

## Beitrag zur pulmogenen Luftembolie

**G. Adebahr**

Institut für Rechtsmedizin am Universitätsklinikum der Gesamthochschule Essen,  
Huflandstraße 55, D-4300 Essen 1, Bundesrepublik Deutschland

### **Pulmogenic Air Embolism**

**Summary.** Interstitial emphysema and pulmonic hemorrhage alone are not the causes of pulmonic air embolism. The conditions making the entrance of air from the lungs to the vessels of pulmonary circulation are obviously present only if the expiration pressure is suddenly strongly elevated. Based on this point of view, investigations were performed in autopsy cases—falls from a height, being run over, a gunshot in the abdomen. We have succeeded in proving the entrance of air into capillaries and branches of the pulmonary vein. The precipitation of thrombocytes at the margin of large air bubbles in pulmonary veins shows the finding of air in the vessels as a vital or supravital reaction.

**Key words:** Pulmogenic air embolism – Interstitial emphysema – Intrapulmonic hemorrhage – Air embolism

**Zusammenfassung.** Interstitielles Emphysem und Blutungen ins Lungengewebe stellen als solche nicht die für eine pulmogene Luftembolie notwendigen Voraussetzungen dar. Offenbar sind die Bedingungen für den Übertritt von Luft aus dem Lungengewebe in die Lungenstrombahn nur dann gegeben, wenn der Expirationsdruck plötzlich stark erhöht wird. Unter diesem Aspekt wurden Untersuchungen an Obduktionsfällen – Sturz aus großer Höhe, Überrolltwerden, Schußverletzung des Leibes – durchgeführt. Es gelang, den Übertritt von Luft in Kapillaren und in Äste der Vena pulmonalis morphologisch zu erfassen. Die Ansammlung von Thrombozyten am Rand der Luftblasen in Ästen der Vena pulmonalis weist den Befund als vitale bzw. supravitale Reaktion aus.

**Schlüsselwörter:** Pulmonale Luftembolie – interstitielles Emphysem – Lungenblutung – Luftembolie

Bei der pulmogenen Luftembolie ist Quelle der Embolie Lungenluft, die überwiegend aus den Alveolen stammt. Luftembolie bei perforierenden, auch den Brustkorb eröffnenden Lungenverletzungen bleiben daher außer Betracht. Für

die Entstehung der pulmogenen Luftembolie wird dem interstitiellen Emphysem und der Blutung ins Lungengewebe große Bedeutung beigemessen. Trotzdem dürfte auch heute noch die Auffassung Rössles (1947) zutreffen, daß interstitielles Emphysem und Blutung ins Lungengewebe als solche eine von der Lunge ausgehende arterielle Luftembolie nicht erklären können, daß vielmehr eine pulmogene Luftembolie nur unter bestimmten Bedingungen möglich sei. Diese Bedingungen seien gegeben, wenn die Luft nicht schnell genug auf normalem anatomischem Wege entweichen kann, so daß der Alveolardruck plötzlich weit über den höchstmöglichen Expansionsdruck ansteigt. Entscheidend ist demnach das Plötzliche des Ereignisses. Beispielhaft fand Rössle (1947) die genannten Bedingungen in seinen Untersuchungen über Luft- und Wasserstoß im Experiment am Hund erfüllt. Nach Rössle (1947) wird das von Luft- oder Wasserstoß getroffene Gewebe zunächst zusammengepreßt, dann auseinander gerissen. Liegen Gewebe verschiedener Dichte hintereinander, so werden sie wegen ihrer Trägheit bis zur Zerreißung ihrer Verbindungen verschoben. Nur zu diesem Zeitpunkt soll die Voraussetzung für den Eintritt der Luft aus Lungengewebe in die Blutbahn gegeben sein. Nun hat die Lunge einen funktionellen und einen nutritiven Kreislauf, und dazu gehören jeweils ein arterieller, ein kapillärer und ein venöser Abschnitt. Luft kann demnach in sehr verschiedene Abschnitte der Lungenstrombahn gelangen. Wegen der Struktur des Lungengewebes ist am ehesten damit zu rechnen, daß bei einer Verletzung Alveolarwände und die darin gelegenen Kapillaren zerreißen und daß Luft aus den Alveolen in Kapillaren übertreten kann. Bis heute ist aber noch nicht bewiesen, daß Luft durch Alveolarwand-Kapillaren in Äste der Vena pulmonalis und so in den großen Kreislauf befördert wird. Außerdem läßt sich die Auffassung, bei kleinen optisch leeren Räumen in den Alveolarwand-Kapillaren handle es sich um Äquivalente von Luftbläschen, nach Ausschluß einer massiven Fettembolie und nach Ausschluß von präparativ verursachten Artefakten nicht weiter erhärten. Daher hat der Nachweis von Äquivalenten für kleine Luftblasen in den Alveolarwand-Kapillaren für die Frage einer pulmogenen Luftembolie nur geringen Beweiswert. Da bei der pulmogenen Luftembolie im Grunde nur die arterielle Form wichtig ist, hat die Feststellung großer rundlicher Aussparungen im Blut größerer Äste der Vena pulmonalis entscheidende Bedeutung. Das gilt vor allem dann, wenn zelluläre Reaktionen von Seiten des Blutes vorhanden sind. Daher wurde versucht, bei Todesfällen, in denen es plötzlich zu einer starken Erhöhung des intrapulmonalen Drucks gekommen war, solche Aussparungen histologisch zu erfassen.

