

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

## Über einen makroskopischen Nachweis von Luftembolien im Organgewebe durch Fixierung im Unterdruckraum in Formalin im Anschluß an die Sektion.

Von

W. SCHUBERT.

Mit 7 Textabbildungen.

(Eingegangen am 23. Oktober 1951.)

Im Rahmen einer größeren Reihen- und Gruppenuntersuchung von nunmehr über 150 Leichen hatte sich ergeben, daß Luftembolien im großen und kleinen Kreislauf wesentlich häufiger sind als bisher angenommen wurde. So fanden sich bei einer Reihenuntersuchung an 100 laufend anfallenden Leichen der hiesigen Klinik allein 36 Luftembolien, die hauptsächlich durch makroskopische Luftbefunde in den Ventrikelräumen des Gehirns (Methode von Prof. LOESCHCKE) und im Subduralspalt belegt wurden. Nachprüfungen an unter Wasser bzw. Sperrflüssigkeit aufgefangenen Gasmengen ergaben, daß es sich durchschnittlich um eine gasanalytisch ermittelte Zusammensetzung handelte, die etwa der Alveolarluft entspricht, wobei der  $O_2$ -Gehalt durchschnittlich auf 9% erniedrigt ist. Die beobachteten und zum Teil gemessenen Luftmengen aus der Schädelhöhle betrugen häufig 1—5 cm<sup>3</sup>, in wenigen Fällen bis zu 18 cm<sup>3</sup>. Histologisch ergaben sich Anhaltspunkte dafür, daß sich der makroskopische Luftbefund mit dem Grad der mikroskopisch erkennbaren Gewebsveränderung keineswegs zu decken brauchte. Es erschien dringendes Gebot, die oben beschriebenen Befunde, die weitgehend von den bisherigen Erfahrungen abwichen, weiterhin zu überprüfen und wenn möglich zu sichern. Es sollte versucht werden, den Nachweis ins Gewebe zu verlegen, wobei von vornherein klar war, daß hier irgendwelche Färbemethoden oder ähnliches nicht zum Ziele führen konnten. Physikalische Eigenschaften der Luft selbst mußten zum Nachweis herangezogen werden. Man wird sich des idealen Gasgesetzes von BOYLE-MARIOTTE  $p \cdot v = c$  erinnern, wonach in besonders hohem Maße Luft bzw. Gas sich bei *Unterdruck* ausdehnt bzw. bei *Überdruck* komprimierbar ist. Bei Körpern des festen oder flüssigen Aggregatzustandes sind derartige Volumenschwankungen nicht möglich oder halten nicht Schritt. Eine geeignete Apparatur wurde entwickelt.

*Anordnung des Gerätes zur Erzeugung meßbarer Unterdrucke.*

Als luftdicht verschließbarer Raum wurde ein Exsiccator benutzt, wie er im Handel erhältlich ist. Die Dichtung der plangeschliffenen Flächen geschieht in üblicher Weise mit Vakuumfett. Zur Erzeugung des Unterdruckes wird dieser Raum an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen; in den Druckschlauch ist unter Vorschaltung einer WULF-schen Flasche ein Dreiwegehahn eingeschaltet, von dem eine weitere Verbindung zu einem offenen Quecksilbermanometer führt. Diese

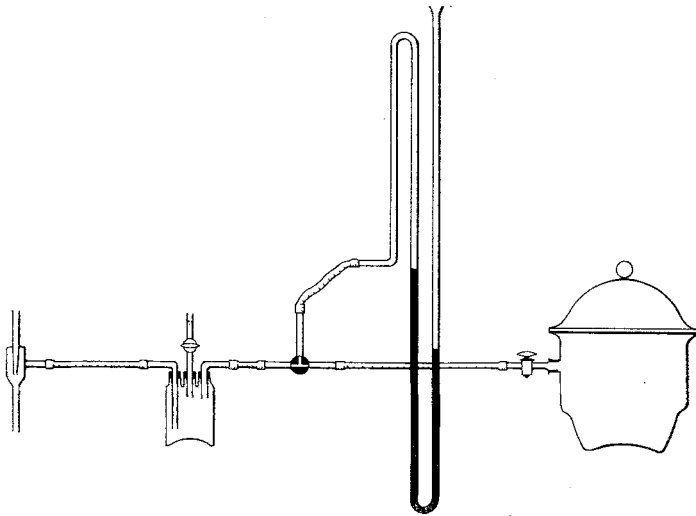


Abb. 1. Gerät zur Fixierung von Organen im Unterdruck.

