

Fig. 8 u. 9. Harnkanälchen aus derselben Niere. Mitosen des Epithels K, kleine hyaline Schollen, Kernfragmente und im Innern Massen von Sternfiguren mit kolbigen Enden (i F) (indirecte Fragmentirung von Leukocyten?) und zu Ketten vereinigte, dunkelroth gefärbte Kügelchen (F) enthaltend.

XXVI.

Untersuchungen über die Krankheitserscheinungen und Ursachen des raschen Todes nach schweren Hautverbrennungen.

Aus dem pathologischen Institut zu Breslau.

Von Dr. Oscar Silbermann in Breslau.

So zahlreich die bisherigen klinischen, anatomischen und experimentellen Arbeiten über die nach hochgradigen Verbrennungen auftretenden Krankheitsprozesse auch sind, eine einheitliche Auffassung über das Wesen des pathologischen Vorganges besteht zur Zeit keineswegs. Sehen wir von den älteren Theorien Baraduc's und Follin's ab, so sind es gegenwärtig vier Anschauungen, die sich unvermittelt gegenüberstehen, und von denen eine jede für sich den Anspruch erhebt, die wahre Todesursache nach Verbrennungen aufgedeckt zu haben. Die Vertreter der einen Theorie, Edenbuizen¹⁾, Catiano²⁾, Billroth³⁾, Mendel⁴⁾, Foà⁵⁾, erblicken in der Unterdrückung der Hautperspiration und der dadurch bedingten Anhäufung giftiger Stoffe im Blute (Ammoniak, ameisensaures, kohlen-saures Ammoniak, Fibrinferment) die Ursache des Todes, die anderen [Falk⁶⁾,

¹⁾ Beiträge z. Phys. der Haut. Henke's Zeitschr. 17.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 87.

³⁾ Archiv f. klinische Chirurgie. Bd. 6.

⁴⁾ Vierteljahrschr. f. gerichtl. Medicin. 1870. S. 111.

⁵⁾ Rivista speriment. VII. 1881.

⁶⁾ Dieses Archiv Bd. 53.

Sonnenburg¹⁾, H. Fischer²⁾] leiten das tödtliche Moment von einer reflectorischen Herabsetzung des Gefässtonus (Shock) ab. Falk vertritt die Ansicht, dass durch Hitzeeinwirkung eine Erweiterung der Hautgefässe mit consecutiver Körperabkühlung, ferner aber aus rein mechanischen Gründen eine Lähmung des Tonus in einem grösseren Gefässgebiet und hierdurch eine Herabsetzung der Leistung des Herzens hervorgerufen wird. Sonnenburg sieht bei den foudroyanten Todesfällen nach Verbrennungen in der Ueberhitzung des Blutes und in der an diese sich anschliessenden Herzlähmung die Todesursache, bei den nicht augenblicklich tödtenden Verbrühungen aber dieselbe in einer reflectorischen Herabsetzung des Gefässtonus. Diese letzte Anschauung vertritt auch H. Fischer in seinem Lehrbuche der allgemeinen Chirurgie. Ganz im Gegensatz zu Sonnenburg's reflectorischer Gefässparalyse, steht eine dritte Theorie, welche fussend auf den Befunden von Schultze³⁾, Wertheim⁴⁾, Ponfick⁵⁾, Klebs⁶⁾ und v. Lesser⁷⁾ aus dem Untergange bzw. der Schädigung der rothen Blutscheiben den Tod nach Verbrennungen erklärt. Gleich den eben genannten Forschern sieht auch Tappeiner⁸⁾ in einer primären Blutalteration das wesentliche Moment des Todes, nur sind nach ihm nicht die körperlichen Elemente des Blutes betroffen, sondern es besteht eine Eindickung desselben in Folge bedeutender Verluste an Blutserum. Durch diesen Befund Tappeiner's kommt also die frühere von Baraduc⁹⁾ vertretene Ansicht, dass die Todesursache nach Verbrühung, in einer Eindickung des Blutes liege, wieder zu ihrem Rechte. Um nun den wissenschaftlichen Werth der einzelnen, vorher nur kurz erwähnten Theorien festzustellen, müssen wir

¹⁾ Verbrennungen. Deutsche Chirurgie. Liefg. 14. 1879.

²⁾ Lebrb. d. allg. Chirurgie. Stuttgart 1887.

³⁾ Archiv f. mikroskop. Anat. 1865.

⁴⁾ Wiener med. Presse. 1868. S. 309.

⁵⁾ Ueber plötzliche Todesfälle nach Verbrennungen. Tageblatt der Münchener Naturforscherversamml. 1877, ferner Berl. klin. Wochenschr. 1876. No. 17. 1877. No. 47. 1883. No. 26.

⁶⁾ Münchener Naturforscherversamml. 1877.

⁷⁾ Dieses Archiv Bd. 79.

⁸⁾ Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1881.

⁹⁾ Union med. 1863. 19. Mai.

auf dieselben etwas genauer eingehen. Was zunächst die Anschauung Follin's¹⁾ angeht, dass die nach Verbrennungen so oft vorhandenen Congestionen innerer Organe, bedingt durch das aus den verbrannten Gefässbezirken mechanisch verdrängte Blut die Todesursache darstelle, so spricht gegen ihre Richtigkeit, wie E. Sonnenburg zutreffend hervorhebt, der Umstand, dass die Entstehung dieser Hyperämien gar nicht bei nur oberflächlichen Verbrennungen zu erklären ist; hier müsste im Gegentheil durch die Hitzeeinwirkung eine Gefässerweiterung und Vermehrung des Blutgehaltes der Haut erwartet werden. Eine an die Follin'sche Hypothese sich anlehrende Ansicht, welche die tödtliche Blutüberfüllung innerer Organe von einer Unterdrückung der Hautathmung ableitet, sowie die Theorie derjenigen, welche die Todesursache nach Verbrennungen in der Anhäufung giftiger Substanzen im Blute sehen, ist ebenfalls nicht stichhaltig. Das Fehlen dieser Stoffe in der Haut und den übrigen Organen von Verbrannten, sowie der klinisch und experimentell von verschiedenen Autoren [Kühne²⁾, Laskiewitsch³⁾, Falk⁴⁾, Schiff⁵⁾, Valentin⁶⁾, Krieger⁷⁾, Senator⁸⁾ u. A.] geführte Beweis, dass die Hautperspiration bei Verbrannten keineswegs unterdrückt ist, und selbst, wenn sie dies wäre, durchaus keine nennenswerthen Störungen im Organismus setzen würde, haben die Bedeutungslosigkeit dieser Theorie klar bewiesen. Ein viel höherer Werth, als den bisher angeführten Anschauungen, kommt derjenigen Foà's zu, welcher in seinen Untersuchungen zu dem Schlusse gelangt, dass der Tod nach Verbrennung durch Selbstintoxication mit Fibrinferment erfolgt. Dasselbe soll sich nach diesem Forscher aus den durch die Hitzeeinwirkung zerstörten Blutkörperchen entwickeln und zu Gerinnungen im Herzen und in anderen

¹⁾ *Traité de pathol. externe*. Tom. I. p. 521.

²⁾ *Lehrbuch d. physiol. Chemie*. 1868.

³⁾ *Archiv f. Anat. u. Physiol.* v. Reichert u. du Bois-Reymond. 1868.

⁴⁾ *Dieses Archiv* Bd. 53.

⁵⁾ *Compte rendus*. T. 35. 1861.

⁶⁾ *Grundriss d. Physiol.* 4. Aufl.

⁷⁾ *Untersuchungen üb. Entstehungen der entzündl. Krankheiten*. Strassburg 1876.

⁸⁾ *Dieses Archiv* Bd. 70. S. 182.

Organen, zu hämorrhagischen Erosionen des Digestionstractus, sowie zu Congestionen in Niere und Leber führen. Ueber die Richtigkeit dieser anatomischen Befunde, die lange (5 Jahre früher) vor Foà Awdakow¹⁾, sehr genau beschrieben hat, kann kaum ein Zweifel sein, es fragt sich nur ob dieselben unter der Einwirkung des Fibrinferments zu Stande kommen. Einen exacten Beweis hierfür hat der italienische Forscher nicht erbracht und ferner auch nicht gezeigt, dass die von ihm beobachteten Gerinnungen im Leben entstanden sind. Wir glauben in unserer Behauptung nicht fehl zu gehen, dass Foà die von Sonnenburg kurz, von L. v. Lesser eingehender erörterte Frage, wie weit die nach Verbrennungen erhobenen klinischen, experimentellen und anatomischen Befunde denen nach einer Fermentintoxication gleichen, weiter verfolgt und zu einer Hypothese erhoben hat. Ebenso wenig wie Foà's Theorie, hat sich diejenige Falk's über die Todesursache nach Verbrennung allgemeinen Eingang verschafft, und zwar offenbar deshalb, weil gegen die Richtigkeit derselben eine ganze Reihe experimenteller Thatsachen sprechen. Goltz²⁾ und Tappeiner³⁾ zeigten, dass nach bedeutenden Blutentziehungen in keiner Weise die Stromgeschwindigkeit und der Blutdruck in grösseren Aortenästen sich ändert, Worm-Müller⁴⁾ und L. v. Lesser⁵⁾ erwiesen experimentell die Fähigkeit des Gefässsystems, sehr wechselnden Mengen der Blutflüssigkeit sich anzupassen. Ferner weist Sonnenburg mit Recht darauf hin, dass durchaus nicht unmittelbar nach der Verbrühung eine auffallende Abkühlung der Haut vorhanden ist. Wir kommen jetzt zur Besprechung der Sonnenburg'schen Theorie, welche den Tod nach ausgedehnten Verbrennungen durch reflectorische Herabsetzung des Gefässonus erklärt. Trotzdem dieselbe eine grosse Verbreitung gefunden hat, erscheint sie uns — wir wollen dies bald vorweg bemerken — als durchaus unzutreffend, und zwar zunächst deshalb, weil gewisse experimentell beobachtete Thatsachen unrichtig interpretirt werden. Je öfter wir die Experi-

¹⁾ Petersburger med. Wochenschr. 1876.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 29.

³⁾ Arbeiten aus der physiol. Anstalt z. Leipz. 1872.

⁴⁾ Leipziger Berichte der Gesellsch. d. Wiss. 1873.

⁵⁾ Leipziger Berichte der Gesellsch. d. Wiss. 1874.

mentalstudie Sonnenburg's¹⁾ lesen, um so mehr müssen wir die von v. Lesser gegen dieselbe erhobenen Einwände als völlig begründet erachten. Wir können zunächst die Beobachtungen von v. Lesser, dass die Durchschneidung des Rückenmarks für den Endeffect der Verbrennung ganz bedeutungslos sei, völlig bestätigen, nachdem wir gleich v. Lesser, Kaninchen nach umfangreichen Verbrennungen ausnahmslos sterben, Hunde dieselben fast stets überleben sahen, ohne dass bei den letzteren die Medulla spinalis vorher durchtrennt war. Nach derartigen Erfahrungen kann doch der Ausspruch Sonnenburg's, dass die mächtigste und am meisten in die Augen springende Wirkung der Verbrühung, das rasche Sinken des Blutdrucks, nur durch Nerveneinfluss bedingt sei, nicht mehr als begründet gelten. So richtig die Thatsache der sehr schnellen Blutdruckerniedrigung nach ausgedehnter Verbrennung, so unzutreffend ist, wie wir später sehen werden, die Deutung ihres Zustandekommens durch reflectorische Gefässparalyse. Dass bei den nach Durchschneidung des Rückenmarks verbrannten Thieren die Blutdruckcurve wesentlich von der mit undurchtrenntem Mark verbrühter Kaninchen abweicht, erklärt sich ganz ungezwungen, wie dies auch v. Lesser bereits annimmt, aus dem durch die Operation bedingten Wegfall der reflectorischen Steigerung des Blutdrucks. Wäre die Hypothese in der That von dem Werth, welchen ihr ihr Begründer vindicirt, so hätte Sonnenburg nicht bei den gegen Verbrennung so widerstandsfähigen Hunden, sondern bei den gegen diesen Eingriff so wenig resistenten Kaninchen die todbringende Wirkung paralyisiren müssen; dem ist aber keineswegs so, denn sämtliche verbrühte Kaninchen starben trotz der Durchschneidung des Rückenmarks. Sonnenburg begnügt sich aber mit dieser Reflexhypothese nicht, da sie den unmittelbaren Tod nach Verbrennungen nicht erklärt, sondern nimmt für diese Fälle eine Ueberhitzung des Blutes, die zur Herzlähmung führt, an. Wie wenig diese Ansicht von einer Ueberhitzung des Gesamtblutes stichhaltig ist, hat ebenfalls L. v. Lesser durch vergleichende Messungen erwiesen, indem er zeigte, dass die Bluttemperatur im Herzen und in der ausserhalb des Verbren-

