

(Aus dem Institut für Gerichtliche und Soziale Medizin der Universität Münster i. W.
Leiter: Prof. Dr. H. Többen.)

Über Veränderungen der Luftröhrenschleimhaut bei Verbrannten*.

Von
Priv.-Doz. Dr. A. Foerster.

Mit 6 Textabbildungen.

Die gerichtlichen Obduktionen von verbrannten Menschen sind verhältnismäßig selten. Nur von Zeit zu Zeit haben sie eine Bedeutung, wenn es gilt, festzustellen, ob ein Verbrechen vorliegt oder nicht. Im Handbuch von *Schmidtman* wird von *Puppe*¹ darauf hingewiesen, daß es hierbei von Wert ist, nachzuweisen, ob die Verbrennung eine vitale oder postmortale war. Für die vitale Verbrennung spricht bekanntlich die Aspiration von Rußteilchen, die sich in der Schleimhaut der Bronchien oder in den bronchialen Lymphdrüsen sowie in den überlebenden epithelialen Zellen befinden können. Aber nicht allein das Vorhandensein derartiger Bestandteile spielt eine Rolle, sondern auch die Feststellung von Kohlenoxydblut und von Reaktionsphänomenen in der Gegend der Einwirkung der Hitze. *Merkel*² macht ferner darauf aufmerksam, daß eine deutliche helle Aussparung der Krähenfuß- und Stirnfalten bei Bräunung oder Schwärzung des Gesichts ein Zeichen der vitalen Entstehung ist.

Außer diesen Befunden sind Veränderungen an den Atmungsorganen als vitale Reaktion aufzufassen. So konnte *Harbitz*³ feststellen, daß die Aspiration von erhitzter Luft und warmen Gasen die Schleimhaut im Mund, Schlund und Larynx nekrotisch veränderte, er fand abgestoßenes Epithel auf der Zungenbasis, Epiglottis, Schlundschleimhaut und am Introitus laryngis. Derartige Epithelnekrosen konnte auch *Raysky*⁴ feststellen. Das erhaltengebliebene Epithel bildete eine homogene kernlose Masse. An den Stellen, an welchen das Epithel fehlte, lag eine lockere, aus zarten Maschen bestehende Schicht mit vielen Leucocyten. Auch in der Trachea und in den Bronchien bis in die feinsten Verästelungen hatten die aspirierten, glühenden Gase Nekrose der

* Nach einem Vortrag in der Med.-Naturwiss. Ges. in Münster i. W. Klin. Wschr. **11**, 436 (1932).

Epithelschicht und partielle Nekrose einer mehr oder minder tiefen Schicht der Schleimhaut selbst hervorgerufen. Hier und dort hatte man den Eindruck einer Pseudomembran. Durch die Einwirkung hoher Temperaturen konnte die Bildung einer mit zartem, körnig retikulärem Inhalt gefüllten Blase auf der Oberfläche des rechten Stimmbandes festgestellt werden. Wir sehen also als unmittelbares Resultat der Verbrennung die Nekrose, ferner entzündliche Erscheinungen, wie die Hyperämie und die Infiltration, als Reaktion des Gewebes auf die lokale Wirkung des schädlichen Agens.

Die Veränderungen der Luftwege durch Aspiration von heißer Luft wurden auch von *B. Fischer-Wasels*⁵ und *E. Goldschmidt*⁵ beobachtet. Es handelte sich um ein Explosionsunglück in einem Raum, in dem 100 Frauen und Mädchen beschäftigt waren. Diejenigen Personen, welche wenige Stunden nach dem Unglück verstarben und obduziert wurden, zeigten eine starke Hyperämie der Trachea und der Lungen. Bei den am Tage nach dem Unglück Verstorbenen fanden sich bereits heftige akute Tracheitis und Bronchitis, ebenso bronchopneumonische Herde. Die späteren Todesfälle wurden durch das Bild der hinzutretenden schweren Infektion der Luftwege beherrscht. *Fischer* kam auf Grund seiner Beobachtungen zu dem Schluß, daß bei mikroskopischer Untersuchung der Atemwege bei Verbrannten sofort nach dem Tode häufig Veränderungen nachgewiesen werden könnten.