Verhältnisse werden nochmals übersichtlich in einer Skizze (Abb. 1) dargetan.

Bei den von mir durchgeführten Untersuchungen hat sich ein Unterdruck von 350—250 mm Hg absolut (rund 400—500 mm Hg unter dem Atmosphärendruck) als zweckmäßig erwiesen, da sich bei diesem Druckbereich — soweit primär Gasblasen im Gewebe vorhanden sind — runde Löcher mit glatter Wand im Verlauf von Gefäßen oder in Anlehnung an dieselben ausbilden. Bei geringeren Drucken treten mehr Zerspaltungen des Gewebes auf. Bei höheren Drucken dehnt sich die Luft nicht genügend aus. Als Fixierungsmittel wurde Formalin in meist etwas höherer Konzentration als 10% (12—15%) benutzt, das zu Beginn des Versuches in den Exsiccator mit den Organen zusammen hineingegeben wird. In der Zeit von wenigen Stunden nach Erzeugung des Unterdruckes, der in entsprechender Höhe am Manometer abgelesen werden kann und später statisch durch Abschluß des Exsiccators erhalten bleibt, beginnen die Organe in der Regel zu schwimmen. Vier bis

fünf Tage sind die Organe meist in diesem Zustand belassen worden. Im Anschluß an die Herausnahme wurden die Organe und Organteile in Scheiben geschnitten, wobei sich die schon oben beschriebenen Löcher multipel im Gewebe gelegen und regellos verteilt schon makroskopisch deutlich sichtbar zeigten. Um Vergleichsmöglichkeiten zu haben, wurde insbesondere beim Gehirn nur eine Hälfte in den Unterdruckraum eingelegt, während die andere normal bei Atmosphärendruck fixiert wurde.

Im ganzen sind bisher im Anschluß an 11 Sektionen die oben beschriebenen Untersuchungen vor allem am Gehirn durchgeführt worden. Weiterhin sind Niere und Leber von einem Kaninchen eingelegt worden, nachdem dieses über längere Zeit mit kleinen Luftinjektionen in die Ohrvene, also lediglich durch Luftembolie getötet worden war. Hier stellten sich die Gefäße als weitgestellte runde Löcher auf den Schnitten dar mit typischer Lokalisation an der Niere, im Fettgewebe des Beckens einerseits und an der Grenze von Mark und Rinde andererseits (völlig glatte Wandungen). Eine endgültige Klärung brachten aber erst weitere Versuche an 2 Hunden, bei denen von vornherein alles darauf angelegt war, um herauszufinden, ob die oben beschriebenen Löcher nicht auch durch autochthone Gasentbindung im Gewebe im Unterdruckraum oder auf Grund anderer übersehener oder nicht bekannter Einflüsse entstehen können. Bevor daher auf die von mir beobachteten Veränderungen im Organgewebe vom Menschen berichtet wird, sei dieser eben genannte Tierversuch dargestellt. Der eine Hund, dessen Organe näher überprüft wurden, wurde vom hiesigen pharmakologischen Institut nach Laparatomie freundlicherweise zur Verfügung gestellt, nachdem über mehrere Stunden blutdrucksteigernde Substanzen in ihrer Wirkung überprüft worden waren. Zum Schluß des Versuches war bei einem Blutdruck, der immer noch 100 mm Hg betrug, nicht wie sonst üblich, die Tötung durch Injektion von Luft in eine Körpervene, sondern durch Injektion in die rechte Carotis durchgeführt worden. Das Tier krampfte, auffallenderweise setzte aber — wohl infolge einer retrograden Luftfüllung der Kranzgefäße — das Herz sofort aus, während die Atmung noch über 1 min anhielt. Die Sektion wurde unter Wasser durchgeführt unter Aufschlagen der Schädelkalotte, wobei aus dem Subduralspalt mehrere feine Luftbläschen entwichen, während nach Anstich der Ventrikelräume sich eindeutig Luftbläschen nicht beobachten ließen. Gehirn und Zunge, letztere nach Abbindung, wurden herausgenommen; ihre Veränderungen nach 5tägigem Aufenthalt im Unterdruckraum werden in Abb. 2 und 3 (auf der linken Seite) dargestellt. Beim 2. Hund wurde im Gegensatz zum 1. von vornherein darauf geachtet, daß keine Luftembolie eintrat. Er wurde durch intrakardiale Injektion einer Lösung von Magnesiumchlorid getötet. Seine Organe

wurden zusammen mit denen des 1. Hundes unter völlig gleichen Verhältnissen und über die gleiche Zeit in den Unterdruckraum hinein-

