erst in der Agonie eintreten und dann schon auf stimulierte Zentren treffen. Hämodynamisch wäre noch zu bemerken, daß nach einer Lungenembolie, die mit einer massiven Lufteinschwemmung zusammentraf, in der hiesigen chirurgischen Klinik (Dr. ALTVATER) prall gefüllte Stirnvenen im akuten Anfall mit Lufthunger beobachtet wurden. Auf Stauung in den meningealen Gefäßen ist insbesondere durch H. LOESCHCKE hingewiesen worden. Es bestände die Möglichkeit des venösen Abflusses über Diploevenen.

Zur Pathogenese. In 14 Fällen der 36 positiven sind Pleuraverwachungen und Verklebungen zusammen mit 3—5 cm³ Luft in der Schädelhöhle zur Beobachtung gekommen. In der gleichen Zahl der Fälle ließ sich mit anderen Lungenbefunden zusammen oder auch isoliert ein Lungenödem nachweisen. Dieses Ödem ist nun nicht nur Ausdruck einer Gefäßundichtigkeit, sondern behindert auch das Ein- und Ausströmen der Atemluft, wodurch sich für Luftembolien begünstigende Momente ergeben. In 7 Fällen fanden sich Bronchitiden und in der

gleichen Zahl Bronchopneumonien bzw. solche Herde, zum Teil im gleichen Organ. Es ist von uns hauptsächlich die Auffassung vertreten worden, daß über angerissene Gefäße vor allem Lungenvenen in Abhängigkeit zum Kreislauf eine Aspiration von Luft erfolgen könne. Daneben wird aber auch angenommen, daß eine Erhöhung der expiratorischen Drucke durch Schleimverlegung, Ödem, entzündliche Infiltrationen der unteren Atemwege den Eintritt von Luft in die Blutbahn begünstigen kann. Ganz unabhängig von den älteren Untersuchungen über die Undichtigkeit der Lunge wurde von mir an Mäusen und Meerschweinchen die Durchgängigkeit tierischer Gewebe und Membranen für Luft geprüft. Der Zeitfaktor spielt eine beachtliche Rolle, wie auch Dehnungen der Gewebe zu berücksichtigen sind. Die Tötung der Tiere erfolgte vorher mittels CO. Dann wurden die Körperöffnungen luftdicht abgebunden und die Tiere in einen Unterdruckraum hineingegeben.

Ein Meerschweinchen gab bei einer Druckerniedrigung von lediglich 40–50 mm Hg unter dem normalen Atmosphärendruck während der Zeit von 16 Std 6,2 cm³ Lungenluft und Darmgase ab (die Wasserdampfabgabe kann im geschlossenen Raum vernachlässigt werden). Bei 2 Mäusen kamen größere Druckdifferenzen zur Anwendung, in 1½ Std wurde der Druck allmählich bis auf 30 mm Hg absolut erniedrigt. Beim Einstromen von Atmosphärendruck in den Unterdruckraum fielen Leib und Flanken stärkstens ein und es ergab sich eine Volumenverminderung je Tier um je 4 cm³. Histologisch ergaben sich Dehnungen der Darmwände und anderer Membranen mit Zerspaltung und Luftlücken.

Negative makroskopische Luftembolieproben ergaben sich in 64 Fällen von 100 und wurden hauptsächlich von Neugeborenen, Säuglingen, Kleinkindern und jüngeren Erwachsenen gestellt. Bei membranös verschlossener großer Fontanelle wurde einfach nach abgezogener Kopfschwarte mit dem Messer der Subduralspalt zu beiden Seiten unter Wasser angestochen. Der durch Anstich der Blutleiter bedingte Blutaustritt kann einen Lufternachweis nicht behindern, aber möglicherweise ist der so beschaffene Spaltraum für einen Luftaustritt doch etwas eng. Bei einem Kinde, von dem mir zunächst nicht bekannt war, daß eine Encephalographie durchgeführt worden war, trat bei diesem Vorgehen keine Luft aus, wohingegen sich beim späteren Aufklappen des Schädels unter Wasser reichlich Luftblasen entleerten. Auch aus den Ventrikelräumen kam nun die Luft zum Vorschein. Bei Kindern erscheint es mir also besser, die Schädeldecke breit unter Wasser zu eröffnen. Obwohl schon über 10 Keuchhustenfälle und Kinder mit Bronchiolitis seziert worden sind, verfüge ich doch nur über einen einzigen und schon bekanntgegebenen makroskopischen Luftbefund bei einem Keuchhustenkinde. Histologisch fanden sich hingegen immer wieder eine Vielzahl von Anhaltspunkten, die für Luftembolie sprachen. Man müßte den Nachweis ins Körpergewebe verlegen. Möglicherweise bringt ein physikalischer Nachweis, der von mir aufgefunden wurde und sich zur Zeit in Prüfung

befindet, eine weitere Klärung. — Weiterhin verliefen die Luftembolieproben negativ bei drei Erwachsenen nach schwerer Gewalteinwirkung: Erschlagenwerden durch eine herabstürzende Lore (ohne äußere Körperverletzung), Sturz vom Gerüst und Schädelbasisfraktur und drittens Holzschlag gegen die Brust mit Herzruptur an der Spitze links. Wird der Kreislauf sofort ausgeschaltet, so kann auch keine Luft mehr eingeschwemmt werden. RÖSSLE berichtet 1947 darüber, er habe nach Einwirkung naher Detonationen bei Hunden, die sofort durch akuten Herztod verstarben, im Gegensatz zu überlebenden Tieren keine Luftembolien beobachten können. Weitere negative Befunde ergaben sich bei Personen mit Hirndruck nach Apoplexie, Tumoren, entzündlichen Infiltrationen, spezifischer und unspezifischer Art.

