

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Universität  
Marburg a. d. Lahn (Direktor: Prof. Dr. A. FÖRSTER)

## Gibt es vitale Reaktionen der Lunge nach Heißlufteinatmung?

Von

**H.-J. GOLDBACH**

Mit 3 Textabbildungen

(Eingegangen am 16. Februar 1956)

Die Klärung der Frage, ob ein Mord oder Selbstmord vorliegt, der als Unglücksfall getarnt wurde, ist in der gerichtlichen Medizin oft von entscheidender Bedeutung nach Verbrennungsunglücksfällen. Es soll in dieser Arbeit jedoch nur auf die Veränderungen durch heiße Luft an den Lungen eingegangen werden, nicht aber auf die Vielzahl von sonstigen Organbefunden bei der vitalen Verbrennung.

Im letzten Krieg spielte die Einatmung heißer Luft in den schweren Feuersbrünsten bei Fliegerangriffen eine große Rolle, wie von GRÄFF in seiner Monographie „Der Tod im Luftangriff“ gezeigt wurde. Untersuchungen über die Einwirkung heißer Luft an den Atmungsorganen führte u. a. vor allem FÖRSTER durch, nachdem er eigenartige histologische Veränderungen an den Lungen von zwei bei einem Explosionsunglück zu Tode gekommenen Personen gefunden hatte. Zur weiteren Klärung dieser Befunde erschien es angezeigt im Tierexperiment zu prüfen, ob es tatsächlich bestimmte „vitale Reaktionen“ an der Lunge bei intravitaler Heißlufteinatmung gibt, nachdem vor kurzem auch SCHMITT über diese Frage berichtet hat.

### *Die histologischen Lungenveränderungen bei intravitaler Heißlufteinatmung*

Wir brachten insgesamt 12 Meerschweinchen nach Evipannarkotisierung in einen heißen Luftstrom von ungefähr 600° C. Diese Temperatur entspricht etwa dem Hitzegrad der Luft nahe einer Flamme. Dabei traten äußerlich an den Tieren keine Verbrennungen auf, nur einzelne Haarspitzen wurden leicht versengt. Die Atmung aller Tiere wurde sehr rasch nach Beginn des Versuches beschleunigt, und der Tod trat nach einem Zeitraum von 5—15 min ein. Die Lungen wurden jeweils nach Eintreten des Todes sofort entnommen. Sie lagen meistens etwas starr im Brustraum. Makroskopisch sah man unter dem Lungenfell mehrfach vereinzelte, stecknadelkopfgroße Blutungen. Ebensolche Blutungen konnten wir übrigens auch häufig unter dem Epikard feststellen. Sonstige Organveränderungen waren makroskopisch — abge-

sehen von einer Hyperämie der gesamten inneren Organe — nicht zu beobachten. Feingeweblich wurden diese — außer den Lungen — nicht untersucht.

In Vorversuchen hatten wir festgestellt, daß die übliche Paraffineinbettung nicht so schöne Bilder ergibt wie das Gefrierschnittverfahren. Vor allen Dingen machten sich bei der Einbettung Schrumpfungserscheinungen stark bemerkbar. Wir sind deshalb dazu übergegangen, grundsätzlich die Lungen frisch nach dem Verfahren von SCHULZ-BRAUNS zu schneiden, weil wir so die besten Bilder gewannen. Nach einiger Übung war es uns möglich, die Schnitte ohne vorherige

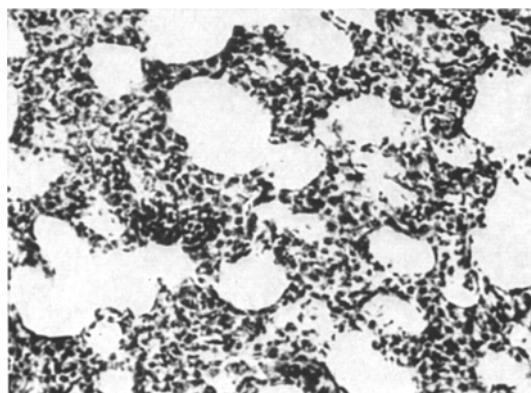


Abb. 1. Starke Verbreiterung der Alveolarsepten mit Erythrocytenaustritt in das Interstitium

Rollung direkt auf den Objektträger aufzukleben und jeden Ausfall von Gewebelementen zu vermeiden. Die Fixierung des Gewebes war in vielen Fällen durch die vorausgegangene Hitzeinwirkung schon sehr weit vorgeschritten. Bei großer Sorgfalt ließen sich übrigens auch die sonst bei Lungenschnitten sehr leicht zu beobachtenden Gefrierartefakte verhindern. Wir färbten die Schnitte mit HE, Sudan, WEIGERTS Elastika und Orcein.