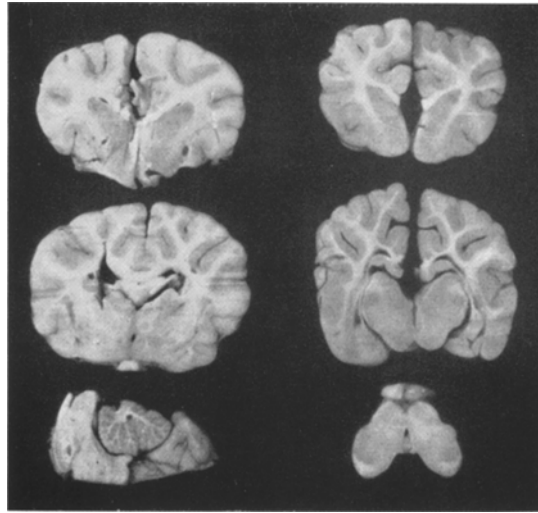


Abb. 2.

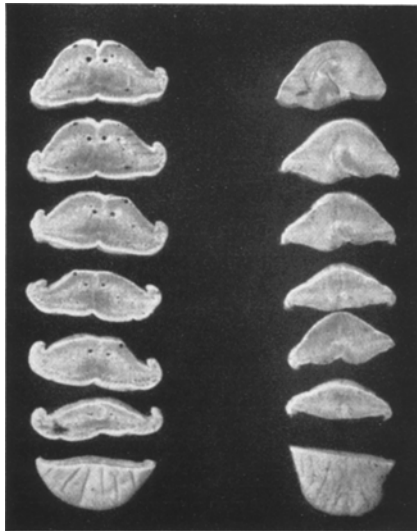


Abb. 3.

Abb. 2 u. 3. Gehirn und Zunge zweier Hunde nach Fixierung im Unterdruckraum bei 250 mm Hg. Linke Seite Organschnitte nach Luftinjektion. Rechts glatte Schnittfläche ohne Zeichen einer Luftembolie.

gegeben. Die aufgefundenen Verhältnisse gibt die rechte Seite der Abb. 2 und 3 wieder. Man erkennt völlig glatte Schnittflächen, auf sämtlichen Schnitten der Zunge wie vom Gehirn fanden sich nicht ein

einziges Gefäß weitgestellt oder entsprechend im Gehirn Löcher. Im Gegensatz dazu fanden sich im Gehirn des 1. Hundes (mehrere Stunden im Versuch und schließlich Luftinjektion in die Carotis) multiple, zum Teil wie ausgestanzt aussehende Löcher, teils in der Rinde und hier meist mehr an der Grenze Mark—Rinde gelegen, teils in Ventrikelnähe, zum anderen in Kernen oder Mark. Auch in der Medulla oblongata und im Kleinhirn waren einige solcher Löcher deutlich zu erkennen. Bei der Zunge ließ sich der Verlauf der symmetrisch und zentral gelegenen

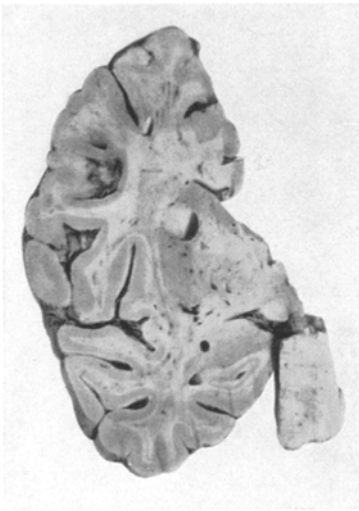


Abb. 4.

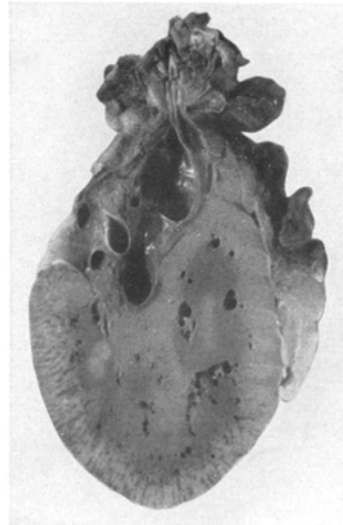


Abb. 5.