Bei meinen mikroskopischen Untersuchungen der Lungen Verbrannter, welche zu einem anderen Zwecke seit längerer Zeit untersucht werden, hatte ich Gelegenheit, besonders in 2 Fällen ganz eigenartige Veränderungen an der Luftröhrenschleimhaut festzustellen.

In dem einen Falle handelte es sich um einen Jungen von 10 Jahren, der in einem Hause verbrannte. Es wurde in Erwägung gezogen, ob vielleicht auch ein Mord in Frage kommen könnte, weil es sich um ein Stiefkind handelte, das vom Stiefvater mißhandelt wurde. Aus diesem Grunde fand die Obduktion statt. Auf den Befund brauche ich nicht näher einzugehen. Die Leiche war zum großen Teil verkohlt, die Gliedmaßen waren nur noch als Stümpfe vorhanden. Die rechte Lunge lag zum Teil frei, ebenso das Herz. Die Schädelknochen waren an einzelnen Stellen nicht mehr vorhanden, Gehirnteile waren sichtbar, irgendwelche Anzeichen einer strafbaren Handlung ergab die Obduktion nicht. Bei den Nachforschungen stellte es sich heraus, daß der Junge auf dem Boden in einer kleinen Kammer anscheinend mit feuergefährlichen Flüssigkeiten gespielt hatte, weil dort nach Zeugnisaussagen Farben und dergleichen aufbewahrt wurden. Auch wurde der Junge nach Löschung des Brandes auf dem Hausboden unter den niedergestürzten verkohlten Balken dort vorgefunden, wo die Kammer lag.

Von mir wurden außer der histologischen Untersuchung anderer Organe die Lungen beiderseits eingehend untersucht. Hierbei ging ich, meiner Gewohnheit entsprechend, so vor, daß ich die Lungen vom Rande aus gleichmäßig bis zur Wurzel untersuchte. In der Regel wurden Serienschnitte angefertigt. Auf die Befunde an den Alveolen

will ich an dieser Stelle nicht eingehen, sondern lediglich von der Feststellung berichten, welche ich an der Luftröhrenschleimhaut machte*. Die Luftröhrenäste, welche makroskopisch eine bräunliche Verfärbung aufwiesen, ergaben eine Verwerfung des Epithels, vermischt mit Rußpartikeln. Die Epithelzellen zeigten eine deutliche Ausziehung, eine gewisse Strichelung. Eine Zelle lag neben der anderen, so daß eine Front von Zellen gebildet wurde, hinter der sich in einem bestimmten Abstände eine andere anschloß (Abb. 1). Manche Luftröhrenäste, besonders auch die kleineren, zeigten diese Strichelung noch deut-

