

(Aus dem Gerichtsärztlichen Institut der Universität Breslau.
Direktor: Prof. Dr. Karl Reuter.)

Luftbefunde im Kreislauf bei stumpfer Gewalt gegen den Brustkorb¹.

Von
Dr. med. et jur. Otto Schmidt.

Mit 2 Textabbildungen.

Wirkt eine stumpfe Gewalt gegen den Brustkorb ein, so findet sich in den Lungen fast regelmäßig das Bild des interstitiellen Emphysems: Die Pleura ist in mehr oder minder großen Luftblasen abgehoben, die Luft ist in das interstitielle Gewebe eingedrungen, die Randstellen der Lungen sind besonders bevorzugt. Neben ausgedehntem interstitiellen Emphysem sieht man in solchen Fällen mitunter auch Blutungen im Lungengewebe. Diese Veränderungen deuten darauf hin, daß die Luftdrucksteigerung im Inneren der Lungen im Augenblick der Gewalt-einwirkung eine ganz gewaltige sein muß. Es ist anatomisch erklärlich, daß bei solchen intrapulmonalen Drucksteigerungen auch Luft in das Gefäßsystem gepreßt werden kann. Alle Voraussetzungen für ein Hineingelangen von Luft in den Kreislauf liegen vor: Gewebszerrüttung mit Gefäßeröffnung, Luftdrucksteigerung und Circulationsfunktion.

Über das Zustandekommen von Luftembolien liegen eine Fülle von Einzelbeobachtungen vor. Tierversuche sind, wie sonst wohl selten auf einem Gebiet der Medizin, fast erschöpfend zur Klärung von Fragestellungen herangezogen worden. Gering sind die Mitteilungen darüber, daß auch Luft in das Gefäßsystem bei Erhöhung des Luftdruckes in die Lungen hineingelangen kann. Daß schon bei geringer Druckerhöhung in den Lungen Gas in den Kreislauf übertreten kann, zeigte im Anfang des vorigen Jahrhunderts *Bichat* an Tierversuchen. Er leitete Tieren unter mäßigem Druck Wasserstoff in die Lungen ein und sah an der im Leben eröffneten Art. femoralis brennbare Gasblasen, die dem Blut beigemengt waren, entströmen. Von *Marchand, Beneke*,

¹ Vorgetragen auf der 18. Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin in Heidelberg, September 1929.

Ewald und *Kobert* sind ähnliche Versuche angestellt worden. Die Tatsache, daß beim Menschen eine Luftdruckerhöhung in den Lungen einen Luftübertritt in die Gefäße bewirken kann, stützt sich im wesentlichen auf Beobachtungen an Neugeborenen und Kindern der ersten Lebensmonate. Hierher gehören die Mitteilungen von *Marchand*, *Beneke*, *Henderson*, *Boerschmann* und *Lindblom*, die luftschaumhaltiges Blut bei Behinderung der Atmung im Herzen und in den Gefäßen fanden. Die Zahl der beschriebenen Fälle ist gering. Es sind in der Literatur 12 Fälle erwähnt, bei denen eine Druckerhöhung in den Lungen durch Verlegung der Atemwege, durch Lufteinblasen mittels Katheters oder nach Schulzschen Schwingungen oder nach Vornahme einer Hasenschartenoperation zu einer Luftembolie geführt hat. *Ibsen* berichtet über Luftansammlung im linken Herzen beim Ertrinkungstod, die er durch Einreißen der Capillaren bei angestrengter Atmung erklärt.

Die Frage, ob auch durch eine stumpfe Gewalt gegen den Brustkorb eine Luftembolie entstehen kann, ist bisher nicht sicher festgestellt und beschrieben worden, so erklärlich an sich diese Tatsache auch ist.