Abb. 4 u. 5. Eine Hirnhälfte und Niere nach Fixierung im Unterdruckraum. 57 Jahre alte Frau 3 Tage nach abdomineller Uterusexstirpation verstorben.

Gefäße durch Weitstellung und Luftgehalt bzw. Leere ohne weiteres gut erkennen.

Es ist für den ätiologischen Zusammenhang bedeutsam, daß sich im Organgewebe beim Menschen völlig gleichartige Veränderungen fanden, was nur dahin gedeutet werden kann, daß in der Tat schon primär im Gewebe und hier auf dem Gefäßwege hingelangt, Luft bzw. Luftblasen vorhanden waren. Einen Eindruck eines noch nicht einmal so massiven Befundes vermitteln die Abb. 4 und 5. In der Capsula interna des Gehirns stellt sich ein großes, schräg zur Verlaufsrichtung angeschnittenes Loch dar. Weitere Löcher fanden sich im Nucleus lentiformis und auch einige im Hinterhauptthirn. In der nach Abbindung des Hilus herausgenommenen Niere erkennt man an der Grenze von Mark und Rinde von innen durch Gas weitgestellte Gefäße wie auch gleichartige Weitstellung im Beckenfettgewebe. Es handelte sich um eine

57 Jahre alte Frau in recht gutem Ernährungszustand, die 3 Tage nach einer abdominellen Uterusexstirpation unruhig geworden war und unter Andeutung cerebraler Reizerscheinungen verstorben war. An „Embolie“ war gedacht worden. Anatomisch fanden sich Dehiscenzen in den Facien- und Muskelnähten der Bauchwand, die offenbar postoperativ nicht erkannt waren. Im rechten Herzen fanden sich 2 cm<sup>3</sup> Luft, im Subduralspalt gegen 4 cm<sup>3</sup>, in den Ventrikelräumen des Gehirns etwa 1 cm<sup>3</sup>. Ich halte hier eine venöse Luftembolie aus dem Platzbauch für wahrscheinlich.

Aus der übrigen Zahl weiterer 10 im Unterdruckraum geprüfter Fälle seien nur noch einige Beispiele gebracht, da es sich grundsätzlich um die gleichen Veränderungen mit einer Ausnahme handelte.

Sektions-Nr. 724/51. Tod im Coma diabeticum. Aus den Ventrikelräumen entwich nach Anstich eine unerwartet große Zahl Luftblasen. Nach Fixierung einer Hirnhälfte im Unterdruckraum fanden sich größere und kleinere Löcher in der Capsula interna, im Mark und auch einige in der Rinde. Sektion 2 1/2 Std nach dem Tode.

Sektions-Nr. 716/51. 78 Jahre alter Mann. Peritonitis fibrinosa. Paralytischer Ileus, Bronchopneumonie in beiden Unterlappen, Herzdilatation, dazu wird noch Prostatahypertrophie, Hypertonie und Urämie angegeben. Nach 80 min im Unterdruckraum ist das halbe Gehirn hochgestiegen, steht mit der Kuppe über dem Formalinspiegel und hat sich gedreht. Nach Herausnahme 5 Tage später finden sich in Anlehnung bzw. im Verlauf von Gefäßen in Mark und Rinde und in Kernen regellos verteilt optisch leere Blasen. Löcher auch zwischen den Windungen der Rinde (Luft zwischen den Gyri). Die normal fixierte andere Hälfte des Gehirns läßt bei genauem Hinsehen vereinzelt in Ventrikelnähe kleinere Bläschen erkennen. Mikroskopisch finden sich sehr weitgestellte, optisch leere VIRCHOW-ROBINSche Räume, wie sie durchaus für Luftembolien verwertet werden können.

Von größtem Interesse war ein Fall von Asthma bronchiale, im akuten Anfall verstorben, der besonders schöne Befunde aufwies.