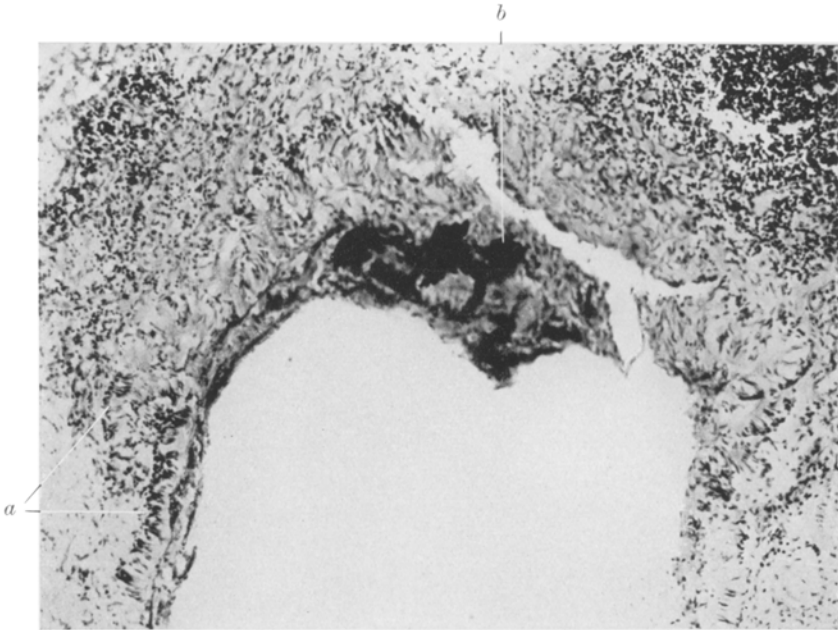


Abb. 1. Verwerfung und teilweise Strichelung (a) des Epithels. Rußpartikel (b).

licher. Nach dem Lumen zu verjüngten sich die Zellen mehr und mehr. Eine Summe von Zellen hatte eine solche Form angenommen, daß sie pinselartig in das Lumen hineinragten. Die Membrana limitans zeigte an einzelnen Stellen Lückenbildung. Die Zellen waren in das Lumen mehr hineingedrückt, so daß eine Verkleinerung des Luftröhrenastes eingetreten war (Abb. 2). In der Lichtung selbst befand sich im Anschluß an die Epithelzellen eine homogene, sich mit Eosin rötlich färbende Schicht, der sich nach innen einige erhaltene rote Blutkörperchen anschlossen. In größeren Luftröhrenästen war die Elongation der Zellen

* Einzelne Präparate wurden auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für gerichtliche und soziale Medizin vom 26. bis 29. V. 1931 in Leipzig demonstriert.

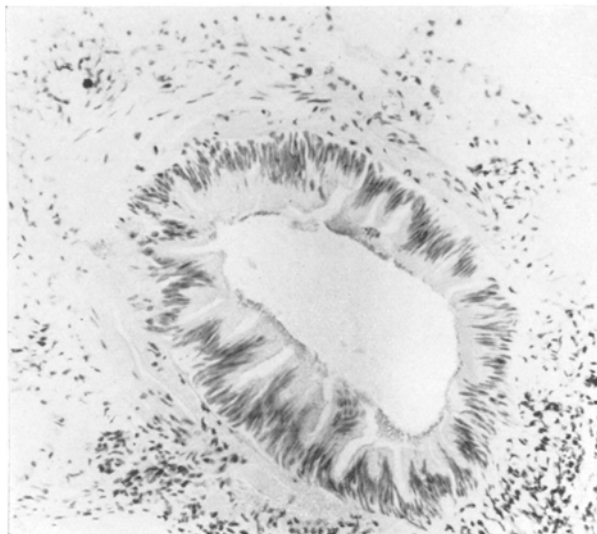


Abb. 2. Fadenartige Ausziehung der Zellen.

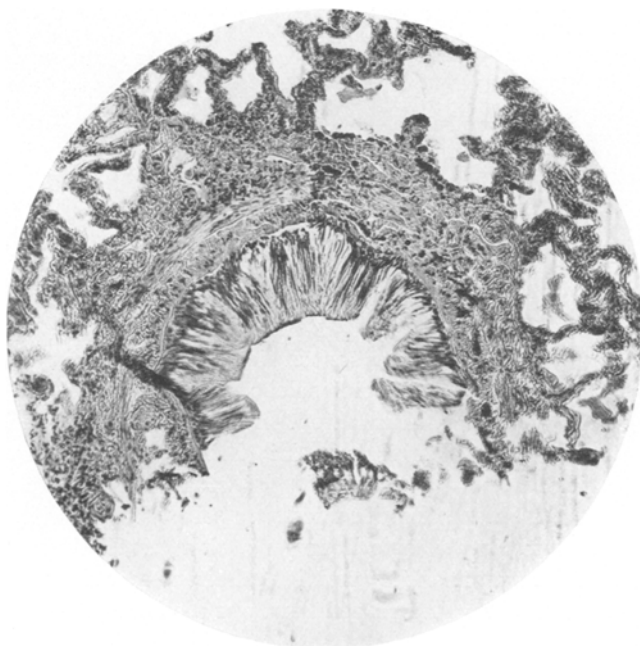


Abb. 3. Lückenbildung und fadenartige Ausziehung der Zellen mit gruppenartiger Anordnung.