Verschiedene Kontroll- und Gruppenuntersuchungen an weiteren 50 Leichen ergänzten über den Rahmen der oben beschriebenen Reihenuntersuchung hinaus unsere Beobachtungen. Immer wieder fand sich mit wenigen Ausnahmen, daß neben Lungenprozessen Abmagerung, Kachexie und hohes Alter das Eindringen von Luft in den Organismus begünstigen. Die Bedeutung des Kreislaufes für die Luftaspiration aus der Lunge trat besonders deutlich bei Lungenembolien in Erscheinung, hierbei wurden mit einer Ausnahme bei 6 Fällen größere Luftmengen in der Schädelhöhle gefunden.

Venöse Luftembolien als Sickereinschwemmungen können die Capillaren der Lunge passieren, zur Einschwemmung von Luft in den großen Kreislauf führen und somit die Zahl der hier gefundenen Luftembolien vermehren. Solche Beobachtungen wurden nach Laparotomien und bei nekrotisch gewordenen Tumoren im Bauchraum und anderen Körpergegenden gemacht. Zwei Beispiele seien kurz angeführt. Bei einer 57 Jahre alten Frau hatten sich nach Uterusexstirpation Dehiszenzen der Bauchwandnähte mit Hohlraumbildung und Hämatom in der Bauchwand ergeben. Im rechten Herzen gegen 2 cm³ Luft, 5 cm³ Luft in der Schädelhöhle. Die Frau war 3 Tage nach der Operation unruhig geworden, an eine Embolie wurde gedacht. An der Lunge fand sich akute Blähung, keine Pleuraverklebung, 300 cm³ hämorrhagisches Transudat in den Pleurahöhlen. Keine Bronchitis, aber histologisch in Bronchiolen eine Vielzahl abgeschilfter Epithelien. Verwaschene Struktur der Gewebzüge. Bei einem 6 Monate alten Kinde fiel desgleichen ein größerer Luftbefund im rechten Herzen auf, auch entwichen aus dem Herzbeutel unter Wasser kleine Luftbläschen. Die Quelle dieser Luft blieb zunächst unklar, bis histologisch eine starke Auffaserung von Lungengefäßen und Verdachtsstellen von Anrissen bei Lungenödem und stark ausgeprägter Bronchitis beobachtet wurde. Es könnte sich also hierbei um eine venöse Luftembolie aus der Lunge über angerissene Bronchialvenen gehandelt haben.

Es ist nun über auffallende Befunde an Personen zu berichten, die unter den Zeichen der Erregung und mehrfach auch Nahrungsverweigerung in der psychiatrischen Klinik verstarben. Bei einigen waren Magensonden gelegt worden, um die Nahrungsaufnahme sicherzustellen. Nach Angabe der Klinik (Dr. BARYLLA) war hier das Zusammentreffen mit Luftembolien besonders häufig. Auch klinisch war es vielfach schwierig gewesen, das Krankheitsbild zu beurteilen und diagnostisch befriedigend klarzustellen. Das Fieber stieg an, obwohl die Blutuntersuchung für einen entzündlichen Prozeß keinen Anhalt gab; die Personen boten cerebrale Reizerscheinungen, obwohl die Liquorbefunde kaum von der Norm abwichen. Der Kreislauf lag darnieder, und mehrfach trat unerwartet schnell der Tod ein. Anatomisch fand sich wenig, die mehrfach festgestellte Dilatation des Herzens konnte die Todesursache nur ungenügend erklären. Auch hier konnte in mehreren Fällen eindeutig der makroskopische Luftnachweis geführt werden. In anderen Fällen fanden sich deutlich für Lufteinschwemmung sprechende histologische Veränderungen. Einige der klinischen Diagnosen seien angeführt: Involutionspsychose, Hysterie, endogene Depression, tödlich verlaufende Katatonie nach STAUDER, in einem Fall lag ein Hirntumor (Glioma multiforme) vor. Auch hier eine massive Lufteinschwemmung. Nachfolgend sei von einer expansiven Psychose mit klinischem Verdacht auf entzündliche Herzerkrankung die anatomische Diagnose im Wortlaut und der histologische Befund wiedergegeben:

Sekt.-Nr. 650/51. Schlaffes, allseitig dilatiertes Herz. Zahlreiche Lungenblutungsherde in beiden Unterlappen. Vereinzelte subpleurale Blutpunkte. Geringes Ödem und geringe Stauung der Lunge. Bronchitis purulenta. Akute Leberstauung. Schleimhautblutungen im unteren Ileum und in oberen Magenteilen. Hirnswellung und stärkere Gefäßinjektion der pialen Gefäße.