#### *Untersuchungsgut*

Untersucht wurden Todesfälle durch Sturz aus größerer Höhe (Tabelle 1), durch Angefahren- oder Überrollt-Werden im Brustkorbbereich (Tabelle 2) und bei Luftstoß durch Nahschuß mit einem Karabiner in den Leib (Tabelle 3).

#### *Methode*

Aus bis zu 5 Lungenabschnitten wurden Gewebsstücke entnommen. Die Fettfärbung erfolgte mit dem Fettfarbstoff Scharlachrot bzw. Sudan-Schwarz B. Die von Paraffin-Blöcken gefertigten Schnittserien wurden mit Hämatoxylin-Eosin und nach van Gieson (Elastica) gefärbt.

**Tabelle 1.** Sturz aus großer Höhe

L.Nr.	S.Nr.	Ge- schlecht	Alter (Jahre)	Sturz- höhe	Lungenbefund	Lungenfettembolie/ Lungenknochenmarks- embolie	Luftblasen in Ästen der Vena pulmonalis	Luftblasen in Lungenkapillaren
1.	188/84	männl.	45	ca. 9 m	Lungenruptur mit Blutung. Interstitielles Emphysem	negativ	negativ	negativ
2.	78/85	männl.	22	ca. 11 m	Lungenruptur mit Blutung	Fettembolie und Knochenmarksembolie leichten Grades	positiv	positiv
3.	235/85	männl.	34	ca. 14 m	Lungenruptur mit Blutung. Interstitielles Emphysem	negativ	positiv	positiv
4.	255/85	männl.	52	ca. 15 m	Lungenruptur mit Blutung. Interstitielles Emphysem	Fettembolie und Knochenmarksembolie leichten Grades	positiv	positiv
5. <sup>a</sup>	280/85	männl.	38	ca. 10 m	Lungencontusion mit Blutung	Fettembolie mäßigen Grades	negativ	negativ
6.	295/85	männl.	58	ca. 9 m	Lungencontusion mit Blutung. Interstitielles Emphysem	Fettembolie leichten Grades	negativ	negativ
7.	299/85	männl.	44	ca. 9 m	Lungenruptur mit Blutung	negativ	positiv	positiv

<sup>a</sup> Der Verletzte überlebte einen Tag; die anderen Verletzten starben kurz nach dem Sturz

