

## **Die Bedeutung der mikroskopischen Untersuchung der mittleren und kleineren Äste der Arteria pulmonalis für die Diagnose der Luftembolie\* \*\***

**G. Adebahr, G. Weiler und M. Riße**

Institut für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Essen-GHS, Hufelandstraße 55, D-4300 Essen 1, Bundesrepublik Deutschland

### **The Importance of Microscopical Investigation of the Middle and Little Branches of the Pulmonary Artery for Diagnosis of an Air Embolism**

**Summary.** Histomorphological demonstration of an air embolism in the blood of the right chamber of the heart can be altered as a result of the influence of barbiturates, during reanimation, the cause of which is an air embolism in the pulmonary circulation or in injuries to the lungs.

**Key word:** Air embolism, histomorphological demonstration

**Zusammenfassung.** Der histomorphologische Nachweis der Luftembolie im Blut des rechten Herzens kann abgewandelt werden. Das geschieht durch Einwirkung von Barbituraten, kommt bei Reanimationsmaßnahmen vor, deren Anlaß eine Luftembolie im kleinen Kreislauf ist und wird bei Verletzung der Lungen beobachtet.

**Schlüsselwort:** Luftembolie, morphologischer Nachweis

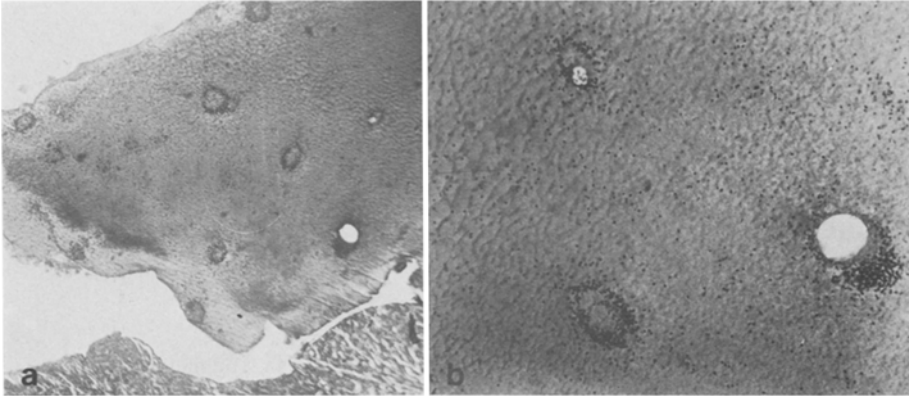
Luftembolie ist – wie jede Embolie – als Vorgang eine vitale Reaktion. Morphologisch ist sie aber nicht so leicht zu beweisen wie Embolie von Fettsubstanzen, Zellkomplexen oder Thromben. Das gilt für die Luftembolie im kleinen und im großen Kreislauf.

Bei der massiven Luftembolie im kleinen Kreislauf ist die Überlebenszeit meistens kurz. Das Blut, das mit der Luft zuerst in Berührung kommt, steht aber am längsten mit ihr in Kontakt. Die in eine Vene eingedrungene Luft wird mit dem Blutstrom in Venen größeren Kalibers und schließlich in die rechte Herzkammer transportiert. Hier verbleibt die Luft eine Zeitlang, wenn das Volumen

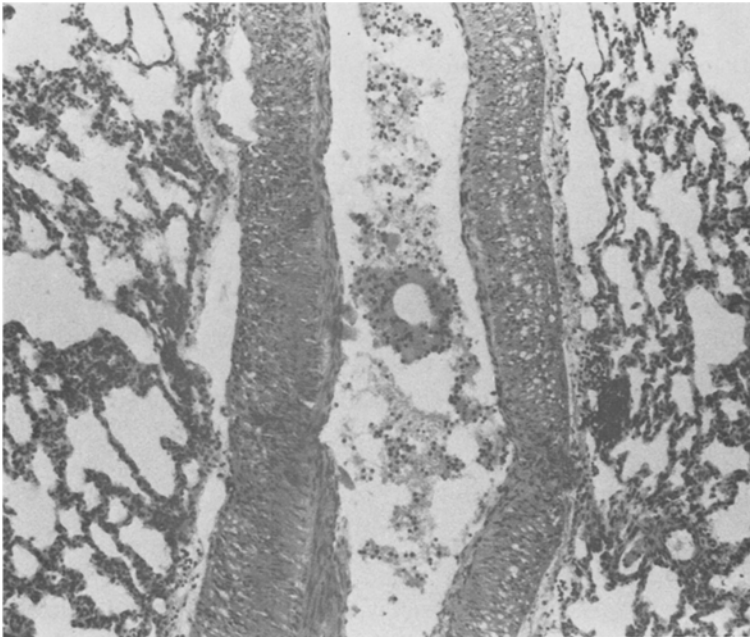
\* Herrn Prof. Dr. med. H. Schweitzer zur Vollendung des 65. Lebensjahres gewidmet