Lunge. Lungenblutungen in Alveolen und Bronchien, Blutung perivascular, Bronchitis, vereinzelt bronchopneumonische Herde, Auflockerung der Gefäßwandungen und der Adventitia wie auch der Alveolarsepten. Ödem in Alveolen und in venösen Gefäßen.

Gehirn. Hyperämie meningealer Gefäße. Auflockerung der Gefäßwandungen, Ödem der Wand, stellenweise außen angelagert und diffus Austritt von Erythrocyten. In der Rinde auffallend weitgestellte VIRCHOW-ROBINSche Räume, stellenweise mit kleinen Blutungen. Luftmäntel um Hirnzellen. Einige Rindenpartien wabig aufgelockert. Marksubstanz kompakter, neben den oben beschriebenen Veränderungen eine größere Zahl runder bis ovaler optisch leerer Räume (mit Luft gefüllte und stark gedehnte kleine Gefäße). Am Kleinhirn Auflockerung der PURKINJESchen Ganglienzellschicht, einige isoliert von Luftmänteln umgeben.

Herz. Ein entsprechender Befund ist in Abb. 1 und 2 aufgezeigt. Um Gefäße, vor allem Arterien, optisch leere Raumbildung und Aufspaltung der Septen, die Herzmuskelfasern auseinandergedrängt. Die Blutfüllung arterieller Gefäße gering, die Wand unscharf. Eine kleine Blutung in einem Septum. In den Capillaren meist Plasma, verwaschene Struktur.

Nieren. Die BOWMANSchen Räume weit, die Kapsel stellt sich vielfach unscharf dar. Einige optisch leere Spalträume in Glomerulusnähe und in der Nähe von

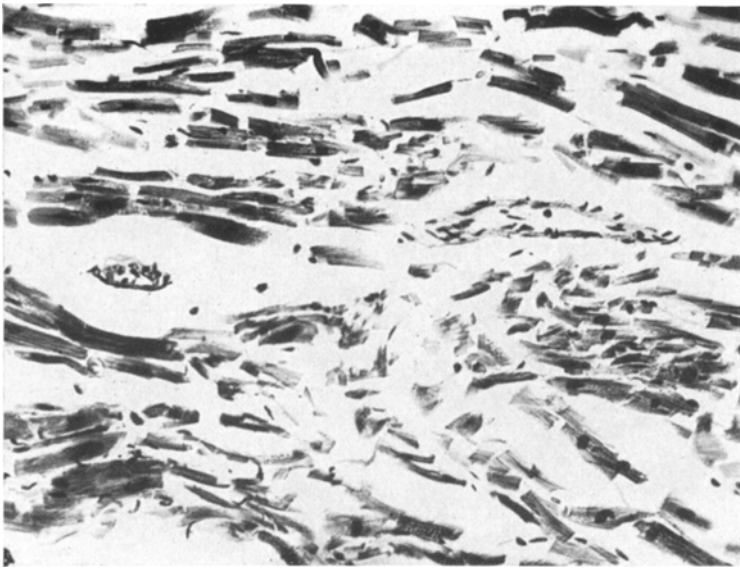


Abb. 1. Sekt.-Nr. 590/51. Herzmuskulatur einer 46 Jahre alten Frau unter der Diagnose: unklarer cerebraler Prozeß, verstorben.

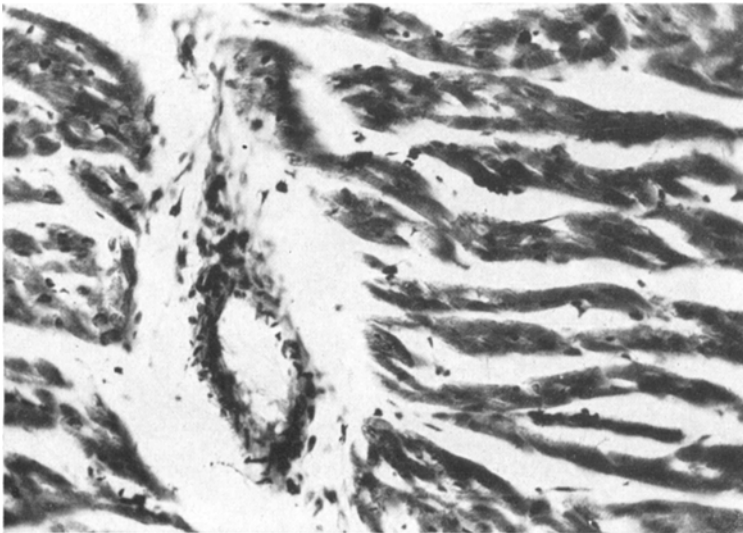


Abb. 2. Herzmuskulatur vom Hund. Tierexperiment mit Luftinjektion in eine Pulmonalvene.

Gefäßen. Größere und kleinere arterielle Gefäße mit stark aufgelockerter Wand. Stellenweise kleine Blutungen ins Gewebe. Capillarzeichnung verwaschen, Erythrocytenfüllung über größere Flächen nicht zu erkennen.