Tabelle 2

L.Nr.	S.Nr.	Geschlecht	Alter (Jahre)	Lungenbefund	Lungenfettembolie/ Lungenknochenmarks- embolie	Luftblasen in Ästen der Vena pulmonalis	Luftblasen in Lungenkapillaren
Überrollt-Werden							
1.	639/84	männl.	55	Lungencontusion mit Blutung	Fettembolie leichten Grades	negativ	negativ
Angefahren-Werden im Brustkorbbereich							
1.	71/85	männl.	65	Lungenruptur mit Blutung	negativ	negativ	negativ
2.	121/85	weibl.	3	Lungencontusion mit Blutung	negativ	positiv	negativ
3.	207/85	männl.	85	Lungenruptur mit Blutung. Interstitielles Emphysem	Fettembolie und Knochenmarksembolie leichten Grades	positiv	negativ
4.	302/85	männl.	35	Lungencontusion mit Blutung. Interstitielles Emphysem	Fettembolie leichten Grades	positiv	negativ

Der Tod trat jeweils am Unfallort ein

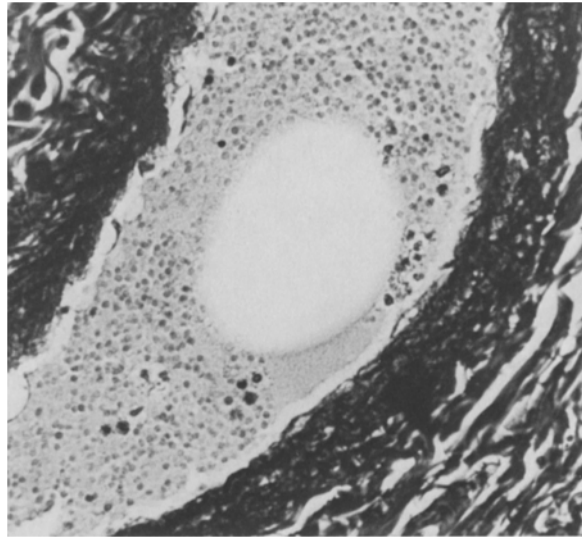
Tabelle 3. Schuß in den Leib

L.Nr.	S.Nr.	Geschlecht	Alter (Jahre)	Lungenbefund	Lungenfettembolie/ Lungenknochenmarks- embolie	Luftblasen in Ästen der Vena pulmonalis	Luftblasen in Lungenkapillaren
1.	664/84	männl.	24	Lungencontusion mit Blutung. Interstitielles Emphysem	negativ	negativ	negativ

Eintritt des Todes kurz nach Erleiden der Schußverletzungen

**Abb. 1–3.** Sekt.-Nr. 78/85, männlich, 21 Jahre alt. Sturz aus großer Höhe. Tot aufgefunden. Oberflächliche Rupturen und kontusionelle Blutungen am rechten Lungenunterlappen. Hämatothorax beiderseits. Bruch der Wirbelsäule