¹⁾ Zeitschr. f. Chirurgie. Bd. 9.

nungsbezirkes liegenden Körperhöhlen nur wenig, höchstens um $1-2^{\circ}\text{C.}$, und auch nur für kurze Zeit, erhöht wird. Demnach erfährt das aus den verbrannten Theilen direct stammende hoch temperirte Blut sehr rasch eine Durchmischung mit dem übrigen Körperblut. Wie stellt sich nun endlich der Begründer der Reflexhypothese zu der Frage von der Bedeutung des Blutkörperchenzerfalls für den lethalen Ausgang nach schweren Verbrennungen? Nun, er spricht dem Untergange der Erythrocyten jede wesentliche Bedeutung für das Zustandekommen der pathologischen Gewebstörungen ab, indem er sagt: „Wenn wir auch ohne Weiteres zugestehen müssen, dass eine derartige Zerstörung der Blutkörperchen stattfinden mag und dieselbe zu weiteren Veränderungen innerer Organe führen kann, so scheint diese Zerstörung in den meisten Fällen doch nicht so ausgedehnt vorzukommen, dass die Folgeerscheinungen zur Beobachtung kämen. Ausserdem fehlen bei dem Leichenbefund von Individuen, die sehr bald nach der Verbrennung starben, alle Anhaltspunkte für eine derartige Annahme. Auch sprechen meine später zu erwähnenden Experimente gegen diese Hypothese. Billroth u. A. konnten oft bei der mikroskopischen Untersuchung des Blutes nichts Auffallendes finden und auch unsere Untersuchungen waren meist resultatlos, wenigstens entsprechen sie nicht ganz dem von Ponfick entworfenen Bilde. Doch waren diese Untersuchungen bisher noch nicht sehr zahlreich.“ Diesem abweisenden Standpunkte bezüglich des Umfanges und der Bedeutung des Blutkörperchenzerfalles für das Zustandekommen gewisser Krankheitsprozesse nach stattgehabter Verbrühung steht eine Reihe von Beobachtungen ausgezeichneter Forscher gegenüber, welche gerade in der Blutalteration das wichtigste Erkrankungs- und Todesmoment bei der Verbrennung erblicken. Der erste, welcher einen schädigenden Einfluss hoher Wärmegrade auf die rothen Blutscheiben feststellte, war M. Schultze, indem er den Zerfall derselben auf seinem heizbaren Objecttische bei einer Temperatur von 52°C. nachwies. Schultze beobachtete bei Einwirkung dieser Hitze in Theilung begriffene rothe Blutkörperchen, ferner grosse Mengen rundlicher Körper von $0,001-0,004\text{ mm}$ Durchmesser, welche offenbar Fragmente der Erythrocyten darstellen. Diese Beobachtungen Schultze's fanden in späteren Unter-

suchungen von Klebs ihre volle Bestätigung. Auch dieser Forscher sah die rothen Blutscheiben bei ihrer Erwärmung über 45° C. absterben und bei noch höheren Temperaturen zerfallen. Auch Wertheim konnte im Blute verbrannter Hunde derartige Blutkörperchenveränderungen constatiren. Ponfick beobachtete wenige Minuten nach an Hunden vorgenommenen Verbrennungen einen zahlreichen Untergang rother Blutkörperchen durch eine Art Zerbröckelungs- oder Zerfliessungsvorgang, ferner Schatten, endlich eine grosse Menge kleiner gefärbter Partikelchen (Blutkörperchentrümmer). Diese Blutkörperchenfragmente, sowie das aus dem Stroma der entfärbten Erythrocyten (Ponfick's „Schatten“) stammende Hämoglobin werden nach diesem Forscher in lebenswichtige Organe geschwemmt und bewirken besonders in den Nieren, ferner in der Leber Verstopfungen, sowie parenchymatöse Veränderungen, welche den Tod herbeiführen können. Ein anderer Theil der Fragmente sammelt sich in der Milz und im Knochenmark, um dort schliesslich resorbirt zu werden. Ponfick glaubt, dass die rasch tödtenden Fälle von Verbrennungen bezw. ein grösserer Theil der schweren Symptome bei Genesenden durch ein ebenso ausgedehntes als plötzliches Zugrundegehen rother Blutkörperchen zu erklären sei. Ob es sich zugleich um einen Zustand acuter urämischer Intoxication handelt, lässt dieser Autor noch unentschieden. Dass in der That nach intensiven Verbrühungen schwere Schädigungen des Nierenparenchyms, wie sie Ponfick gesehen, öfters vorkommen, ist erst in jüngster Zeit wieder von Eug. Fränkel¹⁾ bestätigt worden. Die von Ponfick²⁾ beim Menschen wie Thier geschilderten Veränderungen der Erythrocyten hat auch L. v. Lesser in dem Blut seiner Versuchsthiere gefunden, aber da nach seinen Beobachtungen diese Blutsalutation eine nur unbedeutende ist, so sieht er nicht in dieser, sondern in einer acuten Oligocythämie im functionellen Sinne die Todesursache bei der Verbrühung. Dieselbe soll nach von v. Lesser auch den scheinbaren Widerspruch, dass trotz des raschen Todes nach Verbrühungen, trotz auffallender Rothfärbung des Serums die relative Blutkörperchenzahl fast unverändert ist, erklären. „Es kommt eben, sagt die-

¹⁾ Deutsche med. Wochenschr. 1889. No. 2.

²⁾ a. a. O.

ser Autor, nicht auf die Menge der zerfallenden oder bereits zerfallenen Zellen an, sondern auf die mikroskopisch, allerdings schwer controlirbare Zahl der überhaupt functionsunfähig gewordenen Blutscheiben an.“ Wenn wir nun auch v. Lesser bezüglich der Oligocythämie der rothen Blutscheiben im functionellen Sinne nach unseren Beobachtungen nicht beipflichten können, so möchten wir andererseits auch nicht zugeben, dass durch die Untersuchungen Hoppe-Seyler's¹⁾ an dem Blute Verbrannter, die v. Lesser'sche Anschauung von der Functionsschädigung der Erythrocyten völlig widerlegt sei. Denn wenn auch das Blut nach Verbrühung des Hautorgans ausser im Serum gelöstem Hämoglobin keine anderen aus zerstörten Blutkörperchen stammende Stoffe (Methämoglobin, Bilirubin, Biliverdin) enthält und die rothen Zellen so leicht und reichlich wie in der Norm beim Schütteln mit Luft Sauerstoff aufnehmen, so wäre es doch möglich, dass noch andere von v. Lesser nicht beschriebene, allerdings noch näher zu bezeichnende functionelle Schädigungen vorhanden sein könnten.

Wir gehen nun unter Beiseitelassung der durch die Hitzeeinwirkung bedingten, uns hier nicht weiter interessirenden localen Gewebstörungen (Hyperämie, Oedem, Gefässwandalteration, Stase, Thrombose, Nekrose) zur Mittheilung unserer eigenen Untersuchungen über, die im hiesigen pathologischen Institut angestellt wurden. Dieselben nahmen ihren Ausgangspunkt von der von Ponfick aufgestellten Theorie, und zwar deshalb, weil wir sie nach unseren anderweitigen Erfahrungen auf dem Gebiete der Blutpathologie für die zutreffendste hielten. Die erste Frage, welche einer erneuten experimentellen Prüfung nach unserer Meinung bedurfte, war die, welche Bestandtheile des Blutes und in welcher Weise dieselben nach schwerer Verbrennung erkranken? Um dies festzustellen, wurden Hunde sowohl wie Kaninchen, welche tief narkotisirt waren, in kochendes Wasser mit ihren Hintertheilen gesetzt und auf diese Weise umfangreich (meist bis zur Nabelhöhe) verbrannt. Kaninchen gingen nach dieser Procedur meist sehr rasch zu Grunde, Hunde dagegen überstanden diesen Eingriff fast ausnahmslos gut und zwar einmal wohl

¹⁾ Zeitschr. f. phys. Chemie. Bd. V. S. 1 u. 344.

deshalb, weil sie, wie v. Lesser bereits ganz zutreffend betont, eine weit stärkere und widerstandsfähigere Haut haben, und zweitens, wie wir glauben, wegen der ausserordentlichen Resistenz der Hundeblutkörperchen gegen schädigende Einflüsse, ganz im Gegensatz zu den so sehr empfindlichen rothen Blutscheiben der Kaninchen. Während die letzteren beispielsweise nach intravenöser Injection von Lackblut oder Pyrogallussäure in Folge ausgedehnter Gerinnungen im rechten Herzen oder der Pulmonalis schnell zu Grunde gehen, bewirkt eine derartige Infusion selbst stärkerer Dosen beim Hunde kaum eine merkliche Störung, höchstens nur ganz kurz dauernde, unbedeutende Dyspnoe. Was nun die Schädigungen der rothen Blutscheiben nach ausgedehnten Hautverbrühungen anlangt, so beobachteten wir einmal ganz dieselben Veränderungen, wie sie bereits von Schultze, Wertheim, Ponfick u. A. m. beschrieben worden sind. Auch die Leukocyten zeigten, wiederum in Uebereinstimmung mit den früheren Beobachtungen, mikroskopisch keine Gestaltsveränderung, auch ihre Zahl erschien uns nicht wesentlich vermehrt. Die Veränderungen der Erythrocyten bestehend in Blutkörperchen-Trümmern, Schatten, gequollenen, etwas blassen rothen Zellen und Mikrocyten finden sich nun aber in den verschiedenen mikroskopischen Blutpräparaten — das Blut wurde ohne Zusatzflüssigkeit, ferner in 1procentiger Osmiumsäure und 0,6procentiger Kochsalzlösung untersucht —, nur vereinzelt, während das Gros der rothen Scheiben vollständig normal dem beobachtenden Auge erscheint. Aus diesem Grunde, und weil ausserdem, wie von Lesser festgestellt, die Zahl der rothen Blutscheiben bei verbrannten Thieren keineswegs wesentlich vermindert ist, lag die Vermuthung nahe, dass die ihrer Form nach nicht veränderten rothen Scheiben dennoch erkrankt sein könnten. Diesem Gedanken hat vor uns — dies sei ausdrücklich hervorgehoben — v. Lesser in seiner auf Cohnheim's Anregung im Leipziger pathologischen Institut ausgeführten Arbeit bereits Ausdruck gegeben, indem er sagt: „Dies führt uns mit Nothwendigkeit zu der Anschauung, dass die Verbrühung des Hautorgans auch in den ihrer Form nach scheinbar intacten Blutkörperchen tiefere Alterationen mit Beschränkung oder selbst Aufhebung ihrer Functionsfähigkeit setzt.“ Diese functionelle Alteration der rothen

Blutscheiben spricht sich nach v. Lesser, in ihrer Unfähigkeit, dem Respirationsgeschäfte genügend vorzustehen, aus, eine Annahme, zu der dieser Forscher sich auf Grund folgender experimenteller Beobachtungen für berechtigt hält. Wurde nemlich das Blut hochgradig verbrannter Thiere oder das ihm gleichwerthige künstlich überhitzte Blut Kaninchen injicirt, welche durch Aderlass vorher anämisch gemacht worden waren, so erkrankten und starben die letzteren in kürzester Zeit unter den Erscheinungen hochgradiger Dyspnoe. Den Grund für diese Athemnoth erblickt v. Lesser in der Ausschaltung einer mehr oder minder grossen Zahl von rothen Blutscheiben aus dem Respirationsgeschäft. Die Richtigkeit der Anschauung, dass nach der Verbrennung ein grosser Theil der rothen Blutzellen ihrer Vitalität beraubt wird, sucht v. Lesser auch durch Heranziehung anderweitiger pathologischer Erfahrung zu beweisen. So führt er folgende von Klebs in der Naturforscherversammlung zu München mitgetheilte Versuchsreihe an: „Die Ohren eines in gewöhnlicher Rückenlage auf einem Czermak'schen Brett befestigten Kaninchens tauchen in ein Gefäss mit Wasser, welches allmählich erwärmt wird. Der Kopf ist durch passende Vorrichtung vor der Einwirkung der Hitze geschützt. Geschieht die Erwärmung schnell, so fehlen schwere Erscheinungen vollständig, die Thiere bleiben am Leben, während das Ohr in Folge der Verbrühung abstirbt. Geht dagegen die Erwärmung langsam vor sich, so ändert sich das Bild in höchst auffälliger Weise: Bei einer Wassertemperatur von 60° C. werden die Thiere unruhig, die Athmung und der Herzschlag beschleunigen sich immer mehr, dann zwischen 60 und 70° C. brechen plötzlich heftige Krämpfe aus, meist gehen die Thiere sofort zu Grunde; nur wenn die Erwärmung beim ersten Beginnen dieser Erscheinungen unterbrochen wird, gelingt es die Thiere zu retten.“ Einen besseren Commentar meint v. Lesser für die Deutung seiner experimentellen Ergebnisse sich nicht wünschen zu können. Er sagt: „Wir können aber mit um so grösserer Bestimmtheit an der von uns gegebenen Deutung der directen Todesursachen nach Verbrennungen festhalten, als durch neuere Arbeiten der Nachweis geliefert worden ist, dass verschiedene chemische Substanzen [Nitrobenzol (Filehne), chloresaures Kali (Marchand),