\*\* Nach einem Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin in Lübeck vom 6.–10. 09. 1983

*Sonderdruckerfragen an:* Prof. Dr. G. Adebahr (Adresse siehe oben)

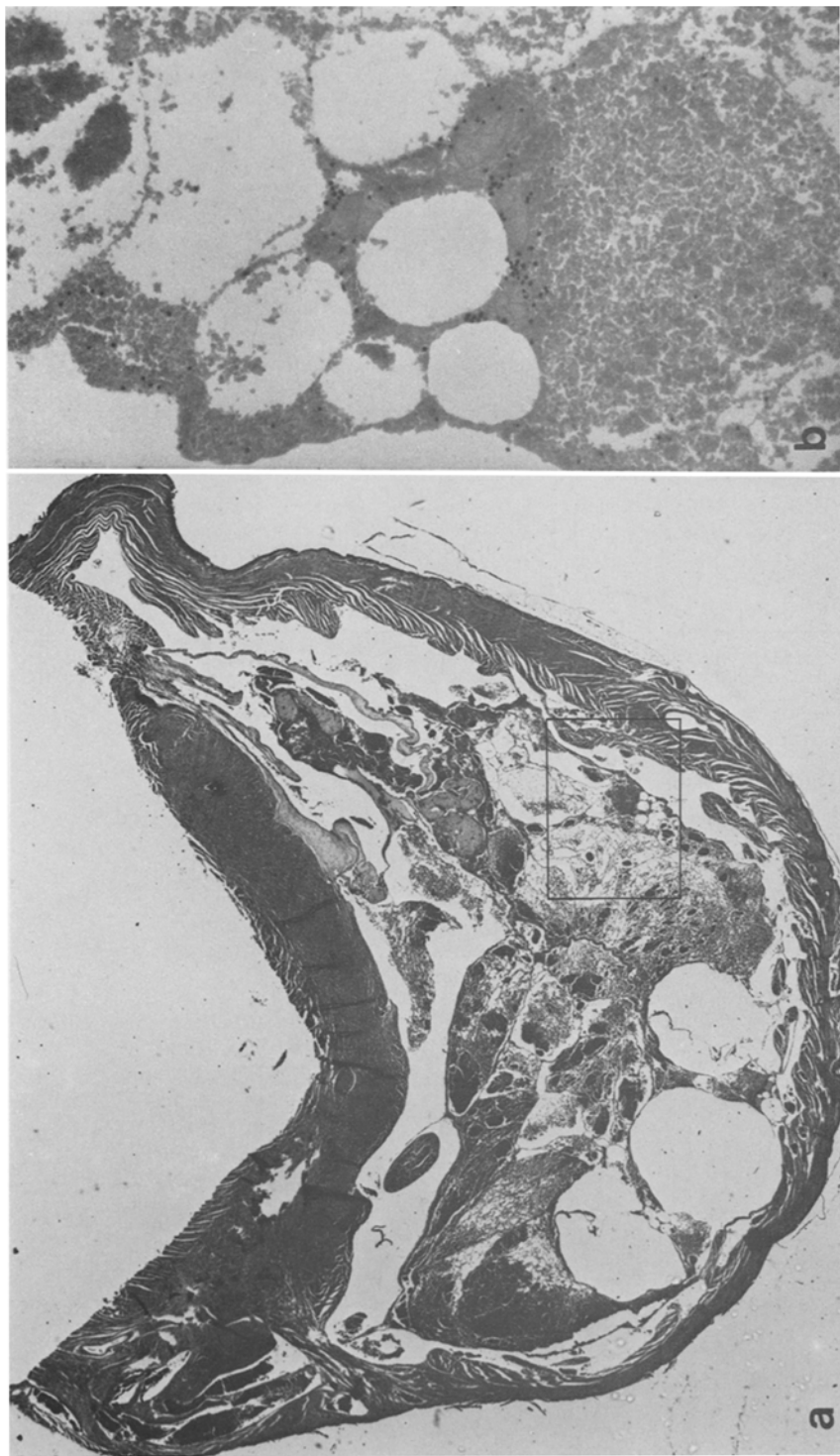


**Abb. 1.** a 2,50 kg schweres Kaninchen. Injektion von  $3 \times 2$  ml Luft. Überlebenszeit 20 min (vom Beginn der 1. Injektion an gerechnet). Ansammlung von Leukozyten am Rand von Luftblasen im Blut des rechten Herzens. HE, Vergr.  $80\times$ . b Ausschnitt aus a. HE, Vergr.  $82\times$



**Abb. 2.** 1,39 kg schweres Kaninchen. Veronalvergiftung. Postmortale Konzentration von Veronal-Natrium im Blut  $24,3$  mg %. Injektion von  $4 \times 0,5$  und  $3 \times 1,0$  ml Luft 4 Std und 15 min nach Verabreichen von  $300$  mg Veronal-Natrium pro kg Körpergewicht. Überlebenszeit (von Beginn der 1. Luftinjektion an gerechnet) 1 Std und 42 min. Von Thrombozyten und Leukozyten umgebene Luftblase in einem größeren Ast der Arteria pulmonalis. HE, Vergr.  $95\times$

der Luft nicht sehr klein ist. Sie vermischt sich mit Blut, das durch die Herzaktion oft schaumig wird. In die Arteria pulmonalis und ihre Äste gelangt nur ein Teil der Luft. Daher ist eine Reaktion von Seiten des Blutes auf den Fremdkörper Luft am ehesten im Blut des rechten Herzens zu erwarten. Das wurde im Experiment am Kaninchen [1, 2] und bei Todesfällen durch Luftembolie im kleinen



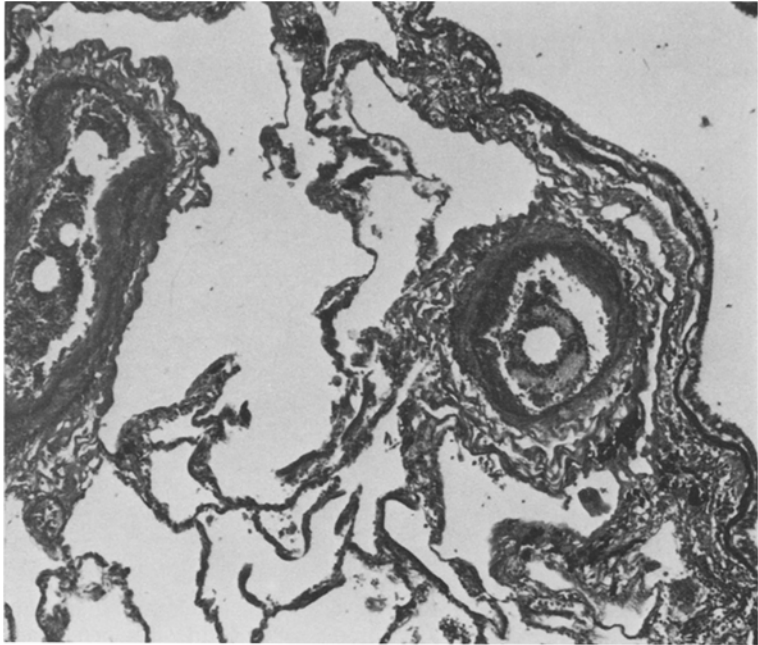
**Abb. 3.** a 1,30 kg schweres Kaninchen. Veronalvergiftung. Postmortale Konzentration von Veronal-Natrium im Blut 41 mg %. Injektion von  $2 \times 1$  ml Luft 3 Std und 40 min nach Verabreichen von 300 mg Veronal-Natrium pro kg Körpergewicht. Überlebenszeit 24 min (von Beginn der 1. Luftinjektion an gerechnet). Unterschiedlich große Luftblasen im Blut des rechten Herzens. HE, Vergr. 28,5  $\times$ . b Ausschnitt aus a. Ansammlung von Thrombozyten und einigen Leukozyten am Rand kleinerer Luftblasen. HE, Vergr. 95 $\times$