**Abb. 1.** Luftblase in einer Lungenvene. Am Rand Thrombozytenansammlung. Van Gieson (Elastica)



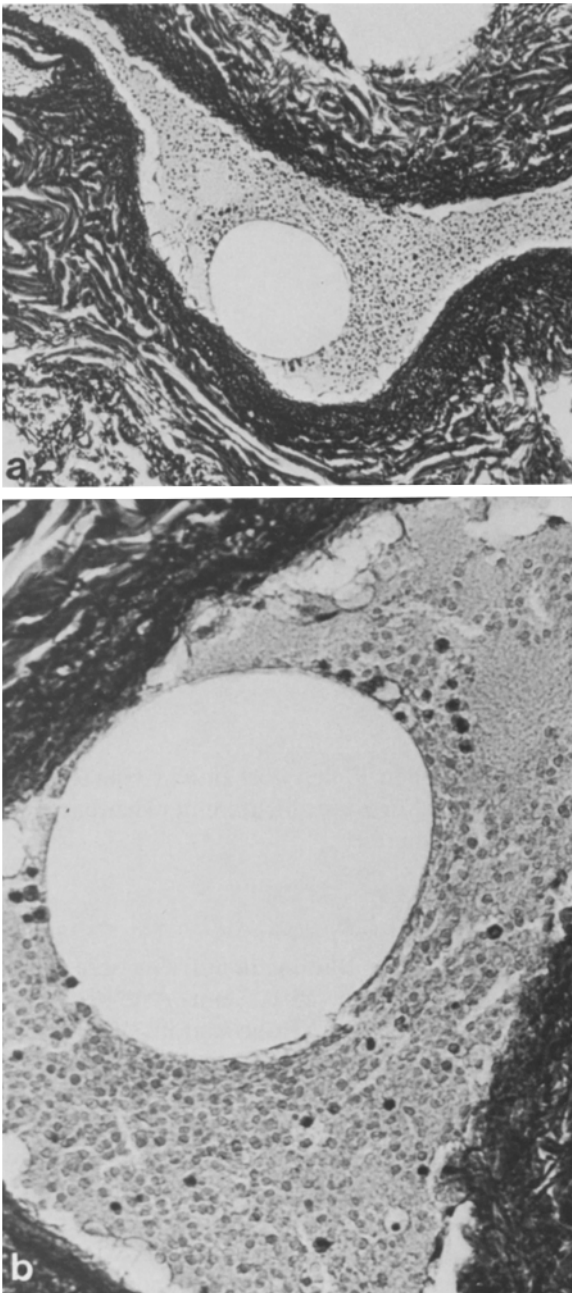
## Ergebnisse

### *Makroskopische Befunde*

Blutungen ins Lungengewebe waren bei allen Fällen vorhanden, eine Verletzung des Lungengewebes war mit bloßem Auge aber nicht immer sichtbar. Ein interstitielles Emphysem fand sich bei 7 Fällen.

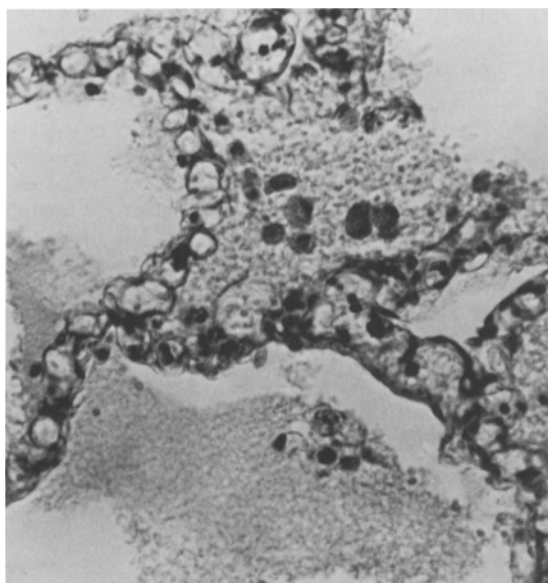
### *Mikroskopische Befunde*

Alle Fälle wiesen unterschiedlich große, frische Blutungen auf. Größere rundliche Aussparungen (ca. 0,1 mm) im Blut größerer (ca. 0,5 mm) Äste der Vena pulmonalis wurden in 4 Fällen bei Sturz aus großer Höhe und in 3 Fällen bei Angefahren-Werden im Thorax-Bereich festgestellt. Diese Befunde zeigten sich auch in von Blutungen freiem Lungengewebe. Am Rand und in der näheren Umgebung dieser Aussparungen fanden sich unterschiedlich große Ansammlungen von Thrombozyten, zwischen denen auch polymorphkernige Leukozyten lagen (Abb. 1, 2a u. b). Der Rand von Fetttropfen in vergleichbarer Größe war stets frei von zellulärer Reaktion. Bei den 4 Fällen, in denen der Tod durch Sturz aus größerer Höhe eingetreten war, zeigten sich außerdem in den Alveolarwand-Kapillaren der vielfach offensichtlich eingerissenen Alveolarwände zahlreiche, dicht beieinander liegende kleine, optisch leere Räume (Abb. 3). Diese hoben sich im Bereich der Blutungen deutlich von den mit Blut gefüllten Alveolen ab. Aber auch am Rand der Blutungen fielen in den Alveolarwand-Kapillaren kleine Aussparungen auf. Die meisten der Kapillaren waren völlig optisch leer und gebläht, andere enthielten noch einzelne Erythrozyten oder etwas wässrige Flüssigkeit.