noch deutlicher. Wir sahen auch hier Lückenbildung an der Haftungsstelle der Epithelien und außerdem eine Gruppe von fadenartig lang ausgezogenen Zellen, die hier und dort unterbrochen waren. Sie ragten in eine homogene Masse, der einige rote Blutkörperchen aufsaßen (Abb. 3). Die Färbbarkeit war glänzend erhalten.

In dem 2. Falle handelte es sich um ein obdachloses Mädchen, welches in einer kleinen, niedrigen Gartenbude verbrannte. *Többen*⁶ ist auf diesen Fall aus einem anderen Grunde schon eingegangen, so daß es sich für mich erübrigt, nähere Ausführungen zu machen. Das Mädchen hatte am Abend vor dem Brande in der Gartenbude Ge-

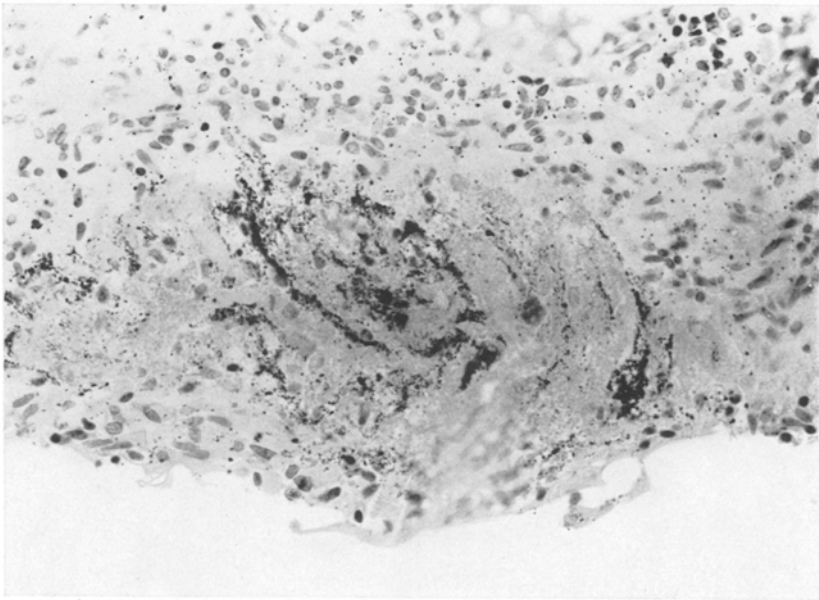


Abb. 4. Wirbelartige Anordnung von Rußpartikeln in der Luftröhre.

schlechtsverkehr gehabt. Die Möglichkeit eines Lustmordes lag vor. Anhaltspunkte hierfür ergab die Obduktion nicht. Es handelte sich um eine sehr weit vorgeschrittene Verbrennung. Die inneren Organe lagen zum Teil frei, unter anderem auch das Herz und die linke Lunge. Von den Gliedmaßen waren nur noch Stümpfe vorhanden. In den Lungen, die an dieser Stelle nur Bedeutung haben und in allen ihren Teilen histologisch untersucht wurden, befand sich Ruß in reichlicher Menge. Die Rußpartikelchen lagen ganz unregelmäßig in den Bronchien. An einigen Stellen jedoch hatten sie eine wirbelartige Anordnung (Abb. 4). Im Zentrum lagen die Rußpartikel eng zusammen. Dann folgte

eine Anordnung von Rußpartikeln in ovaler Form und an diese schloß sich in einem bestimmten Abstände ein neuer Ring von Ruß usf. Die Luftröhrenäste waren in der gleichen Weise verändert wie im I. Falle. Das Bild war hier nur noch ausgeprägter. Man sah ausgedehnte Lückenbildung an der Haftungsstelle der Zellen, so, als ob sie gewaltsam von ihrer Haftungsfläche losgerissen wären. Die Zellen waren lang ausgezogen in eine wabenartig aussehende Substanz, die sich mit Eosin leicht rötlich färbte (Abb. 5). Die Verlängerung der Zellen war in einzelnen Luftröhrenästen derartig hochgradig, daß man lang ausgezogene