Pyrogallussäure (Neisser)], welche die Lebensfähigkeit der rothen Blutscheiben aufheben, einen ganz ähnlichen Symptomencomplex ergeben, wie die Verbrennungen eines grösseren Hautbezirktes“. Nun die von Lesser angezogenen Befunde beweisen absolut nicht die Richtigkeit seiner Anschauungen, so sehr dies auch auf den ersten Blick der Fall zu sein scheint. Ja gerade der Klebs'sche Versuch, der von seinem Urheber selbst ganz anders gedeutet wird, so wie die eigenartige Wirkung der eben genannten, auch von uns¹⁾ jüngst in einer grösseren Experimentalreihe studirten Blutgifte hat uns zu ganz anderen Anschauungen geführt. Aus der oben gegebenen Darstellung der v. Lesser'schen Theorie ist ersichtlich, dass dieser Forscher eine functionelle Schädigung der rothen Blutscheiben annimmt, ohne dieselben irgendwie anders als durch die Dyspnoe der Thiere und den Hinweis auf die analoge Wirkung anderer Substanzen zu begründen.

Diese so gegebene Begründung v. Lesser's konnte uns aber nicht genügen, und eben deshalb sahen wir uns veranlasst, das Verhalten der Erythrocyten nach Hautverbrennungen noch eingehender als dies bisher geschehen, zu prüfen. Die Methode, die wir hierbei wählten, stammt von Maragliano²⁾ und ist in einem Aufsatze über die Resistenz der rothen Blutkörperchen ausführlich mitgetheilt. Dieser Kliniker untersuchte normales menschliches, dem Kreislaufe rasch mit allen Cautelen entzogenes Blut und zwar erstreckten sich seine Beobachtungen besonders auf das Verhalten der rothen Blutkörper. 1) Bei Paraffinverschluss, 2) bei Erhitzung (50° C.), 3) bei Trocknung (26° C.), 4) bei Compression, 5) bei Behandlung mittelst verschiedener Reagentien, 6) bei Einwirkung von Farbstofflösungen. Dieselben Prüfungsmethoden wandte nun Maragliano auch beim kranken menschlichen Blute, welches von verschiedenen Leidenden stammte, an, und fand, dass sich die Erythrocyten dieses Blutes gegen die eben genannten Prüfungsmethoden ganz anders ver-

¹⁾ O. Silbermann, Ueber das Auftreten multipler, intervallaler Blutgerinnungen im Verlaufe gewisser Vergiftungen. Vortrag, gehalten in der Section für innere Medicin auf der Naturforscher-Versammlung zu Köln 1888, ferner dieses Archiv Bd. 117 Hft. 2 S. 288.

²⁾ Ueber die Resistenz der rothen Blutkörperchen. Berl. klin. Wochenschr. 1887. No. 43.

halten, wie diejenigen des Normalblutes; ihre Resistenz war gewissen Einwirkungen gegenüber wesentlich vermindert. Diese Methoden Maragliano's benutzten auch wir, um etwaige Veränderungen der ihrer Form nach unversehrten rothen Blutscheiben verbrannter Thiere feststellen zu können. Es wurde stets schon vor Anstellung des Verbrennungsversuches dem betreffenden Thiere eine Blutprobe entnommen, um die normalen und kranken Blutkörperchen ein und desselben Individuums vergleichen zu können. Wir sahen nun im normalen Kaninchen- und Hundeblut, das unter Paraffinverschluss bei einer constanten Temperatur von 25°C . sich befand, die rothen Blutscheiben fünf Stunden nach ihrer Entnahme aus dem Kreislauf nicht wesentlich verändert, in dieser Zeit nur wenige ihres Häoglobins ganz bzw. theilweise beraubt, oder so gequollen, dass sie Kugelform angenommen hatten; Poikilocytose fehlte gänzlich. Im Blute verbrannter Thiere dagegen fanden wir schon nach zwei Stunden trotz Paraffineinschliessung viel Schatten und sehr viel gequollene rothe Blutkörperchen, birnförmige Blutkörperchenfragmente und Mikrocyten. Normales Kaninchen- und Hundeblut 20 Minuten lang auf einer Kupferplatte der Erhitzung durch 44°C . ausgesetzt, zeigt keinerlei Veränderungen der rothen Blutscheiben, während die letzteren verbrannter Thiere schon nach 5 Minuten und bei einer Temperatur von 32°C . sehr zahlreich zerfallen oder die bizarrsten Formen annehmen. Auch das der Trocknung bei 26°C . ausgesetzte normale Blut, welches in äusserst dünner Schicht auf Objectträgern ausgebreitet ist, zeigt fast keine bemerkenswerthen Gestaltsveränderungen innerhalb der nächsten Stunde, das Blut verbrannter Thiere aber schon solche nach wenigen Minuten. Die rothen Scheiben sind theils gequollen und etwas blass, theils keulen- und bisquitförmig; ferner finden sich auffallend viel Mikrocyten und Schatten. Die Prüfung der Compressionswirkung auf normales und krankes Blut — dieselbe wurde durch mässigen Druck auf das Deckgläschen mittelst einer Präparirnadel herbeigeführt — ergab ein Zerplatzen von nur wenigen rothen Blutscheiben des Normalblutes, wogegen die Erythrocyten des verbrannten Blutes sehr zahlreich durch diese Procedur in Trümmer gingen. Ferner quellen und entfärben sich die normalen rothen

Zellen in 0,6procentiger Kochsalzlösung lange nicht so zahlreich und schnell, als die des Verbrennungsblutes; in Methylviolett-kochsalzlösung endlich werden gesunde rothe Blutkörperchen viel langsamer gefärbt, als die der verbrühten Thiere. Es mögen nun aus einer grösseren Anzahl von Experimenten — es wurden bei 8 verbrannten Kaninchen und 5 verbrannten Hunden Blutuntersuchungen vorgenommen — nur einige beispielshalber hier mitgetheilt werden.

Versuch den 7. Januar 1889.

a) Untersuchung des normalen Blutes.

Einem kräftigen, weissen Kaninchen von 2400 g werden aus einer kleinen Arterie des rechten Ohres, das vorher sorgsam rasirt, gewaschen und wieder getrocknet worden war, einige Blutropfen entnommen und sofort zur Anfertigung von verschiedenen mikroskopischen Präparaten verwendet. Drei derselben, welche mit Paraffinverschluss versehen und einer constanten Temperatur von 26° C. ausgesetzt werden, zeigen um 2 Uhr, 3 Stunden nach ihrer Anfertigung, bei der mikroskopischen Untersuchung das Gros der rothen Blutscheiben fast gänzlich unverändert; nur einige wenige derselben scheinen etwas blass und gequollen, Schatten und Blutkörperchentrümmer fehlen gänzlich. Wird das Blut dieses Thieres der Erhitzung bei 45° C. 20 Minuten lang, der Trocknung bei 26° C. 2 Minuten lang, ferner einer mässigen Compression durch das Deckglas ausgesetzt, so zeigen sich keine wesentlichen Gestaltsveränderungen der Erythrocyten. In 0,6procentiger Kochsalzlösung werden die rothen Scheiben stechapfelförmig und behalten diese Gestalt etwa 4—6 Minuten; dann quillt ein Theil derselben auf und wird kuglig, nach etwa 10 Minuten stellt sich vereinzelt Schattenbildung und mässige Entfärbung einiger rother Zellen ein. In Methylviolettkochsalzlösung (0,1 Farbstoff gelöst in 100,0 physiol. Kochsalzlösung) färben sich einzelne der rothen Scheiben (das Gros überhaupt nicht) schwach violett.

b) Untersuchung des Blutes von demselben, aber verbrannten Thiere.

Am 8. Januar 1889 wird das Kaninchen in tiefer Chloralnarkose mit seinen unteren Extremitäten in kochendes Wasser gesetzt und bis zur Nabelhöhe verbrannt. Um 11 Uhr Vormittags wird aus einer kleinen Ohrarterie des schwer kranken Thieres Blut entnommen und dasselbe in gleicher Weise, wie oben, untersucht. Es ergibt sich nun, dass die rothen Scheiben einer, ohne Zusatzflüssigkeit unter Paraffinverschluss aufbewahrten dünnen Blutschicht schon nach 1½ Stunden zum Theil zerfallen, theils sehr stark ausgelaugt erscheinen, ferner viele derselben bizarre Formen angenommen haben. Ausserdem finden sich auffallend viel Blutplättchen in den Präparaten. Das Blut auf kurze Zeit einer allmählich steigenden Hitze ausgesetzt (10 Minuten) zerfällt bereits bei 34° C. so zahlreich, dass bei der mikroskopischen

Untersuchung sich nur noch braunrothe Krümel finden; ebenso ist in den Trockenpräparaten der Blutkörperchenzerfall ein sehr ausgedehnter. Bei leichter Compression des Deckglases zerplatzen zahlreiche Erythrocyten, in 0,6procentige Kochsalzlösung gebracht nehmen viele erst gar keine Stechapfelform an, sondern quellen sofort kugelförmig auf und werden sehr rasch entfärbt. Eine grosse Anzahl normal aussehender Scheiben, sowie zahlreiche Schatten sind durch Methylviolett Kochsalzlösung bereits nach 2 Stunden deutlich gefärbt.

Versuch den 12. Januar 1889.

a) Untersuchung normalen Hundesblutes.

Schwarzer, glatthaariger Hund von 4,6 kg wird durch Scheerenschnitt am rechten Ohr verletzt und liefert Blut zu zahlreichen Präparaten. Unter Paraffinabschluss bei 25° C. erscheinen die Erythrocyten des Hundesblutes nach 4 Stunden noch völlig unverändert, nur sehr wenige sind etwas blass und gequollen. Durch Trocknung (bei 26° C.), durch Erhitzung (bei 45° C. 20 Minuten lang) wird ihre Form nicht verändert, gegen ziemlich bedeutende Compression erweisen sie sich ebenfalls sehr resistent und Methylviolett Kochsalzlösung färbt nur wenige der rothen Blutkörper nach 36 Stunden, in physiologischer Kochsalzlösung treten Gestaltsveränderungen der rothen Blutscheiben erst nach 8—10 Minuten auf.

b) Blutuntersuchung am verbrannten Thiere.

Derselbe Hund wird in tiefer Morphinumarkose am 14. Januar 1889 sehr intensiv bis zur Nabelhöhe verbrannt und ist am Nachmittage dieses Tages und am folgenden Morgen auffallend schwach und dyspnoisch. Nunmehr werden aus dem linken Ohre Blutproben entnommen und in der gleichen Weise, wie früher, untersucht. In den unter Paraffinverschluss gehaltenen Präparaten sieht man bereits nach 3 Stunden einen ganz bedeutenden Zerfall der rothen Scheiben, nemlich sehr bizarre Formen derselben, ferner Schatten und viel Blutplättchen. Auch bei Trocknung und Erhitzung zerfallen die Erythrocyten massenhaft, während sie gegen Compression sich fast so resistent, wie die normalen, erweisen. Die Tinction vieler rother Scheiben und Schatten erfolgt schon nach 2½ Stunden. Viele der rothen Zellen zeigen in physiologischer Kochsalzlösung gar keine Stechapfelform, sondern quellen sofort kugelförmig auf.

