

zersetzt wird, — wodurch eben die zerstörende Wirkung auf die Blutkörperchen bedingt ist — und dass nur ein geringer Bruchtheil des Salzes in unveränderter Form wieder ausgeschieden wird. Wenn auf der einen Seite hierdurch die Vortheile der innerlichen Application kleiner Gaben mindestens zweifelhaft werden, fordert die Wirkungsweise des Mittels in grösseren Gaben andererseits dringend zur Vorsicht auf, besonders da man nicht im Stande ist, den Moment zu beurtheilen, von welchem an die schädliche Wirkung auf das Blut beginnt. Aus diesem Grunde muss ich bei der Behauptung stehen bleiben, dass die innerliche Anwendung des Kali chloricum namentlich aus der Kinderpraxis lieber ganz zu verbannen ist, als dass man stets von Neuem die Patienten, vielleicht um unbedeutender Affectionen willen, einer intensiven Lebensgefahr aussetzt.

XXV.

Ueber das Methämoglobin.

Von Dr. Felix Marchand,

Assistenten am pathologischen Institut zu Halle.

(Hierzu Taf. XVI.)

Hoppe-Seyler betrachtete ursprünglich das Methämoglobin als nahe verwandt mit dem sauren Hämatin, als eine Verbindung von Hämatin mit einem Eiweissstoff.

Preyer, welcher das Methämoglobin ebenfalls untersuchte, ist zu keinem sicheren Resultate gelangt, weil er dasselbe wahrscheinlich nicht rein erhalten hat.

Gorup-Besanez bezeichnet diesen Stoff als ein wenig bekanntes Zwischenproduct zwischen Hämoglobin und Hämatin.

Stokes betrachtete das Methämoglobin als ein Hyperoxyd des Sauerstoff-Hämoglobin, eine Ansicht, welche schon a priori sich nicht mit der Thatsache verträgt, dass der Sauerstoff des letzteren nicht chemisch gebunden ist, und welche sich überdies bei näherer Untersuchung als unrichtig erweist.

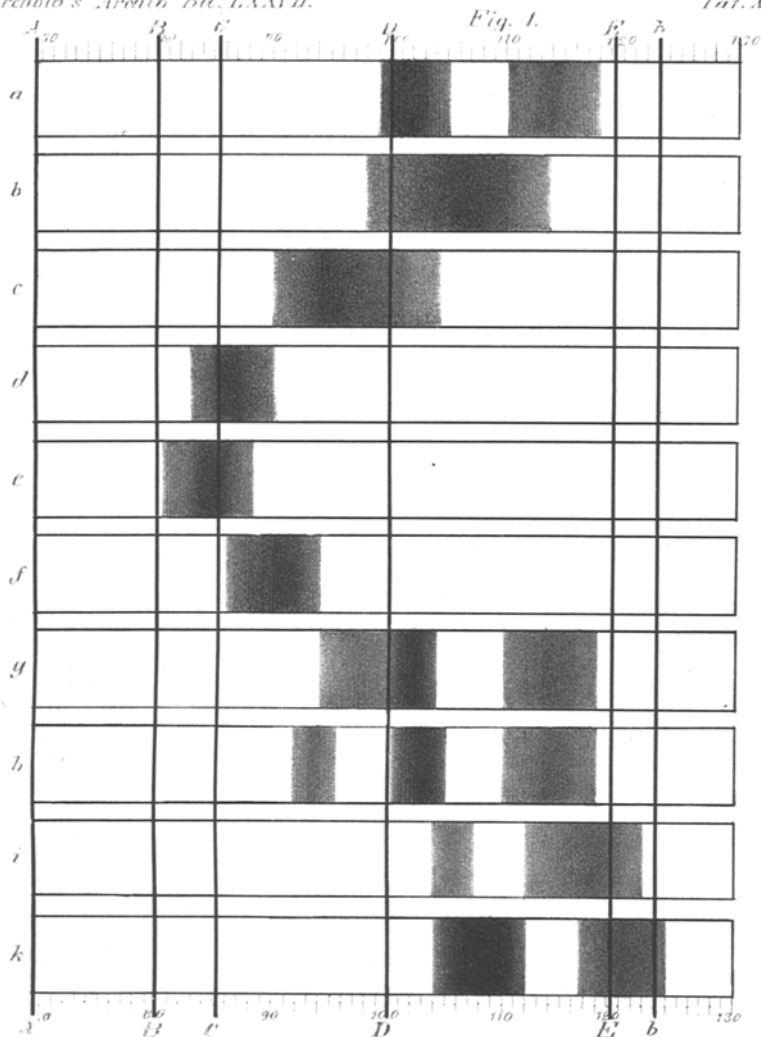
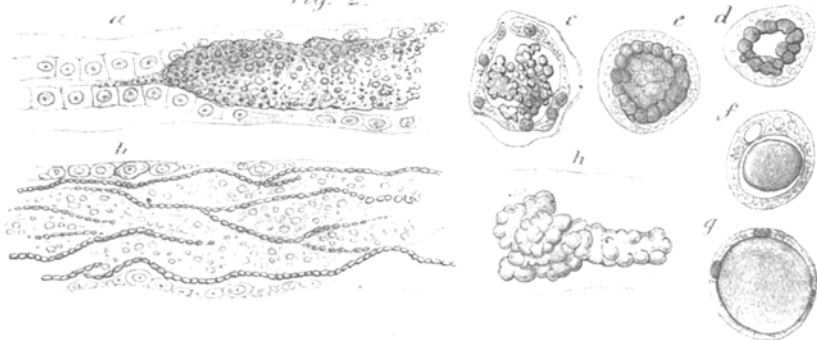