**Tabelle 1.** Ursachen der Luftembolie im kleinen Kreislauf bei 52 Fällen (1950-1983)

Abtreibung	26
Abtreibung in Verbindung mit Luftembolie im großen Kreislauf bei offenem Foramen ovale	2
Halsschnitt bzw. Halsstich	11
Anlegen eines Pneumoperitoneum	2
Luftfüllung eines Hüftgelenks	1
Revision eines arterio-venösen Shunts bei Dialyse	1
Entnahme von Knochenmark	1
Luftembolie im kleinen Kreislauf, durch Reanimationsmaßnahmen bei einer Grunderkrankung, die nicht Luftembolie war	4
Luftembolie im kleinen Kreislauf bei Lungenverletzung. Lungenverletzung war Todesursache	4

**Tabelle 2.** Tödliche Luftembolie im kleinen Kreislauf und Reanimationsmaßnahmen

Nr.	S.Nr.	Geschlecht	Alter	Ursache	Dauer der Reanimation in min.	Reanimationsverletzungen	Probe nach Richter
1	23/59	Weibl.	38	Anlegen eines Pneumoperitoneum	10	Keine	Negativ
2	133/61	Weibl.	9	Luftfüllung eines Hüftgelenks	80	Keine	Positiv
3	153/74	Weibl.	22	Anlegen eines Pneumoperitoneum	30	Bruch der 5. u. 6. Rippe links	Positiv
4	63/78	Weibl.	12	Revision eines a-v-Shunts bei Dialyse	95	Bruch der 1.-5. Rippe links, Pneumothorax links u. rechts, interstitielles Emphysem	Negativ
5	214/81	Weibl.	42	Abtreibung	10	Fraktur der 3.-9. Rippe links	Positiv
6	392/81	Weibl.	57	Entnahme von Knochenmark aus der Beckenschaukel	45	Keine	Negativ

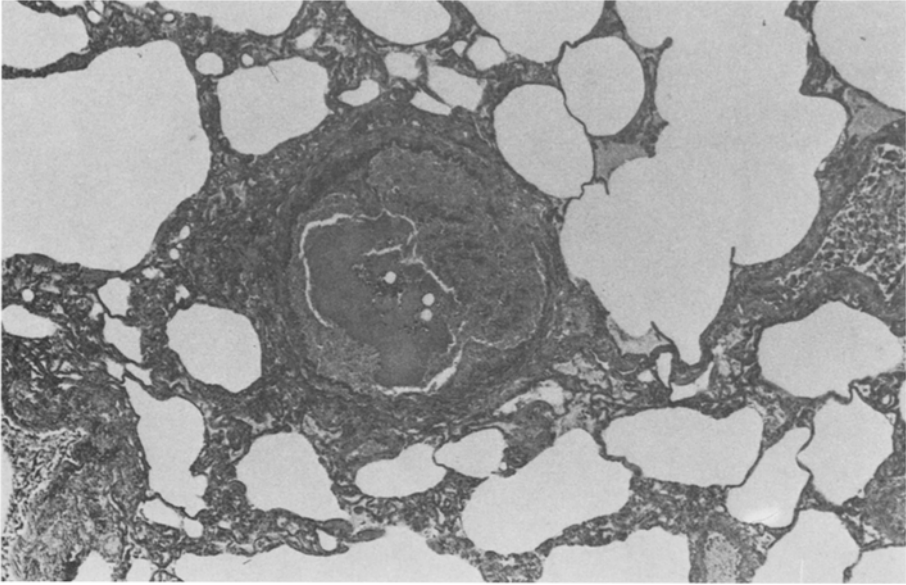


**Abb. 4.** Sekt.-Nr. 392/81, weibl., 57 Jahre alt. Kammerflimmern beim Umlagern nach Entnahme von Knochenmark aus dem Beckenknochen. Reanimationszeit 45 min. Keine Verletzung an Rippen und Sternum; kein interstitielles Emphysem, kein Pneumothorax. Probe nach Richter negativ. Von Thrombozyten und Erythrozyten umgebene Luftblase in einem mittleren Ast der Arteria pulmonalis. EvG, Vergr. 115  $\times$ . Fettfärbung negativ