NB.: Der verbrannte Hund bleibt am Leben und erscheint nach Abheilung der Hautwunde ganz gesund.

Versuch den 21. Januar 1889.

a) Untersuchung des normalen Blutes.

Einem grossen, gelben Schäferhund von 8,4 kg wird aus dem rechten Ohre Blut entnommen, das sofort zur Anfertigung der einzelnen Präparate verwendet wird. Unter Paraffinverschluss zeigen die rothen Blutkörperchen nach 7 Stunden sehr wenig Veränderungen, nur einzelne haben eine schwächere Hämoglobinfärbung, als in der Norm, andere sind etwas gequollen;

Poikilocytose fehlt gänzlich. Erhitzung des Blutes, sowie Trocknung desselben bewirkt keine auffälligen morphologischen Veränderungen der rothen Zellen; dasselbe gilt von ihnen bei Anwendung mässigen Druckes auf das Deckglas. Eine Färbung der Erythrocyten mit Methylviolett ist erst nach 20 Stunden zu constatiren, in 0,6procentiger Kochsalzlösung nehmen dieselben zunächst die Zackenform und später erst ganz allmählich Kugelgestalt an.

b) Blutuntersuchung am verbrannten Thiere.

Am 23. Januar 1889 wird derselbe Hund in tiefer Morphinumnarkose in ein Gefäss mit kochendem Wasser gesetzt und bis zur Mitte des Bauches intensiv verbrannt. Nach dem Erwachen aus seiner Betäubung erscheint der Hund keineswegs erheblich krank, Schmerzensäusserungen fehlen gänzlich. Am folgenden Morgen ist das Thier auffallend matt, liegt viel auf dem Boden und sauft grosse Menge Wasser. Der nur spärlich gelassene Harn ist trüb, eiweiss- und hämoglobinhaltig. In den nun aus dem linken Ohr entnommenen Blutproben erweisen sich die Erythrocyten ganz auffallend empfindlich gegen Hitze, Trocknung, Compression und 0,6procentige Kochsalzlösung. Die Färbung derselben mit Methylviolettflösung erfolgt bereits nach $1\frac{1}{2}$ Stunden. In den gefärbten Präparaten sieht man auffallend viel violett erscheinende Blutplättchen.

NB. Auch dieses Thier, wie noch zwei andere ebenfalls in tiefer Narkose hochgradig verbrannte Hunde blieben nach Abheilung der Wunden dauernd gesund. Ein fünfter Hund überstand ebenfalls die intensive Verbrennung, starb aber eine Woche später an ausgedehnter Eiterung der Hautwunden.

Versuch den 4. Februar 1889.

a) Untersuchung des normalen Blutes.

Einem gelben, sehr starken Kaninchen von 2500 g wird durch Scheerenschnitt aus dem linken Ohr Blut entnommen und zugleich zur Anfertigung zahlreicher Präparate verwendet. Unter Paraffinverschluss zeigen die rothen Blutkörper nach 5 Stunden keine nennenswerthen Gestaltsveränderungen, nur wenige sind blass und gequollen, einige andere zeigen Keulen- und Bisquitformen. Bei Trocknung und Erhitzung des Blutes, ebenso bei Compression desselben sind nur geringe Zerstörungen der rothen Scheiben zu constatiren. Durch Methylviolett färben sich dieselben nur sehr spärlich nach Verlauf von 24 Stunden. In physiologischer Kochsalzlösung tritt erst die Stechapfelform und viel später die Kugelform der rothen Zellen auf.

b) Blutuntersuchung am verbrannten Thiere.

Am 6. Februar 1889 wird dasselbe Thier 10 Uhr Vormittags in tiefer Chloralnarkose durch kochendes Wasser am Hintertheil bis zur Nabelhöhe verbrüht und ist um 11 Uhr sehr schwer krank. Das nun dem Kaninchen aus dem rechten Ohre entnommene Blut zeigt bereits, trotz Paraffinverschlusses, nach 40 Minuten ein sehr abnormes Verhalten, denn ein grosser

Theil der rothen Scheiben ist stark gequollen und sehr blass, manche sind ganz ausgelaugt; ferner finden sich ausgedehnte Poikilocytose und zahlreiche Blutplättchenhaufen vor. Bei Erhitzung bis zu 32° C. zerfällt bereits das Blut, ebenso durch Trocknung bei 26° C. Bei leichtem Druck auf das Deckglas zerspringen zahlreiche Erythrocyten, in 0,6procentiger Kochsalzlösung werden sie meist kuglig, Färbung in Methylviolettkechsalzlösung erfolgt schon nach Ablauf von 2 Stunden.

Nachdem wir nun einerseits, in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtern (Schultze, Wertheim, Ponfick, Klebs, v. Lesser), eine ausgesprochene Formveränderung vieler rother Scheiben bald nach Verbrennung der Versuchsthiere gesehen, andererseits bei den ihrer Form nach unversehrten Erythrocyten eine gewisse Resistenzverminderung gegen mechanische, thermische und chemische Einwirkung nachgewiesen haben, wenden wir uns jetzt zur Betrachtung der durch Verbrühungen der Haut gesetzten Körperstörungen, sowie zur Frage nach der Art ihrer Entstehung. Was zunächst die anatomischen Befunde nach rasch tödtenden Verbrennungen betrifft, so sind seit langer Zeit bekannt: Hyperämie, hämorrhagische Infarcirung, Entzündung der Lungen, Pleuritis, venöse Hyperämie der Unterleibsorgane, des Hirns und seiner Häute, sowie Meningitis, hämorrhagische Erosionen und Geschwürsbildung im Magen-Darmkanal, Schwellung der Milz, degenerative Gewebsveränderungen der Niere und Leber, punktförmige Blutungen des Peri- und Endocards, der Darmserosa, kleinere und grössere Thromben in verschiedensten Gefässabschnitten, endlich Nekrose der Weichtheile und Knochen. Ueber das Zustandekommen dieser Prozesse sind, wie wir bereits früher erwähnten, von den einzelnen Forschern die verschiedensten Theorien aufgestellt worden. Die von uns gegebene Kritik der letzteren zeigte bereits deutlich, dass wir die Blutschädigung für das wichtigste Krankheitsmoment halten, und dass wir in Uebereinstimmung mit Ponfick die acuten Todesfälle nach Hautverbrennungen, sowie die schweren Symptome bei Genesenden von dieser Blutalteration ableiten. Es wird jetzt unsere Aufgabe sein müssen, diese unsere Anschauung eingehender zu begründen. Es ist zunächst darauf hinzuweisen, dass viele der bisher am Menschen wie am Thier erhobenen Befunde der Leiche entstammen, und deshalb — dies gilt besonders von den nach Verbrennung auftretenden capillären Gefässverstopfungen

— den Einwand ihrer postmortalen Entstehung zulassen. Dieser Vorwurf trifft eben so sehr die Beobachtungen Awdakow's und Foà's, wie Klebs' und Welti's¹⁾. Letzterer Autor hat in allerjüngster Zeit eine Experimentalstudie über die Todesursachen nach Verbrennungen publicirt und die früheren Klebs'schen Beobachtungen wesentlich erweitert, aber immer nur auf Grund von Leichenbeobachtungen. Was zunächst die Klebs'schen Befunde betrifft, so beziehen sich dieselben auf Gerinnungen in Hirngefässen, wie aus den auf der Naturforscherversammlung zu München (1877) gegebenen Mittheilungen dieses Forschers hervorgeht. Ganz besonders fanden sich in den Capillaren der Hirnrinde, während in den grossen Gefässen und im Herzen das Blut flüssig war, globulöse Stasen, d. h. in den ad maximum erweiterten Gefässen dicht gedrängte rothe Blutkörperchen, welche abgeplattet und polygonal gestaltet, also schon intravital zusammengespreßt worden waren. Diese Capillarthrombosen im Hirn sind nach Klebs die Ursache der Krämpfe und des Todes bei Verbrennungen. Ganz ähnliche Hirnbefunde wie Klebs hat Welti an den Leichen seiner Versuchsthiere erhoben, ausserdem aber im Magen und in den grossen Gefässen der Niere, an der Grenze von Rinde und Mark, Blutplättchenthromben nachgewiesen. Die Entstehung dieser Thromben führt Welti mit Recht auf das Verkleben der rothen Blutscheiben mit den im Verbrennungsblute nach seinen und unseren Beobachtungsversuchen sehr viel zahlreicher auftretenden Blutplättchen zurück. Endlich erwähnt Welti noch Plättchenhaufen in den Milzvenen und hämorrhagische Prozesse der Lungen; die letzteren beruhen nach seiner Vermuthung ebenfalls auf Thrombose. Diese Welti'schen Befunde, so wichtig sie auch sind, sind theilweise garnicht neu, denn ausser Klebs haben Brown²⁾, Awdakow und Foà bereits die Entstehung von Magen- und Darmgeschwüren auf Thrombenbildung zurückgeführt und zwar ebenfalls auf

¹⁾ Beiträge zur pathol. Anat. u. allg. Pathol. v. Ziegeler u. Nauwerck. 1889. Bd. IV. 5. Heft.

NB. Unsere Untersuchungen waren bereits völlig abgeschlossen, als Welti's Arbeit erschien, trotzdem haben wir dieselbe eingehend berücksichtigt.

D. Verf.

²⁾ Philad. medical Times. VI. 226. 1876.

Grund von Leichenbeobachtungen. Welti hat einige seiner Versuchsthiere unmittelbar nach dem Tode, die meisten viel später secirt, und eben deshalb sind seine Befunde, wenn auch Vieles für ihre intravitale Entstehung spricht, nicht ganz einwandfrei, da bei der so ausgesprochenen Gerinnungstendenz des Verbrennungsblutes, die betreffenden Blutfröpfe unmittelbar nach dem Verenden der Kaninchen also sehr wohl postmortal entstanden sein könnten. Um nun die nach intensiven Verbrennungen auftretenden Gerinnungen ganz sicher als intravital entstandene nachweisen zu können, entschlossen wir uns, die schwerkranken Versuchsthiere zu viviseciren bezw. zu tödten und dann sofort zu seciren. Um über die Blutvertheilung in der Brust- und Bauchhöhle ein sicheres Urtheil zu gewinnen, war es nothwendig, vor Eröffnung des Herzens und der grossen Gefässe, den Brustkorb und die Bauchdecken rasch abzutragen und zunächst eine Inspection beider Höhlen vorzunehmen. Verabsäumt man diese Vorsicht und schneidet vor erfolgter Inspection dieser beiden Höhlen, das Herz oder ein in denselben gelegenes grösseres Gefäss an, so ist nunmehr eine klare Uebersicht über die im Leben vorhanden gewesene Blutvertheilung kaum noch zu erlangen. Die unter den eben genannten Cautelen vorgenommene Vivisection bezw. Section der Versuchsthiere ergaben nun constant nach rascher Blosslegung der Brust- und Bauchhöhle einerseits eine enorme Blutfülle im rechten Herzen, den Cavis, der Pfortader, sowie in den übrigen venösen Bauchgefässen, andererseits ein fest contrahirtes auffallend kleines linkes Herz, sowie eine ausserordentliche Blutleere im Aortensystem; bei möglichst schneller Durchsuchung der einzelnen Gefässabschnitte fanden wir in allen unseren (8) Fällen Blutgerinnungen in den verschiedensten Organen, so im rechten Herzen, im Stamm und in den Zweigen der Pulmonalis, in der Vena hepatica an der Einmündungsstelle in die Cava, in einzelnen Pfortaderzweigen und in der Nierenvene. Ferner sahen wir fast immer Blutungen in den Lungen, in der Pleura, der Magen-Darmschleimhaut, seltener in den Nieren, deren Grenzschicht constant eine dunkelblaue Verfärbung darbot.

Versuchsbeispiele.

Versuch den 3. December 1888.