Nebenniere. Eine Vielzahl von Zerspaltungen, vor allem in der Rinde. Ein Luftmantel zeichnet sich um eine Präcapillare ab. Plasma in Capillaren. Das Mark mehr netzförmig aufgelockert.

Milz. In Zentralarterien Luft bzw. Plasmaschaum. An manchen Stellen Endothelabhebungen.

Von einem sich gleichartig histologisch darstellenden Fall (Sekt.-Nr. 590) einer klinisch diagnostizierten Hysterie mit cerebralen Reizerscheinungen bei einer 46 Jahre alten Frau wird ein Mikrophotogramm der Herzmuskulatur wiedergegeben (Abb. 1) und dieses in Vergleich zu einem Herzbefund gesetzt, der von Professor LOESCHCKE bei einem Hunde nach Injektion von Luft in eine Pulmonalvene erhoben wurde (Abb. 2). Es handelt sich um ein Präparat der Versuchsreihe über Luftembolien, 1948, FELIX-LOESCHCKE, das freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde. Anatomisch ließ sich im wesentlichen nur ein schlaffes dilatiertes Herz, Hyperämie der weichen Hirnhäute und Bronchitis feststellen.

Die vorstehenden Untersuchungen über psychiatrische Fälle in Verbindung mit Luftembolie stellen heute erst einen Anfang dar und bedürfen noch weiterer Überprüfung. Wir glauben jedoch, daß diesen Luftschwemmungen, die zum Teil makroskopisch faßbar sind, zum andern sich histologisch abzeichnen, für die Todesursache eine Rolle spielen.

Obwohl schon eine Vielzahl von tierexperimentellen Untersuchungen auf diesem Gebiet vorliegt, möchte ich doch noch über eine eigene Erfahrung berichten.

Einem Kaninchen wurde zunächst in einmaliger Injektion 0,3 cm³ Luft in eine Ohrvene injiziert. Es reagierte darauf mit beschleunigter Atmung und begann zu schnupfen, wobei schleimiges Sekret vor die Nasenöffnungen trat. Es wurde über Nacht in seinen gewohnten Raum zurückgebracht. Am nächsten Morgen (15 Std später) wurden erneut Luftinjektionen in eine Ohrvene durchgeführt, wobei die gleiche Reaktion mit beschleunigter Atmung und Schnupfen in Erscheinung trat. Erregungszustände wurden nicht deutlich. Nachdem diese Zustände durch kleine Luftinjektionen über 1 Std mehrfach provoziert worden waren, änderte sich plötzlich das Verhalten des Tieres; es machte Männchen, war desorientiert und ließ sich vom Tisch fallen, verfiel auf dem Boden in Streckkrämpfe bei schnappender Atmung und stark geblähtem Brustkorb, und verendete, während das Herz noch über 1/2 min weiterschlug. Ich gewann den Eindruck daß hier ein zentraler Tod, vor allem mit Atemlähmung, vorlag. Bei der vorsichtig unter Wasser durchgeführten Freilegung des Gehirns konnte makroskopisch ein Entweichen von Luftbläschen nicht beobachtet werden. Im rechten Herzen fanden sich hingegen 5—6 feine Bläschen, die schon mehr aus dem unteren Abschnitt der Arteria pulmonalis hervorkamen. Die Lunge fand sich gebläht und von relativ weißer Farbe mit gut lufthaltiger Konsistenz. In der Trachea und den Bronchien fand sich im Gegensatz zu früheren Untersuchungen mit zeitweiliger Abdrückung der Trachea kein Ödemschaum.

Histologischer Befund. Herz. Starke Zerklüftung der Herzmuskulatur rechts, optisch leere Räume zwischen den Fasern, vermehrte Zellinfiltration und stellenweise Nekrose. Subepikardiale Gefäße mit faseriger, glasig erscheinender Wand, Plasma, wenige Erythrocyten und Luft enthaltend. Die Gefäßscheide aufgelockert,

optisch leer, geringe Ödemeinlagerung. Die linke Herzmuskulatur kompakter, Spalträume vor allem in Muskelsepten, um Gefäße und zwischen Herzmuskelfasern.

Gehirn. Leptomeninx aufgelockert, Gewebzüge und Gefäße unscharf, Erythrocyteneinlagerung und stellenweise um Gefäße Rundzellinfiltrat. In der Rinde weite VIRCHOW-ROBINSche Räume und Luftmäntel um Ganglien und Gliazellen. Im Mark eine Vielzahl runder bis ovaler optisch leerer Räume, bei einigen erkennt man die ausgezogene Gefäßwandung. Auflockerung des Ependyms und der darunter gelegenen Schicht. Im Plexus chorioideus Luftbläschen.

Niere. Luftinfiltration in Gefäßwände, einige BOWMANSche Kapseln weit, andere Glomeruli mit Luftbläschen vollgefüllt. Die Tubuli mit optisch leerer und weiter Lichtung, nur stellenweise Andeutung von Epithelabhebung, vereinzelt Nekrose.

Lunge. Blähung der Lunge. Luftblutschaum in Arteriolen mit abgestoßenen Endothelien. Bläsige Durchsetzung der Wand mit Luft und Auflockerung der Gefäßscheiden. Alveolarsepten mit Capillaren aufgefasert, Plasma, Luftbläschen und Erythrocyten enthaltend.