Abb. 5. Starke Lücken- und Wabenbildung.

fadenartige Gebilde sah, die dicht aneinanderlagen. In den Bronchien konnte man auch eine Anordnung von Zellen beobachten, die lang ausgezogen waren und eine büschel- oder buketartige Form (Abb. 6) annahmen. Aus einer Wurzel erhob sich dicht gedrängt ein reich verzweigtes Zellgebilde. An manchen Orten waren die Zellen nach rechts und links lang ausgezogen, so, als ob man einen Stein in eine Wasserpflüze wirft und das Wasser nach rechts und links wegspritzt (Abb. 6). Solche Stellen machten den Eindruck von Explosionszentren. Manche Luftröhrenäste hatten eine Elongation ihrer Zellen derart, daß der Verlauf wellenartig war. Diese Stellen boten ein Bild, das zu vergleichen war mit einem Kornfeld, über das der Sturm hinwegfegt.

Die pathologische Anatomie kennt ähnliche Veränderungen der Epithelzellen der Luftröhrenschleimhaut, insbesondere bei Asthma. So berichtet u. a. *Mönckeberg*⁷, daß bei dieser Erkrankung die Zellen namentlich auf der Höhe der Falten zu buketartigen Büscheln dicht zusammengedrängt sind. Einzelne Zellen erscheinen verlängert. Büschelförmig zusammenliegende Zellen sind eingehüllt von Schleim und Detritus. Die isolierten Epithelien zeigen zuweilen eine fadenartige Ausziehung ihres basalen Teiles. Besonders ist die Elongation des zylindrischen Epithels in den Ausstülpungen zu erkennen. Alle Zellen,

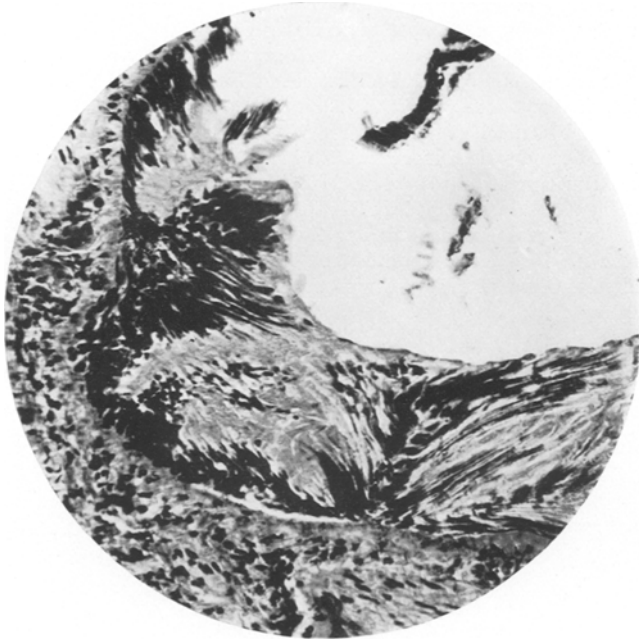


Abb. 6. Büschelartige Anordnung der Zellen. Explosionszentren.