Kräftiger, glatthaariger, grosser Hund von 6,2 kg wird in tiefer Narkose sehr intensiv verbrannt. Das Thier ist etwa 2 Stunden später noch etwas unsicher im Gehen, sonst aber munter und nimmt Nahrung. Es besteht am folgenden Tage bis Mittag Anurie; dann lässt der Hund spontan eiweiss- und hämoglobinhaltigen Urin. Am folgenden Tage wird das Thier, das starke Durchfälle und bedeutende Dyspnoe hat, aufgespannt, durch doppelseitigen Pneumothorax getödtet und bei noch schlagendem Herzen secirt. Nach rascher Abtragung des Brustkorbes und der Bauchmuskeln sieht man die Lungenarterie, das enorm ausgedehnte rechte Herz und seinen Vorhof, die Cavae, die Pfortader, die Nierenvenen, sowie die übrigen venösen Bauchgefässe strotzend mit Blut gefüllt. Aus der angeschnittenen Cava ascendens spritzt das Blut in hohem Strahl. Im eröffneten rechten Herzen finden sich kleine rothe, mit den Trabekeln verfilzte Gerinnsel, eben solche ferner in einzelnen Zweigen der Pulmonalarterie. Im Magen und Darmkanal, die stark hyperämisch, sind zahlreiche linsengrosse Hämorrhagien vorhanden. Beide Nieren erscheinen auffallend gefleckt, indem sehr blutreiche, dunkelrothe Gewebspartien mit solchen von äusserst blasser Farbe abwechseln. Auch die Leber ist stark mit Blut gefüllt, aber die Blutvertheilung eine sehr ungleiche. Die Venen der Pia sind strotzend voll Blut, die Arterien sehr blutleer, in der Hirnsubstanz einige unbedeutende Blutungen.

Versuch, den 17. December 1888.

Schwarzes, kräftiges Kaninchen von 2400 g wird in Narkose an den Extremitäten und an der Bauchwand bis zur Nabelhöhe mit kochendem Wasser verbrannt und ist um 12 Uhr sterbend. Die nunmehr vorgenommene Vivisection ergibt wiederum eine sehr bedeutende Blutansammlung in der Lungenarterie, im rechten Herzen, in den Cavis, der Pfortader, allen übrigen abdominalen Venen; das linke Herz ist sehr klein und fest contrahirt, das Aortensystem sehr blutleer. Bei Durchsuchung des Gefässsystems findet man rothe Blutfröpfe, in einigen grösseren Zweigen der Pulmonalarterie, ferner in der Cava descendens unmittelbar vor ihrer Einmündung in den rechten Vorhof ein grosses, rothes Gerinnsel, ein eben solches in der linken Nierenvene; im Magen sind in der Gegend der Pars pylorica zwei hämorrhagische Erosionen, eben solche bemerkt man vereinzelt im Duodenum und in den übrigen Partien des Darms. Die Nieren, welche in der Gegend der Grenzschrift von auffallend dunkelblauer Verfärbung sind, die Magendarmschleimhaut, die Leber und Lungen zeigen alle eine äusserst ungleiche Blutvertheilung und in Folge dessen ein sehr fleckiges Aussehen. In den Lungen finden sich tief in's Gewebe gehende Blutungen, in der Hirnsubstanz einige punktförmige Hämorrhagien.

Versuch, den 27. December 1888.

Weisses Kaninchen von 2100 g wird in Chloralnarkose 10½ Uhr Vormittags in kochendes Wasser gesetzt, bis zur Nabelhöhe verbrannt und ist um 10 Uhr 58 Minuten sterbend. Schnell aufgespannt und vivisecirt bietet

es beinahe denselben anatomischen Befund dar, wie das Thier im vorhergehenden Versuchsbeispiel. Pulmonalarterie, rechtes Herz, Cavae, Pfortader u. s. w. sind strotzend mit Blut gefüllt, im rechten Ventrikel und in einigen grösseren Zweigen der Pulmonalarterie finden sich rothe Gerinnsel, Magendarmschleimhaut, wie Lungen sind sehr hyperämisch und weisen an verschiedenen Stellen kleine Blutungen auf, Nieren und Leber haben ein ausserordentlich geflecktes Aussehen, die Milz erweist sich beträchtlich vergrössert. Venen der Pia sehr stark gefüllt, in der Gegend der Medulla oblongata eine linsengrosse Blutung.

Wir hielten es nun wegen anderweitiger, beim Studium gewisser Vergiftungen gemachter klinischer und anatomischer Befunde a priori für wahrscheinlich, dass die nach Verbrennungen von uns gefundenen, mit Scheere und Pincette nachgewiesenen, grösseren Gefässverschlüsse den pathologischen Prozess keineswegs in seiner ganzen Ausdehnung darstellen; ja auf Grund der so zahlreich vorhandenen Blutungen in den verschiedenen Organen glaubten wir auch hier annehmen zu dürfen, dass in den feineren, so grob anatomischen Instrumenten nicht zugänglichen Gefässen sich ebenfalls Gerinnselbildungen finden würden. Zum Nachweis dieser muthmaasslichen Gefässverlegungen konnte wohl keine andere Methode in Frage kommen, als die Infusion einer Farbstofflösung in das Gefässsystem des lebenden Thieres. Von einer solchen in das todte Thier musste schon deshalb abgesehen werden, weil die so erhobenen Befunde den Einwand ihrer postmortalen Natur zuliessen. Wir benutzten nun ein Verfahren, das in der Beimengung von Farbstofflösungen zum circulirenden Blut bestand, und zwar deshalb, weil wir dasselbe bereits früher mit Erfolg für den Nachweis multipler intravitaler Gerinnungen nach Intoxication durch bestimmte Blutgifte (N. chloricum, Pyrogallussäure, Glycerin, Toluylendiamin, Arsenik, Phosphor) angewandt hatten¹⁾. Die Selbstfärbung der Thiere wählten wir in der Voraussetzung, dass die Gewebspartien verlegter Gefässbezirke ungefärbt bleiben würden, die für den Blutstrom zugänglichen dagegen gefärbt werden müssten. Als Farbstoff benutzten wir ausschliesslich in Wasser lösliches Eosin und zwar deshalb, weil es uns nach zahlreichen, an normalen Thieren angestellten, Beobachtungen bei weitem brauchbarer erschien, als die meisten anderen versuchten Farbstoffe. So ist beispiels-

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 117. Hft. 2.

weise das Indigcarmin wegen seiner grossen Diffusibilität und weil es aus Gefriermikrotomschnitten sehr rasch durch den Aether ausgezogen wird, nicht für unsere Zwecke verwendbar. Die Anilinfarbstoffe hingegen, so z. B. das wasserlösliche Anilinblau, Victoriablau, Methylviolett, Bismarkbraun u. s. w. bewirken im Blute normaler Thiere tödtliche Gerinnungen, unschädlichere Farbstoffe wiederum als Indulin, Nigrosin, Axoblau, Benzoazurin, Purpurin u. s. w. haften den lebenden Geweben nicht sehr fest an und verschwinden auch sehr bald aus denselben. Das Eosin dagegen (es enthält die Alkalisalze des Tetrabromfluoresceins) haftet an den einzelnen Organen sehr fest, diffundirt fast gar nicht und ist, was ganz besonders betont sei, für das Blut der Versuchsthiere absolut unschädlich. Dieser Farbstoff, der übrigens durch die Nieren in einigen Tagen wieder aus dem Organismus ausgeschieden wird, bewirkt in 1procentiger Lösung injicirt eine durchaus gleichmässige, rothe Färbung der Lunge, Leber, Niere, des Magens, Darms, Unterhautzellgewebes und der Hirnrinde, nicht aber der Marksubstanz, die überhaupt keinen Farbstoff annimmt. Eine solche Tingirung der Gewebe tritt auch dann noch auf, wenn der Blutdruck eines gesunden Kaninchens durch sehr bedeutende Blutentziehung oder Stäbchencompression der Lungenarterie von 130 Hg auf 30 Hg gesunken ist, eine Blutdrucksenkung, wie sie unmittelbar nach der Verbrühung des Hautorgans niemals auftritt. Dieselbe gleichmässige Färbung der Organe, wie durch Eosin, wird durch das in die Färbetechnik von Birch-Hirschfeld¹⁾ eingeführte Phloxinroth erzielt, ein Umstand, der sich aus der sehr ähnlichen chemischen Constitution dieses Farbstoffes (er enthält die Alkalisalze des Tetrabromdichlorfluoresceins) zur Genüge erklärt. Wir benutzten das Phloxinroth nur einige Male, da es in Breslau nicht vorrätig war, sondern erst immer aus Leipzig (von Dr. Grübler) bezogen werden musste. Nachdem wir noch an normalen Hunden und Kaninchen festgestellt, dass zur intensiven Färbung der ersteren 400 g, zu der der letzteren 100 g genügen, wenn die 1procentige Farbstofflösung (1 g Eosin auf 100 g 0,6 pCt. Kochsalzlösung) mittelst Spritze in die Carotis herzwärts ein-

¹⁾ Ueber Züchtung von Typhusbacillen in gefärbten Nährlösungen. Arch. f. Hygiene. Bd. VI. Hft. 4. S. 341.

getrieben wird, nahmen wir hierauf in gleicher Weise die Farbstoffinjectionen bei den hochgradig verbrannten Thieren vor. Die sofort nach intensiver Färbung angestellte Vivisection bzw. Section der von uns getödteten Thierte ergab nun sehr überraschende Befunde. In den mannichfachsten Farbennüancen erschienen nun die Gewebe, d. h. theils gleichmässig roth (normal gefärbte Partien), theils auffallend dunkelroth (thrombosirte und hämorrhagisch infarcirte Stellen), endlich ganz ungefärbt (thrombosirte, aber nicht hämorrhagisch infarcirte Gebiete). Am schärfsten trat diese differente Gewebsfärbung in den Lungen, dem Digestionstract, in den Nieren, der Leber, im Unterhautzellgewebe und in der Hirnrinde hervor. Dieser Befund war in 8 Versuchen (bei 5 Kaninchen und 3 Hunden) im wesentlichen derselbe, verschieden nur bei den einzelnen Thieren der Ort und der Umfang der Färbungsdifferenzen. Somit war festgestellt, dass das gefärbte Blut in Lungen, Nieren, im Magen-Darmkanal, Gehirn u. s. w. gewisse Gefässgebiete wegsam, andere undurchgängig, unwegsam vorfand. Dass diese Unwegsamkeit gewisser Gefässgebiete durch das Vorhandensein von Blutpfropfen bedingt war, bedarf wohl nach den vorhergehenden Auseinandersetzungen kaum noch eines besonderen Beweises. Zur Erzielung von recht prägnanten Färbungsergebnissen ist es von grosser Wichtigkeit, einerseits nicht zu früh die Autoinjection der Versuchsthiere einzuleiten, andererseits auch wiederum nicht zu spät, kurzum zu einer Zeit, wo das Thier schwer krank ist, das Herz aber noch die genügende Kraft hat, eine ausreichende Circulation der Farbstofflösung durch alle Gefässprovinzen zu bewirken. Es mögen hier nun wiederum einige Versuchsbeispiele folgen.

Versuch, den 6. November 1888.