Sektions-Nr. 689/51. 56 Jahre alter Mann, von Beruf Maschinist. Lungenblähung, Tracheobronchitis, Bronchiektasen in allen Lungenabschnitten. Dilatation des Herzens beiderseits, abgelaufene Endocarditis verrucosa der Aorten- und Mitralklappe. Verstärkte Gefäßzeichnung der meningealen Gefäße wie auch der unter dem Ependym verlaufenden Gefäße; Ventrikel- und Subduralprobe läßt kaum 1 cm<sup>3</sup> Luft aus der Schädelhöhle austreten. Im Herzen keine Luft nachweisbar, möglicherweise eine Luftblase links. Nach kurzer Zeit schwamm die eine Hälfte des eingelegten Gehirns schon bei einer Druckerniedrigung um 300 mm Hg unter Atmosphärendruck. Nach vollendeter Fixierung fand sich eine auffallend große Zahl von Löchern insbesondere im Stammhirn und in der Medulla oblongata, wie eine Abbildung auch deutlich wiedergibt. In der Medulla waren noch einige solcher Luftblasen dicht unter der Pia gelegen. Weitere Löcher im Mark (hier mehr längsgestellt), in Ventrikelnähe, aber auch in der Rinde (Abb. 6). Die Nachprüfung an der normalfixierten Hirnhälfte ließ bei genauem Hinsehen im Mark und Rinde vereinzelt kleine Cysten erkennen. Eine klinisch funktionelle Beurteilung solcher Befunde soll noch später erfolgen. Sektion 18 Std nach dem Tode durchgeführt.

Ein praktisch negativer Befund ergab sich bei einem 3 Monate alten Kinde, das an unklarer Ursache außerhalb verstorben war. Es fand sich

eine Isthmusstenose der Aorta bei gleichzeitig bestehendem Status thymolympathicus. In der eingelegten Hirnhälfte hatte sich nur eine einzige Blase im Mark des Hinterhauptirns bei sonst völlig glatten Schnittflächen ausgebildet.

Mikroskopische Nachprüfungen von im Unterdruck fixierten Gewebsteilen mit Gasblasenbildung bestätigten den schon makroskopischen Eindruck, es mit einer glatten und festen, an manchen Stellen geradezu komprimiert erscheinenden Wand zu tun zu haben. In einer größeren



Abb. 6. Linke Hirnhälfte im Unterdruckraum, rechte bei Atmosphärendruck in Formalin fixiert. 56 Jahre alter Mann im Anfall von Asthma bronchiale verstorben.

Zahl dieser Löcher war das dazu gehörige Gefäß noch mit einem Teil des Umfanges in Verbindung (Abb. 7). An anderen Stellen waren insbesondere kleinere Gefäße des Gehirns, aber auch größere in der Niere primär weitgestellt und leer. In der Niere eines Mannes, der nach Operation wegen Kehlkopfcarcinom und später notwendig werdender Tracheotomie an unklarer Todesursache verstorben war, fanden sich bei Serienschnitten teilweise in den Gefäßen Luftfüllungen<sup>1</sup> und in Vorschaltung dazu an einigen Stellen kompakte Ausfüllungen einiger Gefäßlichtungen mit Thrombenmaterial.

Die Gesamtheit der vorstehenden Untersuchung, Beobachtungen an den Organen von Menschen wie auch der beschriebenen Versuchstiere

<sup>1</sup> In letzter Zeit wurde in 3 Fällen an der Niere nach Fixierung im Unterdruckraum bei breiter Schnittführung unter Wasser durch den Hilus das Aufsteigen von mehreren Gasbläschen beobachtet.

mit der bekannten Voraussetzung von Luftinjektionen ermöglicht das Urteil, es bei den vorgefundenen Löchern im Gewebe, die sich zudem meist im Verlauf von Gefäßen fanden und regellos verteilt waren, primär mit Luftembolien zu tun zu haben. Hierfür spricht auch die von Fall zu Fall verschiedene Verteilung und in einigen Fällen gesehene Lokalisation in Gruppenanordnungen, wie sie sich besonders am Gehirn zeigte. Auch bei Fällen, die wenig Gasblasen aufweisen,

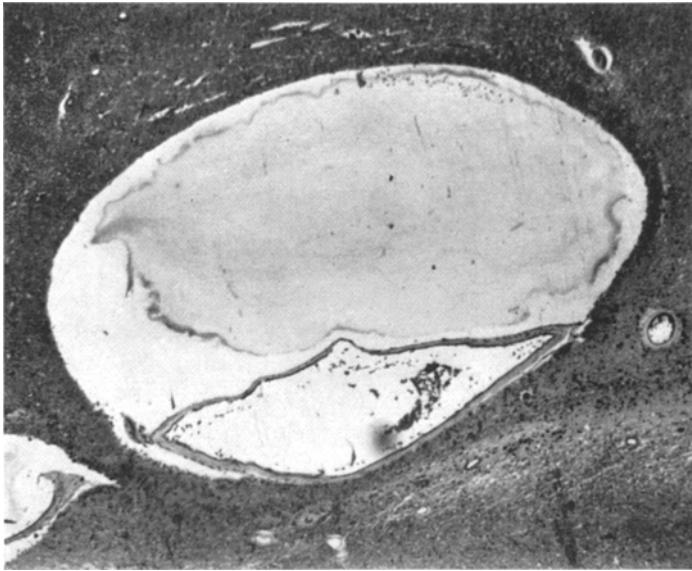


Abb. 7. Abnorm weitgestellter VIRCHOW-ROBINScher Raum im Gehirn nach Fixierung im Unterdruck (histol. Schnitt).