Die Versuchstiere zeigten wechselnd folgende histologischen Lungenbefunde:

Es bestand im allgemeinen eine starke Verbreiterung der Lungensepten mit zelliger Infiltration, vor allen Dingen durch Erythrocyten (Abb. 1).

An manchen Stellen hatte man dadurch den Eindruck einer Atelektase. Die Alveolarepithelien waren abgestoßen. Dann waren wieder andere Bezirke festzustellen, wo diese schweren Veränderungen nicht so ausgeprägt erschienen.

Am auffallendsten waren die Befunde an den Luftröhrenästen. Im Vordergrund stand hier eine starke Lumeneinengung, die dadurch zustande kommt, daß die Epithelien in die Lichtungen hin ausgezogen sind. Vereinzelte Epithelien liegen dabei frei im Raum. Auch fanden wir vollkommene Verschlüsse kleinerer Bronchien und Bronchioli durch die Epithelzellen. Häufig gewann man den Eindruck, daß die Zellen einen fibrillären Charakter haben. An dem Gefäßsystem der Lunge waren an den Luftröhrenästen ähnliche Zellveränderungen festzustellen. Das Blut der Gefäße war teilweise hämolytisch. In ihrer Umgebung waren stärkere Blutaustritte zu beobachten.

Besonders sorgfältig wurde auf die Veränderungen der elastischen Fasern geachtet. Wir sahen an den Alveolen teilweise eine Zerstörung des elastischen Fasersystems in der Form, daß der frühere Verlauf der elastischen Fasern gestört war. An einzelnen Stellen waren die elastischen Fasern nur noch bruchstückartig erhalten, lagen ungeordnet im Gewebe, hatten zum Teil ihren gestreckten Charakter verloren und waren krümelig zerfallen (Abb. 2).

Ähnlich verhielt es sich mit den elastischen Fasern der Bronchien (Abb. 2). Auch diese waren zum Teil krümelig geworden, verzerrt und die einzelnen Fasern auseinandergedrängt. Auch die elastischen Elemente der Gefäße waren

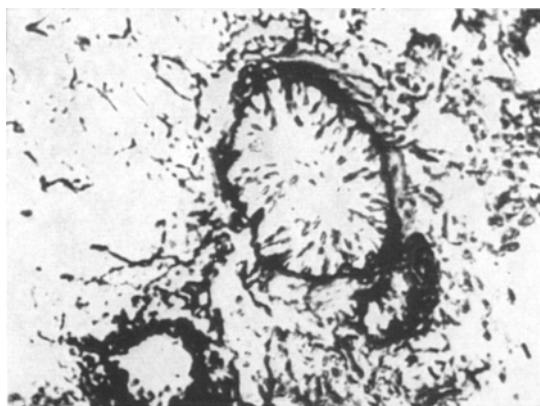


Abb. 2. Büschelförmige Epithelausziehungen in einem Bronchus. Krümeliger Zerfall und Auflockerung der elastischen Fasern

insofern in Mitleidenschaft gezogen, als auch hier stärkste Zerrungen und Verziehungen zu beobachten waren. Diese Veränderungen fand man mehr oder weniger stark ausgeprägt im Lungengewebe.

#### *Die histologischen Lungenveränderungen bei postmortaler Heißluft- einwirkung*

Acht Meerschweinchen wurden 24 Std nach Tod durch Genickschlag ebenfalls in einen heißen Luftstrom von etwa 600° C für die Dauer von 10 min gebracht. Makroskopisch konnten bei der Leichenöffnung keine subpleuralen Blutungen festgestellt werden. Im übrigen hatte man den Eindruck, daß das Lungengewebe fester fixiert war. Die Untersuchung der Lungen erfolgte wie die nach intravitaler Heißlufteinwirkung.

Bei der histologischen Lungenuntersuchung war vor allem das bunt wechselnde Bild in den Schnitten aus den verschiedenen Lungenpartien auffallend. Während einzelne Schnitte, vor allem solche aus hilusfernen Lungenpartien, relativ wenig Veränderungen aufwiesen, konnte man im Stroma hilusnaher Bezirke eine Verbreiterung der Lungensepten, Ödem und Atelektase sowie Lumeneinengungen der großen Bronchien, Epithelausziehungen und Epithelabstöbungen sehen (Abb. 3).

Bei der elastischen Faserfärbung fiel ein mehr regulärer Faserverlauf auf, wenn auch besonders in Hilusnähe einzelne Fasern brüchig geworden waren. Auch die

elastischen Fasern der großen Bronchien waren ebenso wie die mancher Gefäße teilweise krümelig geworden, während die der feineren Luftröhrenästchen strukturell fast unverändert waren. Insgesamt war auffällig, daß die Veränderungen bei den lebend verbrannten Tieren stärker auf hilusnahe Gebiete konzentriert waren, während die Randpartien der Lungen bedeutend weniger verändert waren.