Der histologische Befund bei Luftembolie. Es handelt sich dabei stets um eine Zerspaltung der Körpergewebe, die sich vielfach schon an den Gefäßwänden erkennen läßt. In frischen Fällen findet sich Luftinfiltration in der Wandung, der Spaltrichtung folgend, Ablösung von Endothelien und Auflockerung der Gefäßscheiden. Die Faserelemente, Bindegewebzüge wie Muskulatur können dabei durchsichtig glasartig erscheinen. Solche Veränderungen findet man sowohl an Lungengefäßen als an Meningealgefäßen und solchen des Gehirns, wie auch an der Niere, Herz und anderen Organen, sie stellen damit einen eigenartigen, aber doch vielfach gesehenen Befund dar, der sich von Schnitten normalen Gewebes unterscheidet. Hat die Luft erst einmal das Gefäß verlassen, so zeigen sich ihre Spuren gleichsam noch im Mitaustritt von sich leicht eosin-anfärbendem Plasma, auch Erythrocyten können in lockeren Strukturen eingelagert sein (weiche Hirnhäute, Fettgewebe des Nierenbeckens). Das weitere Abströmen der Luft ist dann abhängig von den physiologisch schon vorgezeichneten Strömungsverhältnissen der Gewebsflüssigkeit, sowie von Druckgefällen. Subepikardial findet man z. B. das Abströmen von Plasma zum Herzbeutel. Im Gehirn wird gleichfalls die physiologische Richtung beibehalten, hier tritt einerseits die Luft, die Pia in Blasen abhebend, unter die weichen Hirnhäute und gelangt in den Subduralspalt. Auf der andern Seite wölbt sie das Ependym vor und tritt in die Ventrikelräume ein. Bei der relativ festen Niere mit derber Kapsel habe ich keine so einheitlichen Befunde erheben können, hier fanden sich zum Teil die BOWMANSchen Kapselräume weit, in anderen Fällen waren sie jedoch verstrichen, und es fiel auf, daß eine Vielzahl kleiner Luftbläschen in den Glomeruli enthalten waren. Mit dieser Beobachtung zusammen fanden sich (besonders deutlich in dem zuletzt dargestellten Tierversuch) weitgestellte und in ihrer Lichtung optisch leere Tubuli. Auch sind mehrfach große Lufträume oder bluterfüllte Räume in Vorschaltung zu Glomeruli gesehen worden.

In einigen Fällen extrem stark von der Grundmembran abgehobener und gelegentlich von Erythrocyten umflossener Tubuli halten wir die Entstehung durch vorausgegangene Luftembolie für möglich. Es würden sich somit ähnliche Verhältnisse wie bei stark geblähten VIRCHOW-ROBINSchen Räumen im Gehirn ergeben. Gefäßwandzerrungen, Luftinfiltrationen in die Wandungen und sogar Erythrocytenaustritt sind vereinzelt im Nierenbeckenfettgewebe bei Kindern wie Erwachsenen gesehen worden.

Lufteinschwemmungen in Zentralarterien der Milz können als gesichert angesehen werden.

Die Leber war mikroskopisch nur schwer zu beurteilen. Mannigfache Veränderungen sind an den Gefäß- und Gewebszügen der GLISSONschen Dreiecke gesehen worden, die man auf Luftembolie beziehen könnte. Stellenweise glaubte man zwischen den Zellbalken und neben dünnen plasmagefüllten Capillaren Luftfüllungen in DRISSESchen Räumen zu beobachten.

Die Lufteinschwemmung in die Schilddrüse scheint sich vor allem in einer Aufspaltung der zwischen den Follikeln gelegenen Septen auszuwirken.

Die Hypophyse verhält sich nicht viel anders als das Gehirn mit einer Vielzahl von optisch leeren Räumen in Spaltrichtung.

Kennzeichnende Veränderungen für Gehirn und Herz sind von R. RÖSSLE und H. LOESCHKE beschrieben worden und mit schönem Bildmaterial versehen, so daß hier kaum noch etwas hinzuzufügen ist. Runde, optisch leere Räume vor allem in der Marksubstanz, die multipel vorhanden sein können und wahllos im Gewebe verstreut liegen, sind meines Wissens nach noch nicht beschrieben worden. Auf Grund neuerer Beobachtungen halte ich sie für prall mit Luft gefüllte Capillaren bzw. Präcapillaren, bei einigen konnten die Gefäßwandung und Endothelkerne erkannt werden; in anderen Fällen war die Gefäßwand herausgeplatzt. Auffällig war, daß in der Umgebung dieser Löcher, die sonst im Gewebe gefundenen Luftmäntel um Ganglien- und Gliazellen nicht zu erkennen waren.

Es werden insgesamt 10 ausgesuchte Abbildungen aufgezeigt, die 4 Sektionsfällen entnommen sind.

Sekt.-Nr. 505/51. 46 Jahre alter Mann, Potator, der in der Psychiatrischen Klinik mit Krampfanfällen und Verdacht auf Encephalitis zur Aufnahme kam. Erregungszustände. Später wurde die Diagnose Delirium tremens gestellt. 4 cm³ Luft in der Schädelhöhle. Bronchitis, eitrige Brochektasen, bronchopneumonische Herde. Pleuraverklebungen. Blutungen im Lungengewebe.