Für den Nachweis von Luft im Gefäßsystem verlangt der Fäulniszustand der Leiche besonders kritische Berücksichtigung. Im Laufe des letzten Jahres wurde auf den Luft- bzw. Gasbefund bei den zur Obduktion gelangten Leichen besonders geachtet. Von den Fällen mit Brustkorbquetschung abgesehen, fanden sich nur in einem Falle von allgemeiner Sepsis bei einer Leiche, die äußerlich keinerlei Fäulnisercheinungen bot, allerfeinste Gasblasen im Herzen. Bei Leichen, die sonst frei von Fäulnisveränderungen waren, fand sich in den Herzkammern kein Gas. Ganz im Gegensatz zu diesen Beobachtungen zeigen die Fälle, in denen eine stumpfe Gewalt gegen den Brustkorb eingewirkt hatte, auch ohne daß sich die geringsten Fäulnisercheinungen vorfanden, oft recht erhebliche Gasansammlungen im Herzen. Es lag von vornherein die Vermutung nahe, daß es sich unter diesen Umständen nicht um Fäulnigase handeln komme.

Durch den chemischen Nachweis von Sauerstoff ließ sich der Beweis erbringen, daß hier in der Tat embolische Ausschwemmungen von Luft vorlagen. Die Analyse wurde mit Hilfe der von *Liebig* angegebenen alkalischen Pyrogallollösung, die auch von *Dyrenfurth* zum Sauerstoffnachweis für gerichtlich-medizinische Zwecke verwendet wird, ausgeführt. Sie wurde mit Hilfe eines besonderen Apparates vorgenommen, der die Ausführung der Analyse in dem gleichen, zum Einfangen des Gases benutzten Gefäßes, gestattet und so, wie ich glaube, gegenüber den von *Dyrenfurth* angegebenen Apparaten gewisse Vorzüge hat.

Der Apparat besteht aus einem Mittelstück, einer Glasröhre, die durch 2 Gashähne verschlossen ist und die in ihrem oberen Teil in ein

Ansatzrohr ausläuft, in ihrem unteren Teil trichterartig erweitert ist (Abb. 1).

Zum Einfangen des Gases wird das Mittelstück mit konzentrierter Kalilauge gefüllt. Der zuvor mit Wasser gefüllte, trichterartige Ansatz wird über die Einstichstelle des Herzens, das unter Wasser eröffnet wird, gehalten. Die aufsteigenden Gasblasen sammeln sich so in dem Trichter an und können durch Öffnen des unteren Hahnes in dem Mittelstück eingefangen werden. Die Analyse kann darauf jederzeit vorgenommen werden. Der Apparat eignet sich auch zur Mitnahme für auswärtige Sektionen.

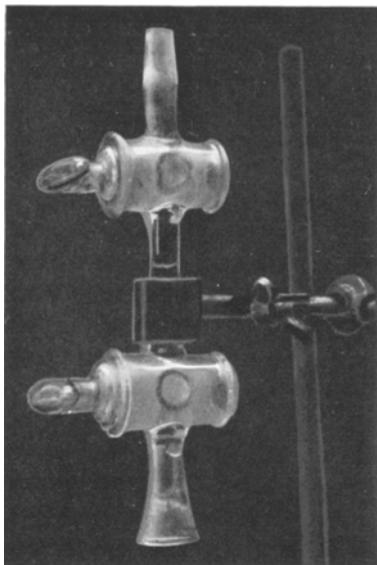


Abb. 1.

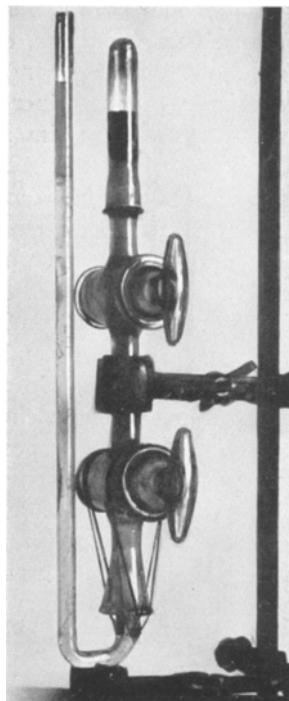


Abb. 2.