#### *Diskussion der Versuchsergebnisse*

Der wichtigste Befund bei den Tieren, die lebend Heißluft einatmeten, ist darin zu erblicken, daß die auftretenden Schädigungen das ganze Lungengewebe erfassen und sich nicht auf einzelne Partien beschränken.

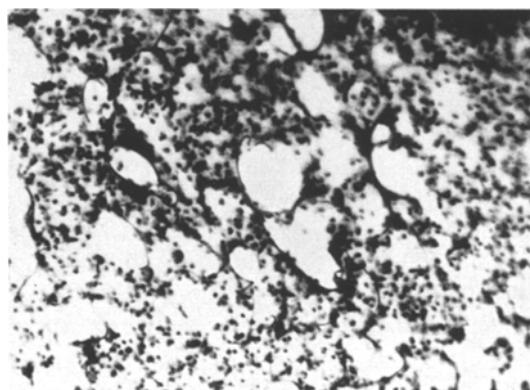


Abb. 3. Hilusnah (obere Bildecke) stärkere Exsudation, die nach außen zu geringer wird.  
Die zarten elastischen Fasern sind unverändert

Auf den ersten Blick sind am eindrucksvollsten die hochgradigen Schrumpfungserscheinungen an den Bronchien und Bronchiolen in Form von Elongationen der Zellen und Zellkerne. Offenbar kann diesen jedoch keine entscheidende diagnostische Bedeutung zugesprochen werden, da ähnliche Befunde auch bei postmortaler Heißlufteinwirkung zur Beobachtung kommen, wie von SCHMITT bei seinen Untersuchungen festgestellt wurde.

Bedeutungsvoller scheinen uns schon die parenchymatösen Veränderungen. Durch die Heißlufteinwirkung kommt es in den Lungen zu Ödem, Transsudation, Blutungen und Atelektasen, die bei den Lungen mit postmortaler Einwirkung mehr hilusnahe zu sehen waren. Es fiel uns vor allem auf, daß bei der intravitalen Heißlufteinwirkung der Grad der Veränderungen wesentlich von der Dauer der Heißlufteinwirkung abhängig zu sein scheint, was bei postmortaler Einwirkung nicht so signifikant war. Diese Befunde decken sich in etwa mit denen von LAUGIER und Mitarbeitern, die beim Kaninchen nach Einatmung von warmer Luft verschiedener Temperatur und verschiedenen Feuchtigkeits-

gehaltes eine deutliche Vermehrung der segmentkernigen Leukocyten in den Alveolarwänden feststellten. Unter sorgfältiger Abwägung der Befunde bei postmortaler und intravitaler Heißlufteinwirkung erscheint das Parenchym im ersten Falle weniger verändert als im letzteren.

Die Tatsache, daß die Randpartien der Lungen bei postmortaler Heißlufteinwirkung morphologisch nicht so stark verändert sind, ist vielleicht dadurch erklärbar, daß durch das Fehlen von Atembewegungen die Heißluft postmortal offenbar nicht in die weiter von den Hauptbronchien entfernt liegenden Alveolen gelangt.

Es muß aber besonders auf das Verhalten der elastischen Fasern hingewiesen werden, die bei postmortaler Heißlufteinwirkung nicht so schwere strukturelle Veränderungen durchmachen, wie wir sie bei den lebenden Tieren beobachteten. Ihre Struktur bleibt bei postmortaler Einwirkung vor allem an den Alveolen erhalten, nur in hilusnahen Bezirken zeigen sich gleichfalls Strukturveränderungen der elastischen Fasern sowohl an den Bronchien wie auch an den Gefäßen. Wir schließen hieraus, daß bei den lebenden Tieren wahrscheinlich unter der Hitzeinwirkung innerhalb des Proteoids der elastischen Fasern Veränderungen erfolgen, die nach dem Tod mit dem Aufhören der Stoffwechselvorgänge im Organismus nicht mehr so schnell auftreten können. Diese Beobachtungen bedürfen aber noch einer näheren Aufklärung.

Sie stimmen jedoch überein mit früheren Untersuchungen FÖRSTERS und eigenen Feststellungen (GOLDBACH), nach denen fast immer der typische Verlauf der elastischen Lungenfasern auch bei hochgradigen Verbrennungszuständen von Kindesleichen erhalten bleibt. Wir konnten im Experiment bei nichtbeatmeten Lungen in vielen Fällen noch die Lockenform der elastischen Fasern, die diffus verteilt im Gewebe liegen, erkennen, während man bei der beatmeten Lunge die Fasern in einem gespannten Zustand um die Alveolen herum vorfindet. Die histologische Untersuchung der Lungen bei verbrannten Neugeborenen, insbesondere die der elastischen Fasern, kann deshalb in vielen Fällen zur Klärung der Frage des Gelebthabens noch herangezogen werden.