Sekt.-Nr. 554/51. 14 Jahre altes Mädchen. Kachektischer Zustand bei ausgedehnter Tuberkulose im Bauchraum. Diffus Pleuraverklebungen. Miliartuberkulose der Lunge, Bronchitis. Luft im rechten Herzen, 4 cm³ Luft in der Schädelhöhle. Sektion 6 Std nach dem Tode.

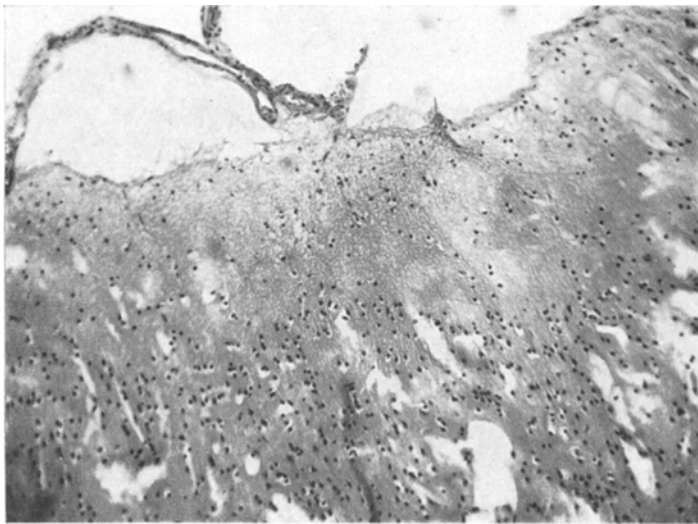


Abb. 3. Sekt.-Nr. 505/51. Gehirn, Windungsfurche. Die Pia durch Luft in Blasen abgehoben. Luftinfiltration in der Rinde.

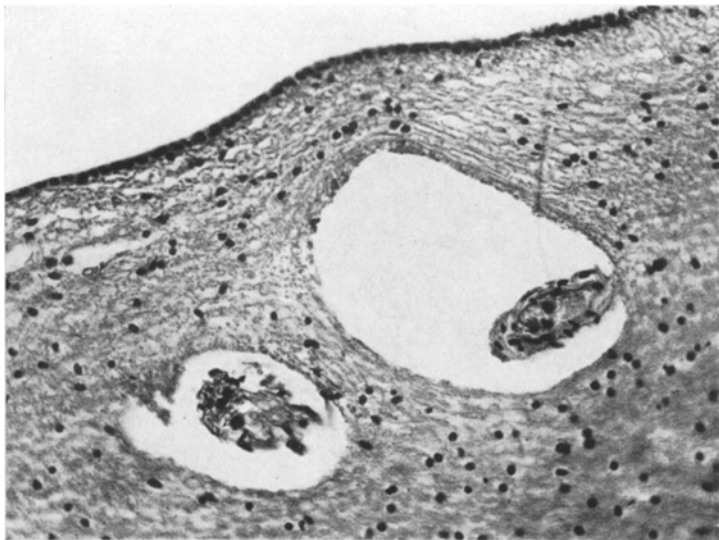


Abb. 4. Sekt.-Nr. 554/51. Gehirn in Ventrikelnähe. Weite VIRCHOW-ROBINSche Räume subependymaler Gefäße.

Sekt.-Nr. 479/51. 29 Jahre alte Frau, 10 min nach Tonsillektomie mit massiver Blutung aus Operationswunde verstorben. Blutaspilation in die Lunge. Sektion 9 Std nach dem Tode.

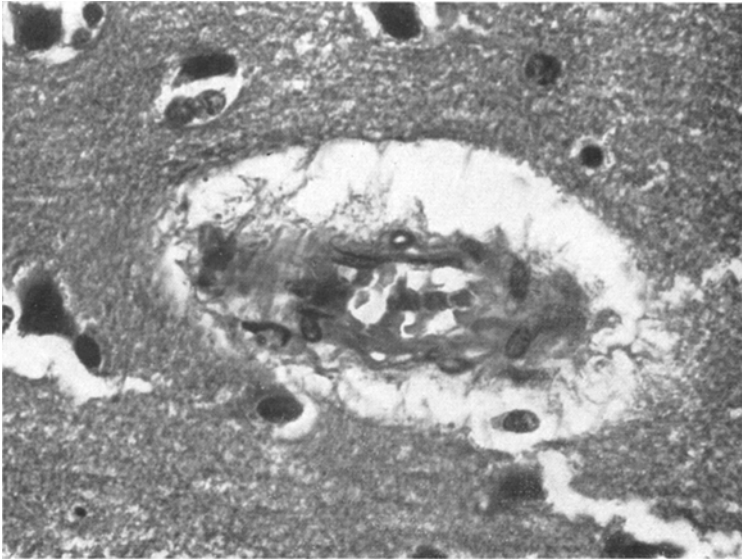


Abb. 5. Sekt.-Nr. 505/51. Hirngefäß mit Auffaserung der Wand, weitem VIRCHOW-ROBINSCHEN Raum, Luftmäntel um Hirnzellen.