Die Analyse wird in der Weise vorgenommen, daß das obere Ansatzrohr mit einem eingeschliffenen Glasgefäß, das mit 2—5 proz. Pyrogallollösung gefüllt wird, verschlossen wird. In den Trichter wird ein U-förmiges Rohr, das mit Kalilauge gefüllt und mit einem Öltropfen abgeschlossen wird, eingesetzt. Zur Vornahme der Analyse werden beide Hähne geöffnet. Bei Anwesenheit von Sauerstoff färbt sich die nunmehr alkalische Pyrogallollösung an der Berührungsstelle mit dem eingefangenen Gas intensiv braun. An dem eingesetzten U-förmigen Rohr läßt sich die Menge des absorbierten Sauerstoffs ablesen und hieraus die Luftmenge berechnen (Abb. 2). In reinen Fäulnisgasen findet sich, wie

experimentelle Versuche bestätigten, kein Sauerstoff, ihre Anwesenheit behindert den Ablauf der Reaktion nicht.

Es ließ sich auch tierexperimentell das Vorkommen luftembolischer Ausschwemmungen im Kreislauf bestätigen. Bei einem Kaninchen, das in Äthernarkose zwei mäßig kräftige Hammerschläge gegen den Brustkorb erhalten hatte und das nach anfänglichem Wohlbefinden nach 30 Minuten plötzlich unter krampfartigen Erscheinungen verstarrt, fanden sich bei der anschließend unter Wasser vorgenommenen Sektion zwei mittelgroße Luftblasen im linken Vorhof. Es bestanden zwei Rippenbrüche ohne Pleuraverletzung. An den Lungen fanden sich ein interstitielles Emphysem und Blutungsherde, in der Bauchhöhle etwa 2—5 ccm Blut, das aus einem oberflächlichen Leberriß stammte.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen fanden sich Luftbeimengungen im Kreislauf bei stumpfer Gewalt gegen den Brustkorb recht häufig. Im Laufe des letzten Jahres gelangten 45 Leichen zur Obduktion, bei denen die Sektion Anhaltspunkte für das Vorliegen einer stumpfen Gewalteinwirkung gegen den Brustkorb ergab.

In 22 Fällen konnte Luft im Herzen oder in Gefäßen nachgewiesen werden. Die Sektionen wurden gemeinsam mit Prof. *Reuter* oder Prof. *Strassmann* ausgeführt. Es gelang oft, erstaunlich hohe Gasmengen bei völlig frischen Leichen aus den Herzkammern einzufangen. Bei einem 16jährigen jungen Manne, der kurze Zeit nach einem Autounfall an den Folgen einer Hirnblutung gestorben war, wurden aus dem rechten Herzen 5 ccm, aus dem linken Herzen 3 ccm eingefangen. Die Leiche bot nicht die geringsten Fäulniserscheinungen, die Sektion wurde 25 Stunden nach eingetretenem Tode ausgeführt. Chemisch ließ sich die Anwesenheit von Sauerstoff in dem eingefangenen Gas deutlich nachweisen. Bei einem 48jährigen Manne, der nach einem Autounfall an der Unfallstelle sofort verstorben war, fanden sich bei der 48 Stunden nach dem Tode ausgeführten Sektion der völlig frischen Leiche etwa 6 ccm Luft in der rechten Herzkammer. Der Tod war bei fehlenden Knochensprüngen an einer ausgedehnten inneren Schädelblutung eingetreten. Die chemische Untersuchung ergab die reichliche Anwesenheit von Sauerstoff in den eingefangenen Gasmengen. In anderen Fällen fanden sich 5 ccm, in 2 Fällen 3 ccm und in 6 Fällen 2 ccm Luft im Herzen. Schon bei Anfüllen des Herzbeutels mit Wasser erwies sich das Herz in einigen Fällen als schwimmfähig und gab bei Beklopfen tympanitischen Klang.

Nach den anatomischen Verhältnissen ist sowohl eine Luftauschwemmung in das rechte wie auch in das linke Herz möglich. Die vorderen Bronchialvenen und die Pulmonalvenen münden in das linke Herz, die hinteren Bronchialvenen und Intercostalvenen münden rechts. Entsprechend fanden sich die Luftpflagen sowohl im rechten wie im linken Herzen. In 5 Fällen war Luft in der linken Kammer, und zwar Mengen bis zu 3 ccm, in 2 Fällen fand sich bei geschlossenem Foramen ovale in der rechten und linken Herzkammer Luft. In 14 Fällen entleerte sich lediglich aus dem rechten Herzen Luft. Das seltener Vorkommen

von Luft im linken Herzen mag darin seine Erklärung finden, daß die Luft hier leichter ausgeschwemmt werden kann und der Nachweis im peripheren Gefäßsystem naturgemäß schwieriger ist, während der kleinere rechte Kreislauf leichter eine Blockade der ausgeschwemmten Luftmenge herbeiführt.