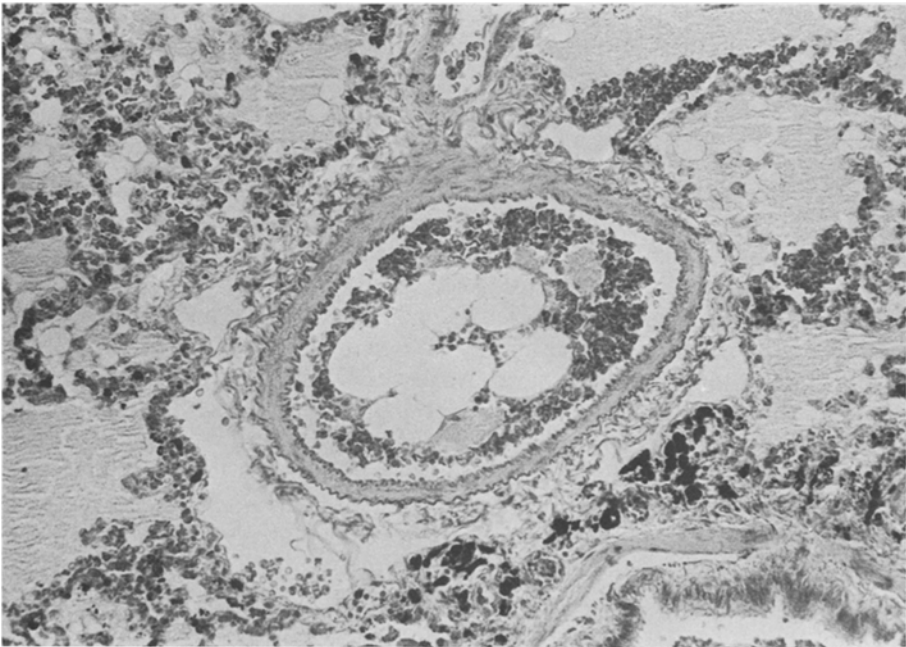
Kreislauf beim Menschen [2, 3] bewiesen. Schon nach wenigen Minuten finden sich nämlich am Rand der Luftblasen Leukozyten-Kränze (Abb. 1 a, b) und Ansammlungen von Thrombozyten. Aber auch ohne erkennbaren Kontakt mit Luftblasen entstehen kleine Gerinnungszentren, die sich überwiegend aus Thrombozyten zusammensetzen. Diese können, wie von Leukozyten und Thrombozyten umgebene Luftblasen (Abb. 2), in die Arteria pulmonalis emboliert werden, erreichen aber erfahrungsgemäß auch nur deren größeren Äste.

Die morphologischen Befunde als Ausdruck einer vitalen Reaktion auf die in die Blutbahn gelangte Luft können abgewandelt werden. Das kann darauf beruhen, daß die Bedingungen des Lebens verändert sind, daß aus einer *vita normalis* eine *vita reducta* oder gar eine *vita minima* wird. Das wird im Experiment am Kaninchen [4] und auch bei Untersuchungen am Menschen deutlich [5]. Unter der Einwirkung von Barbiturat, Vergiftung oder Narkose, ist die Reaktion der Leukozyten auf den Fremdkörper Luft nur gering, die der Thrombozyten bleibt unverändert (Abb. 3 a,b).