z. B. Rundzellen und rote Blutkörperchen, können diese Ausziehung erfahren. Auch Wirbelbildungen wurden beobachtet. Die desquamierten Epithelien gelangen in den Schleim und verändern durch die Wirbelbewegung ihre Gestalt. Infolge der Sekretstauung haben wir schließlich Spiralen in den Luftröhrenästen. Nun finden wir bei Asthma entzündliche Zellanordnung, Lymphocyten, Mastzellen und eosinophile Leucocyten. Ferner eine Hypertrophie und Kontraktion der Bronchialmuskulatur. Diese Zellbildungen wurden von mir in den beiden Fällen nicht gefunden. Die Epithelien ragten in eine gleichmäßig mit Eosin sich rötlich färbende Substanz, auf der sich noch vereinzelt erhaltene rote Blutkörperchen befanden. Auch die Ausziehung der Zellen ist

eine andere. Wir haben nicht die fadenartige Elongation, insbesondere des basalen Teiles, sondern die Zellen laufen auch nach dem Lumen spitz zu. Ferner findet man keine spirochätenartig gedrehte Fäden oder Schleimwirbel mit in die Länge gezogenem Kern. Epitheldesquamation und Zelldetritus wurden ebenfalls nicht vorgefunden.

Meine mikroskopischen Bilder der Luftröhrenschleimhaut erinnern vielmehr an Veränderungen auf der Haut, die wir dort bei Einwirkung hoher Temperaturen sehen. Denn hierbei finden sich bekanntlich fadenförmige Ausziehungen der basalen Zellen des Rete.

Diese Veränderungen wurden zuerst auf die Einwirkung des elektrischen Stromes zurückgeführt. *Mieremet*⁸ fand sie an der Eintrittsstelle des elektrischen Stromes. Sie wurden auch von *Riehl*⁹, *Kawamura*¹⁰ und von *Jellinek*¹¹ als ein Merkmal für Verbrennung durch elektrischen Strom angesehen. Doch konnte diese Ansicht insbesondere von *Schridde*¹² widerlegt werden, der auch bei anderen Verbrennungen büschelförmige Anordnung der Zellen und fadenartige Ausziehung vorfand. Auf Grund von Experimenten nimmt er an, daß durch eine plötzliche und starke Hitzeeinwirkung die Gewebsflüssigkeit verdampft und der explosivartig entstehende Wasserdampf in die Gewebe eindringt, durch welche Hitzewaben, Spaltung und Ausziehung der Zellen sowie ihre büschelförmige Anordnung entstehen. *Weimann*¹³ konnte nach Einwirkung hoher Temperaturen auch an den inneren Organen fadenförmige Ausziehung der Kerne, in Bündeln und Büscheln gelagert, beschreiben.

Diese Befunde veranlassen mich, anzunehmen, daß die oben beschriebenen Zellveränderungen der Luftröhrenschleimhaut durch die Einatmung hoher Temperaturen entstanden sind. — Ich möchte an dieser Stelle schon bemerken, daß ich demnächst noch über das Ergebnis experimenteller Untersuchungen in dieser Hinsicht berichten werde. — Berechtigt zu einer solchen Meinung glaube ich auch darum zu sein, weil die Rußpartikelchen unter anderem in wirbelartiger Anordnung vorgefunden wurden und die Veränderungen sich in der ganzen Lunge und nicht an einer Stelle vorfanden. Die Einwirkung der Hitze muß eine sehr hohe und eine plötzliche gewesen sein, damit es zu solchen Veränderungen kommen konnte; denn bei gewöhnlicher Aspiration von Hitze haben wir ja ähnliche Befunde, wie wir sie bei Brandblasen auf der Haut kennen. Auch muß die stark erhitzte Luft mit einem gewissen Druck in die Lungen gelangt sein. Ich nehme darum an, daß beide Menschen folgendermaßen zu Tode kamen. Sie befanden sich nachweisbar in einem sehr engen Raum, der auch sehr niedrig war. In diesem kam es zu einer Explosion einer feuergefährlichen Flüssigkeit, in dem 2. Falle wird es wohl sicher Benzin gewesen sein, weil dasselbe sich in der Gartenbude befand und zum Wiederanfachen des Herdfeuers in der kalten Nacht sehr wahrscheinlich benutzt wurde. Durch diese Explosion entstand eine Stichflamme. Die Luft wurde in dem engen Raum sofort stark überhitzt. Infolge Lufthunger mußte der Mensch atmen und nun gelangte die überhitzte Luft, welche leicht den