Schwarzes Kaninchen von 2300 g wird in der Narkose um 8 Uhr Morgens an der Bauchhaut mit kochendem Wasser umfangreich verbrannt und ist um 11 Uhr sehr schwerkrank; es liegt auf der Seite, hat bedeutende Dyspnoe, kaum fühlbare Carotispulsation und eine Hauttemperatur von 36,2° C. Das Thier wird nun aufgespannt und bei demselben durch die freigelegte linke Carotis eine Infusion von 100 g einer 1procentigen Eosinkochsalzlösung herzwärts vorgenommen. 2 Minuten nach erfolgter Injection sind die sichtbaren Schleimhäute gut gefärbt; das sterbende Thier wird nun viviseirt und die Herausnahme der einzelnen Organe erfolgt bei noch schlagendem Herzen, nachdem vorher behufs Feststellung der Blutvertheilung in den

einzelnen Organen der Brustkorb und die Bauchmuskeln abgetragen worden waren. Bei der Inspection sieht man zunächst wieder die Pulmonalarterie, das rechte Herz, die Cavae, die Pfortader, die Nierenvene und die übrigen venösen Bauchgefässe ausserordentlich stark mit Blut gefüllt. Bei der Durchmusterung der herausgenommenen Organe bemerkt man eine sehr ungleichmässige Färbung der Lungen, der Nieren, der Leber, der Magen-Darmschleimhaut und der Hirnrinde. In den Lungen zeigen die beiden Unterlappen keine Eosinfärbung, sie sind blauroth und mit linsengrossen Blutungen vielfach durchsetzt; der linke Oberlappen dagegen ist ganz gleichmässig gefärbt, die Rinde, Grenz- und Marksicht beider Nieren weist zahlreiche, gänzlich ungefärbte Partien auf. Im Pylorustheil des Magens, auf der Höhe zahlreicher Schleimhautfalten finden sich inselförmige, ungefärbte Stellen, ebenso solche im Duodenum, wie auch in verschiedenen anderen Theilen der Darmschleimhaut; im rechten Leberlappen sind einzelne 20 Pfennigstück-grosse Gewebspartien nicht gefärbt; die Hirnrinde zeigt 4 verschiedene Stellen ungefärbt; durchaus gleichmässig roth ist dagegen das Unterhautzellgewebe. Die mikroskopische Untersuchung des Lungengewebes in Gefriermikrotomschnitten, sowie in, durch Müller'sche Flüssigkeit gehärteten Präparaten ergab die Anwesenheit homogener, braunrother Cylinder in vielen kleineren Lungenarterienzweigen; diese ungefärbten cylindrischen Massen bestanden der Hauptsache nach aus fest zusammengebackenen rothen Blutscheiben, die ihre normale Form völlig verloren hatten. Es handelte sich also hier um rothe Thromben. In anderen Zweigen der Pulmonalis sah man ebenfalls solche braunrothe homogene Pfröpfe, in denen aber die rothen Blutkörperchen ihrer Form nach völlig intact waren; hier hatten wir es demnach nur mit Stasen zu thun. Ganz gleiche Blutpfröpfe, wie die eben beschriebenen, d. h. Thromben sowohl wie Stasen, fanden wir in den Capillaren der Magen-Darmschleimhaut, der Leberarterie und der Pfortader, der Hirnrinde, vor Allem aber in denen der Niere; in letzterer fanden sich ganz so wie in der Lunge auch grössere Arterien und Venen thrombosirt und zwar im Gebiete der Grenzschicht. Ueberall wo die Farbstofflösung in Folge von Gefässverlegungen gewisse Partien der einzelnen Organe nicht erreichen konnte, finden wir auch mikroskopisch ein äusserst buntes Bild, indem gefärbte Gewebspartien mit ungefärbten abwechseln. So sieht man z. B. in den Lungen eine Anzahl roth tingirter Alveolen an solche, die völlig ungefärbt, angrenzen, in den Leberläppchen bald das Centrum, bald die Peripherie nicht gefärbt, in den Nieren schön roth gefärbte Glomeruli neben solchen, die der Eosinfärbung unzugänglich waren. In allen Fällen, wo die Farbstofflösung normale Circulationsverhältnisse antraf, findet sich als Ausdruck dessen, mikroskopisch, eine gleichmässige Färbung der Gewebe.

Versuch den 8. November 1888.

Kleiner gelber Mops wird um 11 Uhr Vormittags in der Narkose an seinen unteren Extremitäten wie an seinem Hintertheile verbrannt; Nachmittags sauft das Thier auffallend viel Wasser, zeigt aber sonst keinerlei

Krankheitserscheinungen. Am Mittage des folgenden Tages lässt das Thier eiweiss- und hämoglobinhaltigen Urin; das Befinden des Hundes ist heut weniger gut, es besteht ziemlich starke Dyspnoe und Durchfall. Das Thier wird um 12 Uhr 30 Minuten durch die frei präparirte rechte Carotis intensiv gefärbt, indem 400 g der Eosinkochsalzlösung herzwärts eingespritzt werden. Sobald die sichtbaren Schleimhäute deutlich roth, wird der Hund getödtet und bei noch schlagendem Herzen secirt. Die Section ergiebt ausser enormer Blutansammlung im Pulmonalstamm, dem rechten Herzen, in den Cavae und den grossen Unterleibsgefässen eine ausserordentlich ungleiche Rothfärbung der Lunge; in der Schleimhaut des Magen-Darmkanals finden sich zahlreiche grössere und kleinere ungefärbte Gewebspartien; die eine (linke) Niere ist ganz gleichmässig roth gefärbt, die andere ausserordentlich stark gefleckt; Leber und Hirnrinde sind in allen ihren Partien schön roth gefärbt, das Unterhautzellgewebe dagegen ist an wenigen Stellen frei von der Färbung geblieben. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Lunge, der Magen-Darmschleimhaut und der rechten Niere findet man in grösseren und kleineren Gefässen rothbraune ungefärbte Cylinder, die sich theils als Stasen, theils als Thromben darstellen; ein ganz besonders buntes Bild bietet die Niere in allen ihren Partien, da sie offenbar von sehr zahlreichen Gefässverlegungen betroffen worden ist; der grösste Theil der Glomeruli ist ungefärbt; in den der Farbstofflösung zugänglich gewesenen Gefässen finden sich auch hinwiederum die Gewebe schön roth gefärbt.

Versuch den 13. November 1888.

Weisses Kaninchen von 1900 g wird in der Narkose so aufgespannt, dass seine beiden Ohren in heisses Wasser von 50 Grad tauchen, welches innerhalb 10 Minuten bis auf 70 Grad erwärmt wird; jetzt bekommt das Thier sehr starke Dyspnoe und Streckkrämpfe und wird nun durch die schon vorher freigelegte linke Carotis mit Eosin gefärbt. Unmittelbar nach Beendigung der Farbstoffinjection ist das Thier moribund, und wird nun bei noch undulirendem Herzen secirt. Ausser der mehrfach beschriebenen Blutansammlung im rechten Herzen und den grossen Venenstämmen findet sich sehr ungleiche Färbung beider Nieren, der Leber, der Magen-Darmschleimhaut; im Duodenum ist eine markgrosse Schleimhautstelle ungefärbt; Hirnrinde ist ganz gleichmässig gefärbt, die Lungen sind auffallend blass und ganz ungefärbt; der Grund dafür liegt in dem Vorhandensein eines den Stamm der Pulmonalis verlegenden Pfropfens, mikroskopisch sieht man in den Gefässen der ungleich gefärbten Organe Stasen und Thrombosen, besonders zahlreich sind beide in der rechten Niere.

Versuch den 20. November 1888.

Kräftiges gelbes Kaninchen von 2400 g wird 12 Uhr Mittags in der Narkose an den Unterextremitäten und am unteren Drittel der vorderen Bauchwand mit kochendem Wasser verbrannt. Das Thier ist am Nachmittage in seinem Befinden nicht sehr gestört, am folgenden Morgen ist es aber schwer krank, es hat sehr bedeutende Dyspnoe, starke Cyanose und Durchfall. Das

Kaninchen wird um 11 Uhr aufgespannt und durch die linke Carotis mit Eosin gefärbt; wenige Minuten nach erfolgter Farbstoffinjection ist das Thier sterbend, es wird nun getödtet und bei noch undulirendem Herzen die Section vorgenommen. Dieselbe ergibt ganz wie bei den anderen Versuchsthiere enorme Blutansammlung im Stamm der Pulmonalis, im rechten Herzen, in den Cavis u. s. w., ferner eine ganz ungleichmässige Färbung der Lungen, der Nieren, Magen-Darmschleimhaut und der Hirnrinde; Leber und Unterhautzellgewebe sind dagegen gleichmässig roth tingirt. Bei der mikroskopischen Untersuchung der ungleich gefärbten Organe findet man in den Gefässen der Lungen, der Nieren, der Magen-Darmschleimhaut wiederum zahlreiche homogene, braunrothe Cylinder, die aus eng zusammengepressten rothen Blutscheiben bestehen. Diese Pfröpfe werden, wie Zupfpräparate lehren, in den einen Gefässen aus, ihrer Form nach erhaltenen eng zusammenliegenden Erythrocyten gebildet, in den anderen Gefässen dagegen bestehen diese Pfröpfe aus rothen Zellen, die ihre Gestalt völlig verändert haben, sie erscheinen meistens polygonal. Man hat bei der mikroskopischen Betrachtung des Blutes den Eindruck, dass dasselbe mit Gewalt in die Gefässe hineingepresst worden ist. Die strotzende Fülle der kleinsten Arterien, Venen und Capillaren, das Fehlen des Plasmas zwischen den Erythrocyten, ihre Verklebung, das Austreten seröser Flüssigkeit aus den Capillaren mit nachfolgender ödematöser Schwellung der von zahlreichen Ecchymosen und Hämmorrhagien durchsetzten Gewebe, alle diese Erscheinungen sind geradezu charakteristisch für das Bild der Stase. Dieselbe findet man viel zahlreicher, als Thromben in den Gefässgebieten der ungleich gefärbten Organe.

Nachdem wir am lebenden Thiere das Vorhandensein vieler Gefässperrungen nachgewiesen, erhebt sich die Frage nach dem Umfang und der Häufigkeit derselben in den einzelnen Organen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sind die Zweige der Lungenarterien der Sitz sehr umfangreicher und zahlreicher Pfröpfe, ein Befund, welcher völlig übereinstimmt mit den Erfahrungen der menschlichen Pathologie, denn auch dort ist das Pulmonalgebiet durch acut obturirende Gefässprozesse am häufigsten betroffen. Sehr selten dagegen fanden wir, wiederum im Einklange mit der menschlichen Pathologie den ganzen Stamm der Pulmonalis verlegt. Fast ebenso häufig, wenn auch nicht so ausgedehnt wie im Lungenparenchym, konnte man zahlreiche Gefässverlegungen und Blutungen in der Magenschleimhaut, besonders in der Pars pylorica constatiren, dieselben sind stecknadelkopf- bis linsengross und finden sich stets auf der Höhe der Schleimhautfalten.

Gleiche Veränderungen wie im Magen kommen in allen

Theilen des Darms vor, wenn auch nicht ganz so häufig. Ein fernerer, aber nicht so regelmässiger Befund, wie die Gerinnselbildungen in den Darmgefässen, sind solche im rechten Herzen, wo sie meist mit den Trabekeln verfilzt angetroffen werden; im linken Herzen, in der Leber, im Unterhautzellgewebe sind derartige Blutpfropfe nur selten aufzufinden. Dass in der Leber, wiederum im Einklange mit der menschlichen Pathologie, so selten Gerinnungen zu Stande kommen, hat wohl in der eigenthümlichen Gefässanordnung dieses Organes seinen Grund.

Welcher Natur sind nun die von uns im lebenden Thiere so zahlreich nachgewiesenen Gefässpfropfe? Wir haben schon öfter im Laufe der Arbeit von Thrombosen, niemals aber von Embolien gesprochen, und zwar deshalb, weil wir die Blutpfropfe als am Orte ihrer Auffindung, also autochthon entstanden ansehen.

Für diese unsere Ansicht spricht wohl zunächst der Umstand, dass man unmittelbar nach schweren Verbrühungen in den verschiedensten Gefässabschnitten des grossen und kleinen Kreislaufs, zahlreiche Verstopfungen kleiner Arterien, Venen und Capillaren mittelst der Färbemethode nachweisen kann, ohne dass ein Heerd, dem sie embolisch entstammen könnten, auffindbar ist. Ferner wird die thrombotische Entstehung der Gerinnsel wohl dadurch bewiesen, dass dieselben der Gefässwand fest anhaften und aus derselben durch leichtes Drücken oder Streichen bezw. Schütteln nicht zu entfernen sind, ein Verhalten das frisch entstandene Embolien niemals zeigen; die letzteren sitzen bekanntlich nur sehr locker in den Gefässen und fallen oft spontan aus denselben heraus. Drittens sind die Ausbreitungsbezirke der Verlegungen so gross, dass sie embolisch nur von einem grösseren Pfropfen herrühren könnten; da aber ein solcher nicht nachweisbar, müssen es Capillarthrombosen sein. Dass diese Gefässpfropfe sich am häufigsten gerade in den Capillaren bilden, hat wohl seinen Grund in der in diesen Gefässen vorhandenen Stromverlangsamung, ein Umstand, der bekanntlich die Entstehung von Thrombose ausserordentlich begünstigt. Ausser den sehr zahlreichen Capillarthromben finden wir, wie bereits oben erwähnt, auch grössere Pfropfe in der Pulmonalarterie, im rechten Herzen, in den Cavis, in der Pfortader u. s. w., die aber stets, dies sei besonders hervorgehoben, erst dann auf-

treten, wenn die Capillarverlegungen schon längere Zeit bestanden haben. Diese grösseren Gefässverschlüsse sind Stagnationsthrombosen, entstanden durch den behinderten Abfluss des Blutes aus dem rechten Herzen nach dem Gebiete des so vielfach verlegten Lungenkreislaufs. Die Capillargerinnsel sind die Ursache der Stagnationsthrombosen. Für das Zustandekommen der letzteren dürfte aber ausserdem noch die so ausgesprochene Gerinnungstendenz des Verbrennungsblutes verantwortlich zu machen sein. Dass gelegentlich, besonders *sub finem vitae*, von diesen grossen Stagnationsthromben kleine Theilchen durch den Blutstrom abgebröckelt und verschleppt werden, ist sicher, ein bedeutsamer Antheil, aber, an der Entstehung der so zahlreichen Capillarverschlüsse kann diesem Vorgange, nach der eben gegebenen Darstellung, nicht zuerkannt werden. Ausser diesen Blutpfropfen ergab die mikroskopische Untersuchung die Anwesenheit vieler Stasen in den verschiedensten Gefässgebieten. Diese Stasen in den kleinsten Abtheilungen der Gefässe, in den Capillaren und in den sich anschliessenden Venen und Arterien können sich bekanntlich bei Hebung der Herzkraft wieder lösen, und eben durch diesen Umstand ist wohl die Genesung schwer verbrannter Personen in erster Reihe zu erklären.