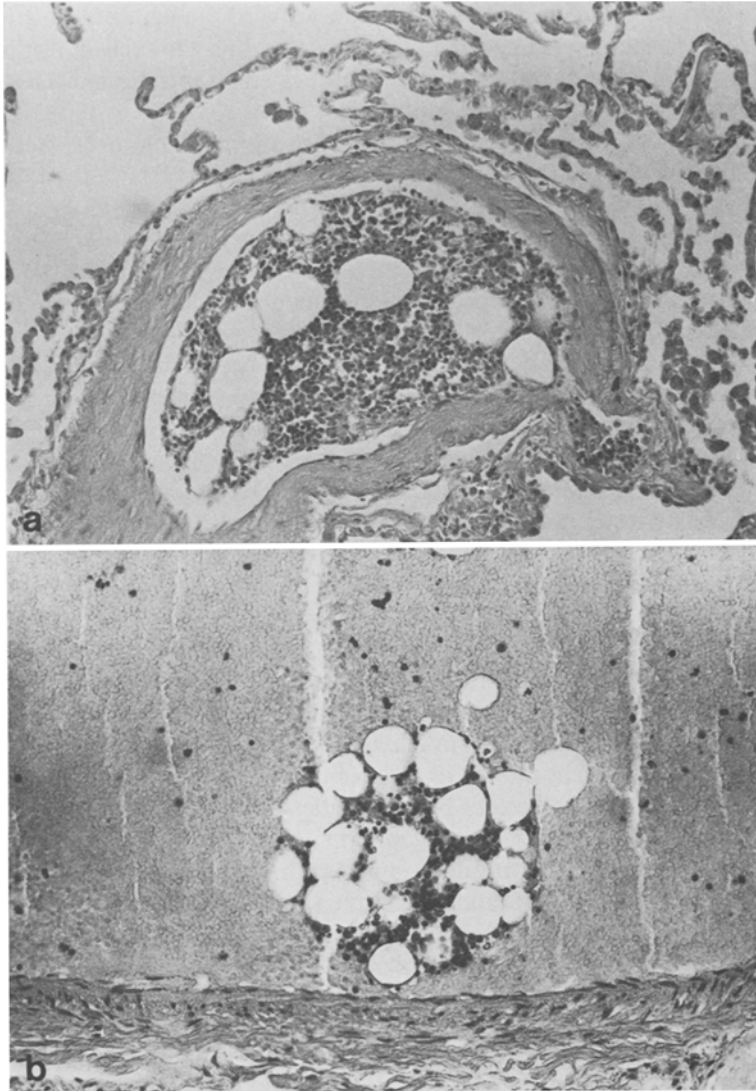
Eine andere Art der Abwandlung des morphologischen Befundes kommt bei Verlängerung der Überlebenszeit und bei Verlagerung des örtlichen Schwerpunktes der zellulären Reaktion zustande. Das ist dann gegeben, wenn bei massiver Luftembolie im kleinen Kreislauf Reanimationsmaßnahmen vorgenommen werden. Durch diese Maßnahmen, vor allem durch die Herz-



**Abb. 5.** Sekt.-Nr. 252/82, weibl., 81 Jahre alt. Tötung durch Stich in die Lunge und Würgen. Überlebenszeit nicht bekannt. Von Thrombozyten und Leukozyten umgebene kleine Luftblasen in einem mittleren Ast der Arteria pulmonalis. HE, Vergr. 115  $\times$ . Fettfärbung negativ.



**Abb. 6.** Sekt.-Nr. 273/75, männl., 15 Jahre alt. Sauerstoffmangel und Einatmung von Perplex unter Plastikbeutel. Reanimationszeit 20 min. Bruch der Rippen 2-5 li, der Rippen 2 und 3 re, jeweils in der mittleren Schlüsselbeinlinie. Kein interstitielles Emphysem, kein Pneumothorax. Luftblasen in einem kleineren Ast der Arteria pulmonalis, stellenweise von Thrombozyten umgeben. HE, Vergr. 152  $\times$ . Fettfärbung negativ.



**Abb. 7. a** Sekt.-Nr. 97/76, männl., 75 Jahre alt. Verbluten ins retroperitoneale Gewebe und in die freie Bauchhöhle bei Ruptur eines Aortenaneurysma. Reanimationszeit 60 min. Keine Verletzung an Rippen und Sternum; kein interstitielles Emphysem, kein Pneumothorax. Knochenmarks-Embolie mit nur wenigen Fettgewebszellen bzw. Fetttropfen. HE, Vergr. 128  $\times$ . **b** Sekt.-Nr. 61/83, weibl., 42 Jahre alt. Narkosezwischenfall vor Beginn der Operation. Bei der Obduktion keine Operationsindikation erkennbar. Reanimationszeit 60 min. Sternum in Höhe der 3. Rippe geknickt. Bruch der Rippen 2 und 3 li und der Rippen 3-5 re, jeweils in der mittleren Schlüsselbeinlinie. Knochenmarksembolie mit relativ vielen Fettgewebszellen bzw. Fetttropfen. Knochenmarkszellen nicht am Rand, vielmehr zum größten Teil in den zentralen Anteilen des Embolus. HE, Vergr. 128  $\times$

massage, wird ein Teil der Luft oder es wird die gesamte Luftmenge aus dem rechten Herzen nicht nur in große, vielmehr jetzt auch in mittlere und kleine Äste der Arteria pulmonalis verlagert. Dann kann die nach Richter benannte Probe auf Luftembolie negativ sein.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang eine Beobachtung von V. Schneider, Klug und Phillips [6]. Die Autoren konnten an der Leiche nach Insufflation von 50 ml Luft in das rechte Herz bei einer äußeren Herzmassage simulierenden Versuch keine Luft mehr zurückgewinnen.