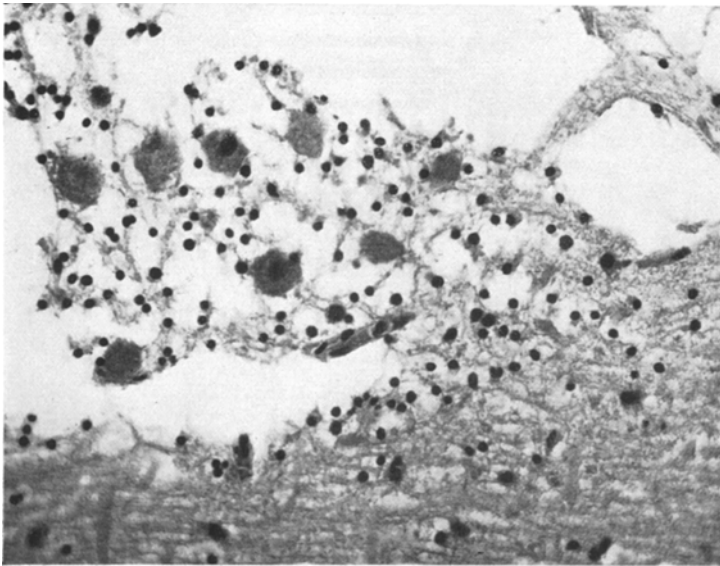


Abb. 6. Sekt.-Nr. 505/51. Kleinhirn. Auflockerung der PURKINJESCHEN Ganglienzellschicht.

Sekt.-Nr. 590/51. 46 Jahre alte Frau in der Psychiatrischen Klinik verstorben. Diagnose: Unklarer cerebraler Prozeß. Nahrungsverweigerung. Starke Abmagerung, cerebrale Reizerscheinungen, schlechter Kreislauf, Tod im Kreislaufversagen. Bronchitis, leptomenigeale Hyperämie, schlaffes dilatiertes Herz.

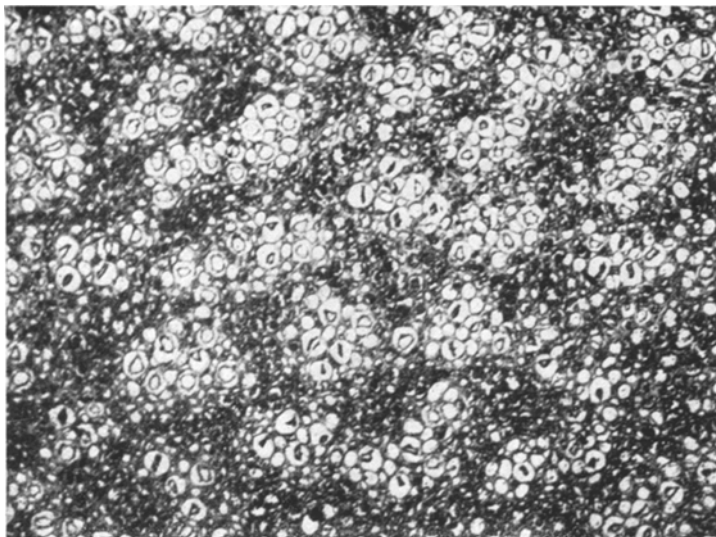


Abb. 7. Sekt.-Nr. 479/51. Niere, Tubulusabhebungen von der Grundmembran (kleine Vergrößerung).

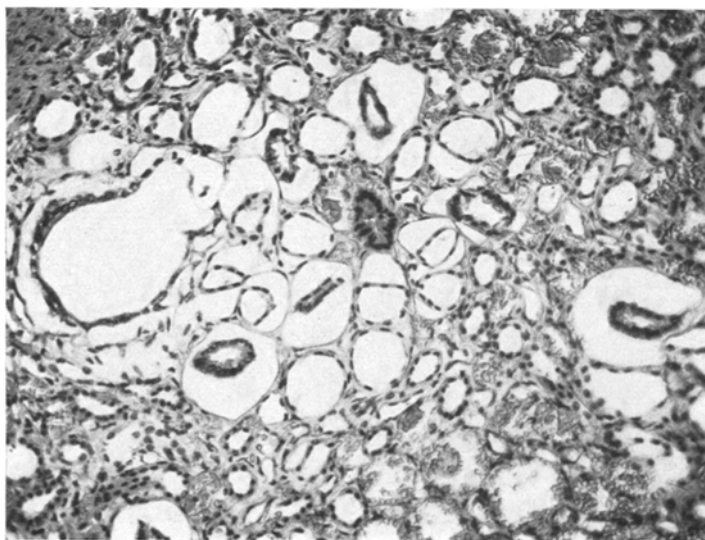


Abb. 8. Sekt.-Nr. 479/51. Niere, Tubulusabhebungen neben anderen hyperämischen Bezirken. Zentral ein Röhrensystem von Erythrocyten umflossen.