Fig. 2.



Hoppe-Seyler hat in seinen letzten Untersuchungen über das Methämoglobin diese Ansicht mit Recht zurückgewiesen, hauptsächlich auf Grund der Entstehung von Methämoglobin aus O-Hämoglobin durch Einwirkung von Palladium-Wasserstoff, also auf dem Wege einer Reduction. „Die Entstehung des Methämoglobin ist hier unzweifelhaft in der Weise aufzufassen, dass der active Wasserstoff der Lösung absorbirten O entzieht, Wasser bildet, und nun durch den activ gemachten O den Blutfarbstoff in Methämoglobin umwandelt. Das O-Hgbl.-Molecül liefert 1 Mol. O_2 , und dies reicht hin, um 2 H-Atome zu oxydiren und ausserdem noch das Molecül in Methämoglobin zu verwandeln. Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass das Methämoglobin kein Hyperoxyd sein kann, aber es könnte noch ein Gemenge eines löslichen Eiweissstoffes und Hämatin sein, die Spectralerscheinungen, welche die Methämoglobinlösungen zeigen, stimmen mit denen saurer Hämatinlösungen ziemlich gut überein“¹⁾.

Aus dem Versuche, welchen ich mit demselben Erfolge wiederholt habe, kann aber mit demgleichen Recht der Schluss gezogen werden, dass das Methämoglobin ein selbständiges Oxydationsproduct des Hämoglobin ist, welches nothwendigerweise weniger O enthält, als im O-Hgbl.-Molecül gebunden ist. Auch glaube ich den Nachweis führen zu können, dass es sich wirklich um ein derartiges Oxydationsproduct handelt, welches auch spectroscopisch sich verschieden verhält von dem sauren Hämatin. Damit steht im Einklang die Entstehung von Hämoglobin aus dem Methämoglobin durch Einwirkung von Reductionsmitteln (was bereits Stokes bekannt war), ein Vorgang, zu dessen Erklärung man andern Falles die etwas problematische, synthetische Regeneration des Hämoglobin zu Hülfe nehmen müsste.

Durch die Entstehung des Methämoglobin nach Einwirkung chlorsaurer Salze auf das Blut, welche bekanntermaassen die Neigung haben, bei Berührung mit organischen Substanzen Sauerstoff abzugeben (s. oben), wurde diese Annahme noch wahrscheinlicher, sie muss als die einzig richtige angesehen werden nach den weiter unten folgenden Versuchen.