Es war in einigen Fällen auch möglich, Luft in den peripheren Gefäßen nachzuweisen. Der Nachweis gelingt in den Gefäßstämmen, die in ihrer ganzen Länge gut übersehbar sind, am leichtesten. Besonders geeignet sind die Kranzgefäß des Herzens. Man sieht in solchen Fällen an dem uneröffneten Herzen die Luft in feinsten perlchnurartig aneinander gereihten Bläschen, die sich auf Druck verschieben lassen. Auch die Gefäße des Plexus chorioideus sind für den Nachweis von Luft geeignet. In 8 Fällen konnte die Feststellung getroffen werden, daß sich Luft in den Kranzgefäßen vorfand, wobei die Unterscheidung, ob die Luft in den Arterien oder Venen liegt, nicht immer leicht zu treffen ist. In 5 Fällen wurde Luft in den Herzarterien nachgewiesen. Daß es sich in den Fällen stumpfer Gewalteinwirkung gegen den Brustkorb auch um eine generelle Luftausschwemmung im Kreislauf handelt, beweist die Sektion des oben erwähnten 16jährigen jungen Mannes, der 25 Stunden nach eingetretenem Tod im völlig frischen Zustande zur Sektion gelangte und bei dem bei geschlossenem Foramen ovale aus dem rechten Herzen 5 ccm, aus dem linken Herzen 3 ccm Luft eingefangen wurden. Das Herz erwies sich bei der Sektion als schwimmfähig und gab bei Beklopfen tympanitischen Klang. Es fand sich sowohl in den Arterien wie in den Venen des Herzens reichlich Luft. Auch in den feinsten Gefäßen des Plexus chorioideus sah man bei der mikroskopischen Beobachtung ebenfalls feinste Luftschnürchen.

Erklärlich scheint es, daß bei einer generellen Ausschwemmung von Luft in den Kreislauf unter Beteiligung lebenswichtiger Gefäßabschnitte auch der Tod verursacht werden könnte. Unter den bisher beobachteten Fällen findet sich kein Fall, der den Tod lediglich auf diese Weise erklärte. Meist handelt es sich um Auto-, Eisenbahn- oder Straßenbahnunfälle. In einem Fall war Sturz von der Höhe, ein anderes Mal Brustkorbquetschung durch ein Balkengerüst bei Einsturz von Erdarbeiten, in einem anderen Fall Mißhandlung eines 1jährigen Kindes durch Schleudern gegen einen Baumstamm in Tötungsabsicht die Ursache der Thoraxkontusion. Es liegt in der Natur derartiger Gewalt einwirkungen, daß auch der übrige Körper in weitestem Maße mitbetroffen wird. Es fanden sich bei den Verletzten Schädelbrüche, Hirnblutungen, oft ausgedehnte Becken- und Oberschenkelbrüche, Leber- und Nierenzerreißen, die als die eigentliche Todesursache angesprochen wurden. Stets lag eine mehr oder minder ausgedehnte Fettembolie der Lungen vor. Bei umfangreichen Schädelzertrümmerungen unter

Eröffnung der basalen Sinus wäre an die Möglichkeit zu denken, daß die Luft durch die Basalblutleiter angesaugt wurde. Doch wurde in 5 Fällen, ohne daß Schädelbrüche vorlagen, auch Luft im Herzen gefunden. Stets zeigten die Lungen das bekannte Bild des interstitiellen Emphysems mit traumatischen Blutungsherden oder es fanden sich als Ausdruck für die vorangegangene Brustkorbquetschung Durchblutungen in der Muskulatur. Rippenbrüche waren häufig, aber keineswegs immer vorhanden.

Das Alter der Verstorbenen schwankte beträchtlich. Das Kindesalter mit seiner Nachgiebigkeit der Knochen scheint für das Zustandekommen einer Luftembolie durch stumpfe Gewalt besonders geeignet. Unter den 22 bisher beobachteten Fällen waren 4 Personen unter 10 Jahren und 3 unter 20 Jahren.