**Abb. 2. a** Luftblase in einer Lungenvene. Am Rand und in der Nähe Thrombozytenansammlungen. Van Gieson (Elastica). **b** Ausschnitt aus 2a

Fettembolie bzw. Knochenmarkembolie geringen bis mittleren Grades war in 7 der 12 Fälle vorhanden, darunter in 2 der 4 Fälle, in denen größere rundliche Aussparungen mit zellulärer Reaktion im Blut von Ästen der Vena pulmonalis nachgewiesen wurden.



**Abb. 3.** Luftbläschen in Kapillaren der Alveolarwand. HE

### Besprechung der Befunde

Rundliche Aussparungen in Alveolarwand-Kapillaren in Verbindung mit venöser Luftembolie beim Menschen hat Walcher (1935) beschrieben. Der von Ponsold (1939/40) publizierte Fall ist nicht überzeugend. Bei experimenteller venöser Luftembolie am Kanichen hat von Balogh (1939), bei experimentell erzeugtem Detonationstod an der Ratte hat Rössle (1944) einen entsprechenden Befund erhoben. Die hier vorgelegten Befunde entsprechen denen der genannten Autoren. In eigenen Untersuchungen wurden zahlreiche kleine, rundliche Aussparungen in Kapillaren der Alveolarwand auch im Bereich und am Rand von Paltauf'schen Flecken festgestellt. Die vor allem im Übersichtsbild deutlich erkennbare Vielzahl der kleinen, rundlichen Aussparungen ist durch die nur geringe oder mittelgradig ausgeprägte Lungenfettembolie oder durch herausgefallene Erythrozyten nicht zu erklären. Am Gefrierschnitt war der gleiche Befund wie im Paraffin-Präparat zu erheben. Demnach scheiden auch durch das Einbettungsverfahren verursachte Artefakte aus. Es dürfte sich demnach um Äquivalente kleiner Luftblasen in Alveolarwand-Kapillaren handeln.

Für die Frage nach der pulmogenen Luftembolie überzeugender ist aber der Nachweis größerer rundlicher Aussparungen im Blut größerer Äste der Vena pulmonalis mit Thrombozyten-Aggregaten, in denen sich auch polymorphkernige Leukozyten befanden. Durch diese vitale bzw. supravitale Reaktion sind diese Aussparungen histologisch als Luftblasen gekennzeichnet (Adebahr 1949). Eintrittsstelle der Luft dürfte die verletzte Vena pulmonalis sein. Im Überlebensfall könnte eine Luftembolie im großen Kreislauf entstanden sein.

**Literatur**

- Adebahr G (1949) Experimentelle Studien über Luftembolie unter Berücksichtigung der cerebralen Form. Diss, Köln
- Balogh E v (1939) Über die röntgenologisch feststellbare anatomische Grundlage des plötzlichen Herztodes bei Luftembolie (mit ergänzenden experimentellen kinematographischen und histologischen Studien). Verh Dtsch Ges Pathol 31:371–385
- Ponsold A (1939/40) Cerebrale protrahierte Luftembolie bei Abtreibung. Dtsch Z Ges Gerichtl Med 32:255–261
- Rössle R (1944) Über die Luftembolie der Capillaren des großen und des kleinen Kreislaufs. Virchows Arch [A] 313:1–27
- Rössle R (1947) Ursachen und Folgen der arteriellen Luftembolien des großen Kreislaufs. Virchows Arch [A] 314:511–533
- Walcher K (1935) Beobachtungen bei Fettembolie im großen und bei Luftembolie im kleinen Kreislauf. Dtsch Z Ges Gerichtl Med 25:30–40

Eingegangen am 19. Juli 1985