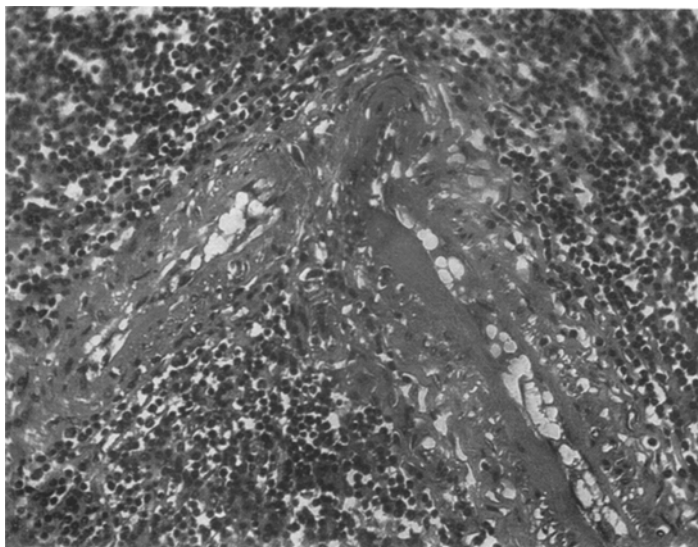


Abb. 9. Sekt.-Nr. 479/51. Milz. Längsgeschnittene arterielle Gefäße mit Luftblasen in der Lichtung.

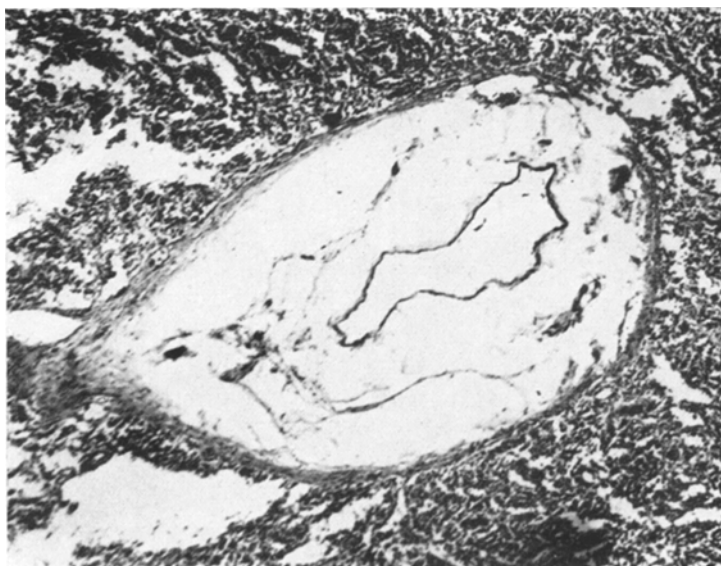


Abb. 10. Sekt.-Nr. 590/51. Milz. Luft in einem Milzgefäß und in der ausgeweiteten Gefäßscheide.

Zusammenfassung.

Unter Heranziehung der Herzluftembolieproben und der Luftbefunde im Subduralspalt und in den Ventrikelräumen des Gehirns wurde an 150 frischen Leichen auf arterielle Luftembolie geprüft.

Bei einer Reihenuntersuchung an hundert laufend anfallenden Leichen (Klinikmaterial) ist die unerwartet hohe Zahl von 36 arteriellen Luftembolien des großen Kreislaufes mit 1—18 cm³ Luft in der Schädelhöhle gefunden worden.

Die Herzluftembolieprobe fiel nur in 3 Fällen positiv aus.

Bei den insgesamt 36 positiven Fällen fanden sich gleichzeitig verschiedenartige Lungenprozesse mit Pleuraverwachsungen bzw. Verklebungen (14), Lungenödem (14), Bronchitis (7) und Bronchopneumonie (7).

Es handelte sich bei der Mehrzahl der Fälle um Luftembolien aus der Lunge.

Von der aus der Schädelhöhle aufgefangenen Luft wurden 4 Gasanalysen durchgeführt, aus denen sich die durchschnittliche Zusammensetzung von 9% Sauerstoff, 4% CO₂ und etwa 87% Stickstoff ergab.

Primär venöse Luftembolien können in den großen Kreislauf übertreten und die Zahl der dort gefundenen Luftembolien vermehren.

Bei abgemagertem Körperzustand, Kachexie, hohem Alter und nach Erregungszuständen sind häufig und relativ große Luftmengen in der Schädelhöhle gefunden worden.

Über Luftembolien an Personen, die in der Psychiatrischen Klinik verstarben, wird berichtet.

Eine Vielzahl histologischer Kontrolluntersuchungen wurde durchgeführt. Kennzeichnende Spaltbildungen im Organgewebe durch Luftinfiltration werden dargelegt und zur Abbildung gebracht.

Luftembolien an der Leiche können bei geeigneten Nachweismethoden häufig gefunden werden.

Literatur.

Eigene Arbeit „Über Nachweis und Ursache der Aspirationsluftembolie aus der Lunge“ (Virchows Arch. **321**, 77) mit Angabe weiteren Schrifttums. Ausführlicheres Verzeichnis findet sich zum Schluß zweier Arbeiten von W. FELIX und H. LOESCHCKE [Bruns' Beitr. **179**, H. 3 (1950)].

Dr. med. W. SCHUBERT, Rostock, Pathologisches Institut.