Kehlkopf passieren konnte, bis in die feinsten Bronchien. Schon *Frank*¹⁴ teilte im Allgemeinen Ärzteverein zu Köln am 2. VII. 1915 mit, daß die Einatmung überhitzter Luft sehr gefährlich sei, weil dieselbe leicht den Kehlkopf passieren und selbst bis in die feinsten Bronchien hineingelangen könnte. Begünstigt wurde dieser Vorgang auch dadurch, daß durch den Lufthunger der Brustkorb krampfhaft stark erweitert wurde; die Lungen wurden aufgebläht und die heiße Luft konnte mit den Rußpartikeln leicht in die Bronchien gelangen. Diese plötzliche und starke Hitzeeinwirkung auf die Luftröhrenschleimhaut führte zu der fadenartigen Ausziehung der Zellen, zu der Wabenbildung, zu der büschelförmigen, buketartigen Anordnung der Zellen und auch schließlich zu Lückenbildungen an der Membrana limitans. Durch die Hitze entstand Wasserdampf, die roten Blutkörperchen wurden aus den Gefäßen ausgepreßt, so daß wir sie auch in den Bronchien vorfinden. Die wirbelartige Anordnung von Ruß an einzelnen Stellen muß man so verstehen, daß die Menschen in dieser lebensbedrohlichen Lage wohl einatmen, aber schwer die Luft ausatmen können, weil die unter einem gewissen Druck auf sie einwirkende Hitze keine Möglichkeit zu einer genügenden Expiration bietet. Die Folge hiervon sind Wirbelbildungen in den Luftröhrenästen, welche durch die Anordnung der Rußpartikel in unserem Falle sichtbar wurden. Etwas Ähnliches sehen wir ja auch bei den Asthmatikern. Sie atmen ziemlich gut ein und können die Luft, natürlich aus einem anderen Grunde, schwer auspressen, und so entstehen dann die eigenartigen Wirbelbildungen. — Falls meine experimentellen Untersuchungen, deren Ergebnisse ich nach Abschluß mitteilen werde, meine Ansicht bestätigen, so würde man mit vollem Recht auch die oben beschriebenen Veränderungen an der Luftröhrenschleimhaut als vitale Reaktion bezeichnen können, allerdings dürfen sie nicht an einer umschriebenen Stelle der Bronchien gefunden werden.

Ich fasse meine Untersuchungsergebnisse dahin zusammen, daß an der Luftröhrenschleimhaut bei Verbrannten gleiche Veränderungen festgestellt wurden, wie wir sie bei plötzlicher starker Hitzeeinwirkung an der Haut finden.

Literaturverzeichnis.

- ¹ *Puppe*, Handbuch von Schmidtman 2, 148. — ² *Merkel*, Diagnostische Feststellungsmöglichkeiten bei verbrannten und verkohlten Leichen. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 18, H. 2 u. 3, 234. — ³ *Harbitz*, Vjschr. gerichtl. Med. 45, 3. F., 34ff. — ⁴ *Rayssky*, Virchows Arch. 201, 208 (1910). — ⁵ *Fischer*, B., u. *E. Goldschmidt*, Frankf. Z. Path. 23, 21 (1920). — ⁶ *Többen*, H., Dtsch. Z. gerichtl. Med. 18, H. 2 u. 3, 182. — ⁷ *Mönckeberg*, 13. Tagg. d. dtsh. path. Ges. 1909, 174. — ⁸ *Mieremet*, Klin. Wschr. 29 (1923). — ⁹ *Riehl*, Münch. med. Wschr. 1923, Nr 34/35. — ¹⁰ *Kawamura*, Virchows Arch. 231 (1921). — ¹¹ *Jellinek*, Wien. klin. Wschr. 1921, Nr 19. — ¹² *Schröde*, Virchows Arch. 252, 778. — ¹³ *Weimann*, Virchows Arch. 264 (1927). — ¹⁴ *Frank*, Handbuch der spez. path. Anatomie und Histologie 3, 429.