dürfte mit Wahrscheinlichkeit Luftembolie vorliegen; sie bedeuten eine wesentliche Vermehrung der Zahl von Luftembolien, ohne daß sie klinisch in Erscheinung zu treten brauchen. Erst mit den am hiesigen Pathologischen Institut ausgebauten scharfen Nachweismethoden, die zur Erkennung von Luftansammlungen in den liquorerfüllten Räumen des Schädels schon makroskopisch führen, wie mit den nunmehr dargestellten Unterdruckverfahren ist die Feststellung auch solcher feinen Luft einschwemmungen möglich. Dieser Umstand erklärt, daß wir eine große Zahl von Luftembolien insgesamt gefunden haben.

Ein neuer, scharfer und *intravitaler* Luftemboliennachweis ist zur Zeit in Vorbereitung.

Über den Zeitpunkt des Eintritts von Luft in die Blutbahn kann man sich heute noch kein abschließendes Urteil bilden. Im Schrifttum liegen schon einige Vermerke derart vor, daß Luftembolien ohne weiteres



überlebt werden können. Ich halte für unwahrscheinlich, daß die von mir beobachteten Luftembolien lediglich in der Agonie entstanden sind. Soweit nicht primär venöse Luftembolien vorliegen, entstehen meiner Erfahrung nach solche vor allem bei dyspnoischen Zuständen. Diese Erfahrungen schließen sich, an klinische Beobachtungen an, und eine der weiteren Aufgaben wird sein, der klinischen Bedeutung feiner und diffuser arterieller Luftembolien aus der Lunge, die längst nicht immer zu cerebralen Reizerscheinungen führen (Druckgefühl und Kopfschmerz wird des öfteren von solchen Patienten angegeben), nachzugehen und ihre Existenz zu beweisen. Das eigenartige, auch noch klinisch nicht restlos geklärte und therapeutisch doch recht schwer beeinflussbare Krankheitsbild des Asthma bronchiale scheint für solche Untersuchungen einen geeigneten Ansatzpunkt zu bieten.

#### *Zusammenfassung.*

Über eine bisher nicht bekannte Fixierungsmethode von Organen oder Organteilen im Unterdruckraum und Formalin zur Prüfung auf arterielle Luftembolien wird berichtet. Die Fixierung hat bei einem Unterdruck von 350—250 mm Hg absolut über mehrere Tage zu erfolgen. Primär im Gewebe vorhandene Luftblasen stellen sich weit dar und können später als Hohlräume schon makroskopisch erkannt werden. Über entsprechende Befunde an Gehirnen, Niere und anderen Organen bei Mensch und Tier wird berichtet. Dieser Nachweis ergänzt die eigenen Untersuchungen und Befunde einer unerwartet hohen Zahl von Luftembolien aus der Lunge und bestätigt weiterhin die bisher vorliegenden mikroskopischen Beobachtungen.

#### **Literatur.**

DYRENFURTH: Dtsch. Z. gerichtl. Med. **3**, 145. — FELIX, WILLI, u. HERMANN LOESCHKE: Bruns' Beitr. **179**, 321 (1950). — LOESCHKE, HERMANN: Z. inn. Med. **1950**, H. 19/20, 631. — RICHTER, M.: Die Untersuchung bei plötzlichen Todesfällen. In LOCHTES gerichtl. und polizeiärztliche Technik. Wiesbaden 1914. — ROER, HERMANN: Med. Klin. **1949**, 1157. — Virchows Arch. **320**, 80 (1951). — RÖSSLE, ROBERT: Virchows Arch. **313** (1944); **314**, 511; **315**, 461. — SCHMIDT, GÜNTHER: Ein Fall von multipler Cystenbildung im Neugeborenenhirn und der Versuch seiner Deutung. Diss. Rostock 1951. — SCHUBERT, WERNER: Virchows Arch. **321**, 77 (1951); **322**, 472 (1952). — SCHOENMACKER, J.: Virchows Arch. **318**, 234; **318**, 48.

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