Meist handelt es sich um plötzliche Todesfälle. 5 Verunglückte überlebten den Unfall 20 Minuten bis $1\frac{1}{2}$ Stunden. 2 Fälle wurden klinisch behandelt. In einem dieser Fälle trat der Tod erst nach 7 Stunden ein. Nach dem Sektionsbefund zu schließen, scheint hier die luftembolische Ausschwemmung nicht ohne Bedeutung für den Eintritt des Todes gewesen zu sein.

Es handelt sich um ein $3\frac{1}{2}$ -jähriges Mädchen, das am 29. IX. 1928 gegen 5 Uhr nachmittags unter den Anhänger eines Lastautos geriet. Das Kind soll an der Unfallstelle erbrochen haben. Es befand sich nach dem Unfall in der elterlichen Wohnung leidlich wohl, war vergnügt und klagte nur ab und zu über Schmerzen. Ein hinzugezogener Arzt, der das Kind untersuchte, konnte nichts Besonderes feststellen. Da das Kind langsam verfiel, ordnete der nochmals hinzugezogene Arzt die Überführung in die chirurgische Universitätsklinik an. Das Kind wurde 6 Stunden nach dem Unfall dort aufgenommen, es sah sehr blaß aus, bot schwere Shockerscheinungen, die Herzschläge waren leise, die Herzreaktion regelmäßig, aber stark beschleunigt. Es fand sich kein Mühlengeräusch. In der unteren Bauchgegend über dem Leistenkanal fand sich ein ausgedehntes Hämatom. Trotz größerer Mengen Camphers, Coffeins und Kochsalzinfusion trat nach $1\frac{1}{4}$ Stunden unter allmählicher Herzschwäche der Tod ein. Die Sektion wurde 60 Stunden nach eingetretenem Tode gemeinsam mit Prof. *Strassmann* vorgenommen. Die Leiche zeigte keine Fäulniserscheinungen, es fanden sich keine Knochenbrüche oder Organzerreibungen. In der rechten Beckengegend fand sich ein subperitoneales Hämatom. Es bestand eine nicht sehr hochgradige allgemeine Anämie der Organe und in den Lungen neben ausgedehntem interstitiellen Emphysem und traumatischen Blutungsherden eine Fettembolie mäßigen Grades. Aus dem Herzen, das unter Wasser eröffnet wurde, entleerten sich 2 ccm Luft. Die nachträgliche Besichtigung des Herzens ergab, daß bei der Eröffnung des Herzens das Septum durchstoßen war, so daß eine genauere Lokalisation der Luftausschwemmung sich nicht treffen ließ.

Die Gasanalyse wurde in liebenswürdiger Weise von Herrn Med.-Rat *Dyrenfurth* ausgeführt. Sauerstoff konnte nicht festgestellt werden. Doch möchten wir nach den Erfahrungen, die wir im Laufe des letzten Jahres über derartige Fälle gesammelt haben, meinen, daß es sich bei dem Fehlen irgendwelcher Fäulnis oder infektiösen Erkrankung doch um Luftbeimengung gehandelt hat, deren Nachweis vielleicht aus Asservierungsmängeln nicht glückte. Maßanalytische Untersuchungen

ergaben, daß der prozentuale Sauerstoffgehalt, der in den Kreislauf verbliebenen Luft meist geringer gefunden wurde, als es der atmosphärischen Luft entspricht, so daß man an nachträgliche Absorptionsvorgänge wird denken müssen.

Auf das häufige Vorkommen luftembolischer Ausschwemmungen bei Einwirken einer stumpfen Gewalt gegen den Brustkorb sollte an dieser Stelle kurz hingewiesen werden. Der Nachweis, daß es sich um Luftbeimengungen und nicht etwa um Fäulniggase handelt, konnte durch vergleichende Beobachtungen an Leichen, auf chemischem Wege und durch tierexperimentelle Untersuchungen, die ein derartiges Vorkommen bestätigten, erbracht werden. Es fanden sich oft erhebliche Luftpengen im Herzen und in lebenswichtigen Gefäßabschnitten, so daß unter Umständen an die Möglichkeit einer ursächlichen Beziehung zum Eintritt des Todes zu denken wäre.