Welche Vorgänge sind es nun, durch die jene so vielfachen Thromben und Stasen in den verschiedensten Gefässprovinzen hervorgerufen werden? Eine primäre Gefässwand-erkrankung, oder eine die Blutpfropfe bedingende primäre Herzschwäche kann nicht nachgewiesen werden, es müssen demnach die Ursachen der Gerinnungen im Blute selbst gesucht werden. Und in der That die Schädigungen des Blutes nach intensiver Verbrühung sind so bedeutende, dass sie allein für das Zustandekommen der Gefässverlegungen vollständig ausreichen. Vor allem sind es die „Ponfick'schen“ Schatten, denen wir nach den grundlegenden Experimenten der Dorpater Schule eine wichtige Rolle bei dem Zustandekommen intravasculärer Gerinnungen zuerkennen müssen. Alexander Schmidt und sein Schüler Nauck¹⁾ haben nemlich gezeigt, dass die Stromata der rothen Scheiben in nur geringer Quantität dem circulirendem Blute beigemischt, den augenblicklichen Tod des Versuchsthieres durch

¹⁾ Dorpater Dissertation. 1886.

Gerinnungen im rechten Herzen oder der Pulmonalis bewirken, während das durch Centrifugiren der Erythrocyten erhaltene Hämoglobin nach seiner Einverleibung in die Blutbahn keinerlei Schädlichkeit hervorruft. Ferner sind es die zerbröckelten farbigen Elemente, sowie die im Verbrennungsblut zahlreich auftretenden, untereinander, sowie mit den Blutkörperchentrümmern und Schatten verklebenden Blutplättchen, welche ebenfalls zu Gerinnungen Veranlassung geben. In wie weit ausserdem die im Blute Verbrannter sich vorfindenden Mikrocyten und gequollenen, etwas blasser, als die normalen, erscheinenden rothen Zellen, an Gerinnungsvorgängen betheiligt sind, muss weiteren Beobachtungen vorbehalten bleiben. Soviel ist aber wohl sicher, dass in den Schatten, Blutkörperchentrümmern und Blutplättchen eine ausreichende Quelle gerinnungserregender Momente zu erblicken ist.

Stehen nun die am verbrannten Thiere beobachteten Krankheitserscheinungen mit den erhobenen anatomischen Befunden im Einklange? Gewiss. Wie wir jetzt zeigen werden, lassen sich sämtliche Symptome durch die so zahlreichen Gefässverschlüsse ganz ungezwungen erklären. Im Mittelpunkte der Krankheitserscheinungen stehen, nach dem übereinstimmenden Urtheile aller Beobachter einerseits die enorme Dyspnoe und Cyanose, andererseits das rasche und unaufhaltsame Sinken des Aortendruckes. Diese Symptome erklären sich in durchaus ungezwungener und einheitlicher Weise durch die von uns am lebenden Thiere festgestellten Vorgänge. Die so vielfachen Thromben und Stasen im Gebiete der Pulmonalarterie bedingen nemlich einmal ein vermindertes Einströmen von Blut in die Lungen, zweitens aber einen bedeutenden Ausfall von Athmungsfläche, Momente, die schwere Störungen im Lungengaswechsel und damit die so hochgradige Dyspnoe der Kranken hervorrufen. Ferner bewirkten diese so grossartigen Verlegungen des Lungenkreislaufes einerseits einen sehr behinderten Abfluss des Blutes aus dem rechten Herzen und hiermit allgemeine venöse Stauung (Cyanose), andererseits eine lebensgefährliche arterielle Anämie, die in kurzer Zeit die Pulslosigkeit Verbrannter herbeiführt. Aus diesem rapiden Sinken des Aortendruckes resultiren Krämpfe, Cyanose, Coma, Erbrechen, allgemeine Prostration und

die Temperaturerniedrigung, kurzum alle auf das tödtliche Ende hinweisenden Symptome. Diese so schweren Circulations- und Respirationsstörungen genügen selbstverständlich an sich schon vollständig für den Eintritt des Todes und sie bewirken ihn auch thatsächlich in den meisten Fällen acuttödtender Verbrennungen. Wenn der Ort der Verbrühung (Hals, Brust, Arme) der Schädelhöhle relativ nahe liegt, kommt es besonders leicht zu Gerinnungen und Blutungen in der Hirnrinde und Hirnsubstanz und damit ebenfalls zu einem sehr raschen Ende der Kranken. Tritt nun der tödtliche Effect nach der Combustion nicht sofort, sondern erst nach einigen Tagen ein, so findet man die oben näher geschilderten Circulations- und Respirationsstörungen meist vergesellschaftet mit einer Reihe secundärer Organveränderungen. Dieselben bestehen vor Allem in Hypostasen, Infarcten und Entzündungen der Lunge, als Folge der grossartigen Circulationsstörungen in derselben, ferner beobachtet man schwere Gewebsveränderungen in der Magen-Darmschleimhaut, Niere, Leber, dem Hirn, dem Unterhautzellgewebe, endlich in den Muskeln und Knochen. Was zunächst die Prozesse in der Magen-Darmschleimhaut betrifft, so entwickeln sich dieselben, wie mittelst der Färbemethode dargethan wurde, in Folge zahlreicher intravital entstandener Capillarthrombosen, die zunächst zu Epithelnekrosen und Hämorrhagien, schliesslich zu oft sehr tiefgehenden Substanzverlusten führen. Wenn die letzteren am häufigsten in der Magenschleimhaut und im Duodenum auftreten, während unsere Färbemethode überall im Darmkanal Gefässverstopfungen nachwies, so kann dies wohl nur in der peptischen Einwirkung des Magensaftes, wie bereits Ponfick hervorhebt, seinen Grund haben. Ebenso wie im Digestionstract finden sich in der Niere zahlreiche, durch die Färbemethode nachgewiesenen Gefässverlegungen, welche in Folge der durch sie bewirkten Circulationsstörungen dieses Organ schwer schädigen; es kommt hier zur ausgedehnten Degeneration des Epithels der Glomeruli und Tubuli contorti, und damit zur Bildung vieler breiter, mattglänzender Cylinder in den gewundenen Harnkanälchen. Dasselbst sind ferner oft braune, wurstförmige Massen vorhanden, welche Hämoglobinpfröpfe darstellen. Diesen letzteren kommt aber, wie Ponfick gezeigt, als Ausdruck einer hoch-

gradigen Hämoglobinämie, eine ganz besondere pathologische Bedeutung zu, denn einmal ruft das Verbrennungsblut, gleich jeder concentrirteren Hämoglobininlösung¹⁾, bei dem Durchtritt durch die Glomerulusgefässe und die Epithelien in diesen Gebilden einen entzündlichen Zustand hervor, ausserdem aber bewirken die in körnig-drüsiger Form in den Harnkanälchen angesammelten Cylinder eine ausgedehnte Verstopfung derselben und damit einen gefahrdrohenden Stillstand in dem Vorgange der Harnsecretion. — Ferner dürften an diesen so schweren Gewebsläsionen der Niere wohl aber, ausser den Thromben und Stasen, die so hochgradige arterielle Anämie und venöse Hyperämie, welche nach intensiver Verbrühung dieses Organ nicht minder betrifft, als alle übrigen, einen sehr bedeutenden Antheil haben. Wie kommt es nun aber, dass gegenwärtig noch über die Existenz und die Art der Verbrennungsnephritis so lebhaft Controversen bestehen? Dieselben sind in der Thatsache begründet, dass oft nach schweren Verbrennungen, Eiweiss- und Hämoglobincylinder im menschlichen und thierischen Harn fehlen. So richtig unzweifelhaft dieser Befund, so wenig ist er geeignet, die Existenz der Verbrennungsnephritis zu erschüttern, welche von Ponfick zuerst beschrieben und von anderen Forschern (Eug. Fraenkel, Welti) ebenfalls gesehen worden ist. Die negativen Ergebnisse der Harnanalyse — dies ist doch schon sattsam aus anderen Erfahrungen der Nierenpathologie bekannt — beweisen absolut nichts gegen das Vorhandensein einer Nephritis, ja die letztere kann, wie wir wissen, sogar sehr hochgradig sein, ohne dass eine Spur von Albuminurie besteht, so lange nur ein Theil der Nierensubstanz noch normale Glomeruli besitzt. Dies ist aber auch bei der Verbrennungsnephritis der Fall, denn nur heerdweise finden sich diese thrombotischen Gefässverschlüsse im Nierenparenchym, und deshalb kann sehr wohl normaler Harn geliefert werden. Dass aber die von den Gefässverlegungen ergriffenen Theile nicht mehr secerniren, bedarf wohl kaum einer besonderen Auseinandersetzung. Ebenso wenig wie die capillären und grösseren Thromben braucht die arterielle Anämie zur Albuminurie zu führen, denn mag der Blutdruck und die

¹⁾ Die Galle der verbrannten Thiere erwies sich bei der spectroscopischen Untersuchung häufig als hämoglobinhaltig.

Blutmenge in den nicht verlegten Gefässen noch so vermindert sein, eine völlige Unterbrechung der Circulation findet nicht statt, damit ist aber eine noch gewisse Ernährung der Glomerulusgefässe gegeben. Auch bedeutende venöse Stauung muss durchaus nicht immer, besonders bei Menschen, Eiweissharnen bedingen, da, wie die ärztliche Erfahrung täglich lehrt, die an hochgradigem Emphysem oder schweren Herzkrankheiten Leidenden trotz ihrer Dyspnoe und Cyanose keineswegs stets Albumen im Harn haben. Wo nun aber nach schweren Verbrennungen Albuminurie auftritt, müssen wir wohl annehmen, dass ausser einer so grossartigen Gefässverlegung eine so bedeutende arterielle Anämie und venöse Stauung eingetreten war, dass alles Nierengewebe schwer geschädigt und damit der Eintritt der Albuminurie unabweisbar wurde. Wie in der Niere, finden sich auch in der Leber schwere parenchymatöse Veränderungen, für welche wir, da in diesem Organ nach Verbrennung Gefässverlegungen nur selten und spärlich auftreten, in erster Reihe die arterielle Anämie und venöse Hyperämie verantwortlich machen müssen, Vorgänge, welche bekanntlich zur Nekrobiose und Nekrose der Zelle führen. Die nach Verbrühung fast immer auftretende Milzschwellung, der als Krankheitserscheinung nur eine geringe Bedeutung zukommt, müssen wir mit Ponfick durch Ablagerung zahlreicher Blutkörperchenfragmente in das Pulpagewebe erklären.