Unter 52 Fällen mit Luftembolie im kleinen Kreislauf waren in 6 Fällen Reanimationsmaßnahmen vorgenommen worden (Tabellen 1 und 2). Bei 3 der 6 Fälle fiel die Probe nach Richter negativ aus. Die morphologische Reaktion war in den mittleren und kleinen Ästen der Arteria pulmonalis am stärksten ausgeprägt (Abb. 4). Dabei überwog die Reaktion von Seiten der Thrombozyten die der Leukozyten. Reanimationsmaßnahmen bei Luftembolie im kleinen Kreislauf führen unter Umständen auch dazu, daß Luft retrograd in Äste der Lebervene gelangt. Man muß demnach bei Verdacht auf Luftembolie im kleinen Kreislauf unter den genannten Voraussetzungen die mittleren und kleinen Äste der Arteria pulmonalis und die Äste der Vena hepatica besonders eingehend untersuchen. Dadurch kann die Verdachtsdiagnose Luftembolie gesichert werden.

Wenn bei Verletzung der Lunge Luft in mittlere und kleine Äste der Arteria und Vena pulmonalis übertritt, bleibt die Luft auch länger mit Blut in Berührung. Denn die *Vis a tergo* ist bei Verletzung eines Gefäßes geringer, weil sich nach Eindringen der Luft in ein verletztes Gefäß Blut aus der Verletzungsstelle entleert und nicht im Gefäß weiter befördert wird. Wegen des länger bestehenden bleibenden Kontaktes des Blutes mit der Luft ist die Reaktion, vor allem die der Thrombozyten, deutlich ausgeprägt (Abb. 5).

Wird eine Verletzung der Lunge durch Reanimationsmaßnahmen bei tödlich verlaufender Grundkrankheit gesetzt, so kann man die in der Regel nicht so stark ausgeprägte zelluläre Reaktion am Rand von Luftblasen, die in die Blutbahn gelangt sind (Abb. 6), als supravitale Reaktion ansprechen.

Die beschriebenen morphologischen Veränderungen als Reaktion auf den Fremdkörper Luft in der Blutbahn lassen sich in der Regel von einer Knochenmarksembolie abgrenzen. Bei Embolie von Knochenmark liegt meistens ein kompakter Embolus aus Knochenmarkszellen und einzelnen Fettgewebszellen oder Fetttropfen vor (Abb. 7a). Überwiegen die Fettgewebszellen bzw. die Fetttropfen, so finden sich die Knochenmarkszellen meistens nicht am Rand der rundlichen Aussparungen, sondern mehr in den zentralen Anteilen des Embolus (Abb. 7b).

## Literatur

1. Adebahr G (1949) Experimentelle Studien über Luftembolie unter Berücksichtigung der cerebralen Form. Dissertation, Köln
2. Adebahr G (1953) Studien zum anatomischen Nachweis der Luftembolie unter Berücksichtigung der morphologischen Verhältnisse des Herzblutes. *Virchows Arch Pathol Anat* 323 : 155-173



3. Adebahr G (1960) Anatomischer Nachweis der Luftembolie im Herzblut. Zentralbl Allg Pathol 101: 347-351
4. Adebahr G, Kupffer A (1967) Morphologischer Nachweis der Luftembolie im Herzblut. Abwandlung des Befundes in der Barbituratvergiftung beim Kaninchen. Dtsch Z Ges Gerichtl Med 61: 1-12
5. Adebahr G, Staak M (1969) Morphologischer Beitrag zur Frage der Verbrauchskoagulopathie bei Luftembolie. Virchows Arch Pathol Anat 346: 224-238
6. Schneider V, Klug E, Phillip W (1983) Die Luftembolie im kleinen Kreislauf – ihr Nachweis an der Leiche. Pathologe 4: 97-102

Eingegangen am 8. November 1983