Jedoch gilt diese Feststellung nur solange, wie es durch die Hitzeinwirkung nicht zu einer völligen Verkohlung des Gewebes und Austrocknung der elastischen Fasern gekommen ist. Nach ihrer Austrocknung zerfallen die elastischen Fasern krümelig und schnurren zusammen. Nach GRÄFF kommt der Wasseraufnahme für die Veränderungen der Gewebe und Organe nach Verbrennung eine entscheidende Bedeutung zu. Er bezeichnet den Hitzeeinwirkungsgrad, bei dem dieser Zustand im Gewebe eintritt, als „Zermürbungspunkt“, der vor allem an den zarten kollagenen und elastischen Fasern deutlich werden soll. So erklären

sich auch die oben beschriebenen vermehrten strukturellen Veränderungen in hilusnahem Gebiet postmortal verbrannter Tiere. Wir haben den Eindruck, daß bei intravitaler Heißlufteinatmung der kritische „Zerstörungspunkt“ in den elastischen Fasern eher und durch die forcierte Atmung in größeren Lungenpartien erreicht wird. Das Bild der elastischen Fasern ist deshalb ein ganz wichtiges Unterscheidungsmerkmal für die Feststellung, ob „lebend oder tot verbrannt“.

Lassen nun die durchgeführten Untersuchungen in jedem Falle eine sichere Entscheidung zu, ob das Tier lebend verbrannt wurde oder nicht und sind die Ergebnisse ohne weiteres auf den Menschen übertragbar? Diese Frage kann nach den bisherigen Ergebnissen und dem vorliegenden Schrifttum nur einschränkend bejaht werden. Hier bedarf es sicherlich noch weiterer sorgfältiger Untersuchungen. Über die Bedeutung der von SCHMITT beobachteten Fettembolien können wir ein eigenes Urteil nicht abgeben, da wir sie bei unseren Versuchen nicht beobachteten. Uns erscheint unbedingte Voraussetzung zur Klärung einer intravitalen Heißlufteinwirkung, daß in jedem Falle alle Lungenabschnitte histologisch durchuntersucht werden. Finden sich dabei serös-entzündliche Veränderungen im gesamten Lungenparenchym sowie ausgeprägte strukturelle Veränderungen an den elastischen Fasern, kann in Übereinstimmung mit GRÄFF, ZINCK und SCHMITT mit ziemlicher Gewißheit angenommen werden, daß die Verbrennung während des Lebens eintrat. Ist dies aber nicht der Fall, sondern sieht man auch große, fast normale Bezirke mit relativ gut erhaltenen elastischen Fasern, erscheint es wahrscheinlicher, daß die Hitzeinwirkung auf die Lunge erst nach Todeseintritt erfolgte.

### Zusammenfassung

Meerschweinchen wurden intravital und postmortal einem Heißluftstrom von ca. 600° C ausgesetzt. Bei sorgfältiger Durchuntersuchung aller Lungenabschnitte fand man bei intravitaler Heißlufteinwirkung vermehrte serös-entzündliche Veränderungen des Parenchyms und stärkere Zerfallserscheinungen der elastischen Fasern. Postmortal wurden diese Veränderungen in nur geringem Ausmaß und mehr hilusnahe beobachtet.

### Literatur

FÖRSTER, A.: Experimentelle Untersuchungen über Veränderungen an den Atmungsorganen bei plötzlicher Einwirkung hoher Temperaturen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 20, 445 (1933). — GOLDBACH, H.-J.: Die elastischen Fasern der Lunge in der gerichtsärztlichen Diagnostik. Habil.-Schr. Marburg a. d. Lahn 1950. Mit ausführlichem Schriftenverzeichnis. — GRÄFF, S.: Der Tod im Luftangriff. Hamburg

1948. Mit ausführlichem Schriftenverzeichnis. — LAUGIER, H. u. Mitarb.: Quelques effets physiologiques provoqués dans le poumon par l'inhalation d'air chaud. Bull. Acad. Nat. Méd. (Paris), Sér. III, **137**, 298 (1953). Ref. Ber. allg. u. spez. Path. **22**, 165 (1954). — SCHMITT, K.: Die Bedeutung der histologischen Lungenbefunde bei Lebendverbrannten. Vortr. vor der Dtsch. Ges. für gerichtl. u. soz. Med. in Düsseldorf 1955. — ZINCK, K. H.: Pathologische Anatomie der Verbrennung. Veröff. Konstit. u. Wehrpath. **1940**. Mit ausführlichem Schriftenverzeichnis.

Prof. Dr. H.-J. GOLDBACH, Marburg a. d. Lahn  
Emil-Mannkopf-Str. 2

---