Diese Blutkörperchentrümmer sind es wohl auch, welche die in neuester Zeit von Wagenmann¹⁾ nach Verbrennung beobachtete Retinitis haemorrhagica hervorrufen, indem sie in einzelnen Netzhautgefässen mit einander verkleben und so einen thrombotischen Verschluss derselben bedingen. Wir wenden uns nun zur Betrachtung der Hauttemperatur bei Verbrannten, die bekanntlich im Laufe der Krankheit sehr oft auffallend unter die Norm sinkt, wie ausser Anderen, Redard, Sonnenburg und Billroth beobachtet haben. Diese Erniedrigung der Hautwärme bei Verbrannten resultirt nach unserer Ansicht ebenfalls aus der so grossartigen arteriellen Anämie, welche zu einer sehr starken Contraction der Hautarterien und damit zu einer verminderten Wärmeabgabe an die Haut führt. Mit dieser Erklärung steht auch die Thatsache sehr gut im Einklange, dass

¹⁾ Graefe's Archiv Bd. 34. Abth. 2.

bei Verbrannten im Gegensatz zur Axillartemperatur, die im Rectum etwas höher als normal ist, und zwar deshalb, weil bei verminderter Wärmeabgabe durch die Haut einerseits und unveränderter Wärmeproduction¹⁾ andererseits eine Wärmestauung im Körperinnern auftreten muss. Was nun schliesslich noch das Verhältniss der parenchymatösen Veränderungen der Organe zu den in den letzteren so häufig vorhandenen Thromben betrifft, so ist darauf hinzuweisen, dass diese Gefässverschlüsse das Primäre, die Degenerationsvorgänge in den Zellen aber das Secundäre sind, denn wie wir vermittelt der Färbemethode beobachten konnten, sind in allen Fällen von Verbrennungen zahlreiche Gerinnselbildungen vorhanden, während die nekrobiotischen und nekrotischen Vorgänge in den Zellen nach sehr schnellen tödenden Combustionen fehlen. —

Sind nun die am Menschen beobachteten Krankheitserscheinungen ebenfalls durch zahlreiche Gefässsperrungen (Thromben und Stasen), wie wir sie am lebenden Thiere nachgewiesen, bedingt? Wir halten dies für ganz zweifellos, und zwar deshalb, weil die am Krankenbette beobachteten Symptome, wie die Dyspnoe, die Cyanose, die Pulslosigkeit, das Coma, einmal dieselben sind, die wir vorher am Thiere gesehen haben; zweitens aber auch, weil bei der menschlichen Verbrennung ganz gleiche Blutkörperchenveränderungen, wie beim Hunde und Kaninchen, auftreten und damit auch dieselbe Erklärung für das Zustandekommen der Krankheitserscheinungen gegeben ist. Wenn Billroth, Sonnenburg u. A. Schädigungen der rothen Blutkörperchen bei ihren Kranken nicht beobachten konnten, so haben diese Forscher offenbar die Verbrannten erst zu einem Zeitpunkte untersuchen können, wo die bekanntlich sehr rasch nach der Combustion auftretenden Blutkörperchenveränderungen nicht mehr vorhanden bzw. nachweisbar waren. Ausserdem ist zu betonen, dass, wie wir sahen, die ihrer Form nach unversehrten rothen Scheiben sehr wohl schwer erkrankt sein können, eine Thatsache, die von Billroth und Sonnenburg gar nicht in Betracht gezogen worden ist. So wie die klinischen Befunde, zeigen auch die pathologisch-anatomischen bei verbrannten Menschen

¹⁾ Es könnte sich auch hier möglicher Weise um eine etwas vermehrte, aber erst nachzuweisende Wärmeproduction handeln.

und Thieren eine völlige Uebereinstimmung, beiderseits finden sich schwere Veränderungen in den Lungen, den Nieren, in dem Digestionstract, in der Leber, dem Hirn u. s. w. Auch die Untersuchungen Tappeiner's haben das übereinstimmende Resultat ergeben, dass nach Verbrennung beim Menschen sowohl, wie bei dem Thiere, in Folge reichlicher und plötzlicher Serumverluste eine Eindickung des Blutes erfolgt, der sicher ein bedeutender Antheil an den so schweren Krankheitserscheinungen zukommt. Die erste Ursache für die Eindickung des Blutes bei den Verbrannten möchten wir nach unseren Beobachtungen in der so zahlreiche Thromben und Stasen bewirkenden Blutschädigung erblicken, als deren nothwendige Folge eine mit bedeutender Transsudation in die Gewebe einhergehende Drucksteigerung in den vor den Gefässverschlüssen liegenden Blutbahnen auftritt. Dass in den Sectionsprotocollen Verbrannter sehr häufig Lungenödem erwähnt wird, ist demnach sehr erklärlich, denn wie wir früher sahen, finden sich beim Thiere im Gebiete der Lungenarterien die Gefässsperrungen am allerzahlreichsten vor, ein Befund, welcher auch an menschlichen Leichen sehr oft erhoben worden ist. Aus der in den Arbeiten von Schjerning¹⁾ und Seliger²⁾ enthaltenen Uebersicht der Obductionsresultate Verbrannter geht hervor, dass in mehr als 50 pCt. aller Fälle die Lungen schwer verändert gefunden wurden, ja bei einer Zusammenstellung der Sectionsbefund Verbrannter, die erst nach 2 Tagen oder später ihrem Leiden erlagen, erwähnt Schjerning bei 125 Obductionen 87 Mal einen Lungenbefund, darunter 55 Mal Pneumonien.

Auch wir können auf Grund einer allerdings nur geringen Erfahrung — wir beobachteten bisher 5 Fälle von tödtlichen Verbrennungen bei Kindern und sahen 2 derselben zur Section kommen — bestätigen, dass die Störungen im Lungenkreislauf und seinen Folgen bei rasch tödtenden Verbrennungen die hauptsächlichste Todesursache darstellen. In der einen unserer Beobachtungen handelt es sich um einen 10jährigen Knaben, der durch einen grossen Topf heissen Wassers am Halse und der Brust verbrannt wurde und in Folge dieser Verbrühung

¹⁾ Vierteljahrsschrift f. ger. Med. Bd. 41. 1884.

²⁾ Ebenda Bd. 47. 1887.

6 Stunden später unter Dyspnoe, Cyanose und Pulslosigkeit losigkeit zu Grunde ging. Der zweite Fall betrifft ein 1jähriges Mädchen, das in einem unbewachten Augenblick die Petroleumlampe umwarf und sich dadurch eine Verkohlung der ganzen linken Körperhälfte zuzog. Das Kind wurde unmittelbar nach der Katastrophe in die Königl. chirurgische Klinik hierselbst gebracht und verstarb dort $1\frac{3}{4}$ Stunden später unter den Erscheinungen der höchsten Athemnoth und Cyanose. Die von uns vorgenommene Section beider Fälle ergab makroskopisch eine enorme Blutansammlung im Stamm der Lungenarterien, dem sehr gedehnten rechten Herzen, in den Cavis, der Pfortader und den übrigen venösen Bauchgefässen, sowie Hyperämie und Blutungen des Lungengewebes, mikroskopisch zahlreiche Thromben und Stasen in den Zweigen der Lungenarterie. Hirn, Magendarmschleimhaut, Nieren und Leber waren venös hyperämisch; Gefässverlegungen konnten in letzteren Organen nicht nachgewiesen werden. Viel zahlreicher, als unsere Erfahrungen über Verbrennungen im Kindesalter sind diejenigen der chirurgischen Hospitäler, deren Statistiken übereinstimmend bekunden, dass mehr als die Hälfte aller Verbrennungen das Kindesalter betreffen, und dass dieselben hier, auch wenn sie nicht sehr intensiv, meist lethal verlaufen. Dass aber gerade bei Kindern so häufig scheinbar unbedeutende Verbrennungen zum Tode führen, hat, wie wir kurz zeigen wollen, seine ganz besonderen Gründe. Einmal nemlich, wie dies bereits v. Lesser zutreffend hervorhebt, ist die kindliche Haut relativ dünn und deshalb muss bei Hitzeeinwirkung auf dieselbe eine viel grössere Schädigung der Blutkörperchen erfolgen, als bei einer gleich grossen Hautverbrennung Erwachsener. Ferner sind, wie die so häufig auch ohne Hypoplasie des Gefässsystems im Kindesalter vorkommende Anämie und Chlorose beweist, die kindlichen rothen Blutkörperchen gegen schädigende Einflüsse, also wohl auch gegen Verbrennungen, viel weniger resistent, als die der Erwachsenen. Drittens bedingen die Wachstumsverhältnisse des kindlichen Herzens vom 6. Jahre ab bis zur Pubertät hin eine nur sehr geringe Arbeitsleistung desselben, da seine Masse um diese Zeit im Verhältniss zum Körpergewicht, wie Benecke's¹⁾ Untersuchungen gezeigt

¹⁾ Die anatom. Grundlagen der Constitutionsanomalien. Marburg 1878.

haben, ganz auffallend klein, und deshalb unfähig ist, grössere Widerstände im Gefässsystem zu überwinden.

Nachdem wir die bei Verbrennungen beobachteten klinischen und anatomischen Befunde eingehend besprochen, möchten wir jetzt noch ganz kurz die Frage erörtern, unter welche pathologische Prozesse die Combustion einzureihen ist? Nun, wir meinen in die Gruppe der primären Bluterkrankungen, und zwar deshalb, weil bei der Verbrühung die plötzliche und bedeutende Schädigung der rothen Blutscheiben zu einem Gift für den Organismus wird und analoge Störungen in den lebenswichtigen Organen setzt, wie sie nach unseren Beobachtungen¹⁾ durch Kali chloricum, Pyrogallol, Glycerin, Tolylendiamin, Anilin u. s. w. bewirkt werden. Aehnliche Organveränderungen, ebenfalls bedingt durch eine Erkrankung des Blutes, aber nicht durch eine solche der Erythrocyten allein, sind von v. Bergmann und Angerer²⁾ für die putride Intoxication, von Scheiding³⁾ für die Leuchtgasvergiftung, von Heincke⁴⁾, Jolles⁵⁾ und besonders eingehend von E. Kaufmann⁶⁾ unter Benutzung unserer Methoden (Vivisection, Selbstfärbung der Versuchsthiere) für die Sublimatintoxication, von uns⁷⁾ endlich für die Arsen- und Phosphorvergiftung beschrieben worden.

Am Schluss unserer Arbeit sei es uns gestattet die Hauptergebnisse derselben in folgende Sätze zusammenzufassen:

1) Nach schweren Hautverbrennungen tritt nicht nur eine Formveränderung der rothen Blutkörperchen, sondern auch eine Verminderung ihrer Resistenz gegen gewisse Einwirkungen (Trocknung, Hitze, Compression, Kochsalzlösung, Tinction) auf.

2) Die in morphologischer, wie in vitaler Beziehung veränderten rothen Blutscheiben bedingen in Verbindung mit den nach der Verbrennung so zahlreich auftretenden Blutkörperchen-

¹⁾ Dieses Archiv Bd. 117. Hft. 2.

²⁾ Festschrift zur dritten Säcularfeier der Alma Julia Maximiliana. Bd. I. Leipzig 1882.

³⁾ Die Fermente. 1888.

⁴⁾ Die Fermentintoxication und deren Beziehung zur Sublimat- und Leuchtgasvergiftung. Archiv f. klin. Medicin. Bd. 42.

⁵⁾ Erlanger Dissertation. 1886.

⁶⁾ Die Sublimatintoxication. Habilitationsschrift. Breslau 1888.

⁷⁾ Dieses Archiv Bd. 117. Hft. 2.

trümmern und Blutplättchen das Zustandekommen vieler thrombotischer Gefässverschlüsse und Stasen in den verschiedensten Organen, so vor Allem in den Lungen, in den Nieren, im Digestionstract, in der Leber, im Hirn und im Unterhautzellgewebe.

3) Diese Gefässverlegungen, welche am häufigsten und grössten in der Pulmonalarterie sich finden, sind intravital entstanden.

4) Aus den so zahlreichen Gefässverschlüssen und Stasen in den Lungenarterienzweigen resultirt einerseits ein sehr bedeutendes Hinderniss für die Entleerung des rechten Ventrikels, und eine enorme allgemeine venöse Stauung, andererseits eine grossartige arterielle Anämie.

5) Die letztere, sowie die so bedeutende venöse Stauung, ferner die zahlreichen Thromben und Stasen bewirken die Blutungen, Geschwürsbildungen und parenchymatösen Veränderungen der Organe.

6) Aus den eben angeführten Circulationsstörungen erklären sich ferner die bei Verbrennungen auftretenden Krankheitserscheinungen, so die Dyspnoe, die Cyanose, das Coma, die Kleinheit des Pulses, die Lungenaffection, die Krämpfe, die Anurie und die so auffällige Erniedrigung der Hauttemperatur.

7) Der tödtliche Ausgang bei nicht umfangreichen Verbrennungen der Kinder ist einmal durch die in Folge der dünneren Haut intensivere Hitzewirkung auf die rothen Blutzellen, ferner durch geringere Resistenz der kindlichen Erythrocyten, drittens durch das im Kindesalter auffallend kleine, und deshalb nur wenig leistungsfähige Herz bedingt.