¹⁾ Weitere Mittheilungen über die Eigenschaften des Blutfarbstoffes. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. II. Hft. 2 u. 3. S. 151.

Für die nachfolgenden spectroscopischen Angaben ist festzuhalten, dass die Linie D möglichst genau mit der Zahl 100 der Scala zusammenfällt. Die Lage der übrigen Linien wurde nach dem Sonnenspectrum bestimmt, und zwar ergab sich für

$$A = 69,5$$

$$B = 80$$

$$C = 85,5$$

$$D = 100$$

$$E = 119,2$$

$$b = 123,2$$

$$F = 137,5$$

Das Methämoglobin ist ausgezeichnet durch einen Absorptionsstreifen im Roth, welcher sehr dem des essigsauren Hämatin ähnelt, jedoch etwas mehr dem Grün genähert ist. Seine Lage ist zwischen 86 und 93, mit der grössten Dunkelheit bei 89,5. Schwächere Lösungen zeigen den übrigen Theil des Spectrum unverändert, bei starken Lösungen ist ausser dem genannten Absorptionsstreifen das ganze Spectrum bis auf das Roth verdunkelt.

Man erhält das Methämoglobin durch Behandlung von Blut oder Hämoglobin (sowohl von reinem Hglb. als von O-Hglb.) mit chlorsaurem Kali oder Natron, ebenso aber auch mit anderen Substanzen, welche oxydirend wirken, z. B. mit übermangansaurem Kali, salpetersaurem Silber, Jod, Ueberosmiumsäure u. A.

Während aber die Einwirkung der chlorsauren Salze bei gewöhnlicher Temperatur eine längere Zeit in Anspruch nimmt, bis zur vollständigen Umwandlung des O-Hglb. in Methämoglobin, so tritt diese Umwandlung mit übermangansaurem Kali oder mit anderen kräftigen Oxydationsmitteln fast momentan ein. Als das zweckmässigste Mittel hat sich mir in dieser Beziehung das Jod erwiesen, sowohl in wässriger Lösung, als, bequemer, in der Jodkalilösung. Es war zu vermuthen, dass die nächsten Verwandten des Jod, Chlor und Brom sich ähnlich verhielten, und dies hat sich in der That als richtig herausgestellt, entgegen der Angabe von Preyer, dass weder Jod, noch Chlor und Brom charakteristische Absorptionsstreifen des Blutfarbstoffes hervorrufen sollen. Es ist jedoch, entsprechend der intensiven Wirkung des Chlor und Brom, nothwendig, mit grösster Vorsicht zu verfahren. Eine geringe Spur von Chlor-

wasser genügt, um in einer Hglb.-Lösung die Methämoglobinstreifen hervorzurufen; bei dem geringsten Ueberschuss tritt sofort die bekannte grünliche Färbung auf, wobei der Methämoglobinstreifen verschwindet.

Das Jod wirkt weit milder als Chlor und Brom, und es gelingt leicht, den Zusatz der Jodlösung so zu regeln, dass die O-Hglb.-Streifen des Spectrum vollständig verschwinden, während der Methämoglobinstreif allein vorhanden ist. Die reine Methämoglobininlösung ist in verdünntem Zustande röthlichgelb, in concentrirtem schön rothbraun. Sie ist ziemlich dauerhaft; erst bei längerem Stehen scheidet sich ein Niederschlag aus, doch zeigt die abfiltrirte Flüssigkeit noch denselben Streifen. Bei noch längerem Stehen tritt eine Zersetzung ein, durch welche die Färbung eine mehr grünlichbraune wird, während die Lösung zugleich eine gallertige Consistenz annimmt.

Beim Erhitzen der Methämoglobininlösung tritt eine vollständige Fällung des Farbstoffes ein, zugleich mit der Bildung von Hämatin.

Eine mit chlorsaurem Kali versetzte Lösung von reinem O-Hglb. im Wasserbade digerirt, giebt nach kurzer Zeit einen bräunlichen Niederschlag. Die abfiltrirte Flüssigkeit ist bräunlich und giebt spectroscopisch eine diffuse Absorption. Bei Zusatz von Arg. nitr. entsteht starke Trübung (Chlorkalium!). Mit S-Ammon. versetzt, zeigt die Flüssigkeit die Streifen des reducirten Hämatin.

Setzt man zu einer reinen Methämoglobininlösung (z. B. durch Einwirkung von Jod erhalten) eine geringe Spur Ammoniak oder Kalilauge, so verschwindet der charakteristische Streif vollständig, wie bereits mehrfach (durch Preyer, Hoppe-Seyler) constatirt worden ist. Zugleich wird die Farbe der Lösung deutlich roth. Es treten jedoch an Stelle des einen Streifens im Roth zwei neue Absorptionsstreifen auf, welche annähernd mit denen des O-Hglb. übereinstimmen, jedoch nicht mit denselben identisch sind. Der eine liegt constant zwischen 94 und 105, der andere zwischen 110 und 120. Eigenthümlich ist, dass der erste dieser beiden Streifen eine Art Zweitheilung zeigt, indem der zwischen 94 und 100 liegende Theil desselben weit blasser ist als der zwischen 100 und 105 gelegene, dessen grösste Dunkelheit ungefähr bei 102 sich befindet. Man kann diesen Streifen daher ebenso gut als aus zwei durch einen sehr schmalen Zwischenraum getrennten Streifen bestehend

auffassen. Die Grenze des Streifens bei 94 habe ich stets sehr scharf gefunden, während die Grenze bei 105, ebenso wie die Begrenzung des zweiten Streifens stets verwaschen ist.

Offenbar hat Preyer diese Streifen vor sich gehabt und auf Taf. II Fig. 8 abgebildet. Er hielt dieselben für O-Hglb.-Streifen und den Streifen des Alkali-Hämatin zusammen, doch ist dies wie sich aus dem Folgenden schliessen lässt, irrthümlich. Es geht übrigens aus der Darstellung Preyer's hervor, dass es sich thatsächlich um dasselbe Umwandlungsproduct des Methämoglobin handelt.

Bereits durch Hoppe-Seyler ist festgestellt, dass Methämoglobulinlösung sich schwach sauer verhält; aus dem Verhalten gegen Alkalien ist anzunehmen, dass es ausser der sauren eine alkalische Modification des Methämoglobin giebt, ebenso wie ein saures und ein alkalisches Hämatin vorhanden ist. Setzt man nemlich zu der alkalisch gemachten Lösung etwas Essigsäure, oder leitet man Kohlensäure durch dieselbe, so verschwinden die Streifen der alkalischen Verbindung — im ersten Falle schnell, im zweiten langsam — und es tritt der bekannte Methämoglobinstreif unverändert auf. Dasselbe geschieht bei vorsichtiger Ansäuerung mit H Cl. Bei längerer Einwirkung der Essigsäure, oder bei Anwendung einer stärkeren Säure, z. B. HCl in stärkerer Concentration geht — offenbar durch Zersetzung, Hämatin hervor, welches sich durch seinen etwas mehr nach C verschobenen Streifen sofort erkennen lässt. (Essigs. Hämatin 83—90, salzs. Hämatin 81—88.)

Beide Stoffe, sowohl das saure Methämoglobin als das alkalische müssen jedoch als Oxydationsproducte des Hglb. betrachtet werden, denn es lässt sich sowohl das erstere direct als das letztere (ebenso wie dies auch Preyer von dem angegebenen Körper fand) durch reducirende Mittel, z. B. Schwefelammonium sofort in O-Hglb. überführen, d. h. das Methämoglobin geht durch Reduction in Hämoglobin über, und bildet sofort durch Aufnahme des in Lösung vorhandenen Sauerstoff O-Hglb. Bei längerer Einwirkung des S.-Ammon. entsteht aus dem letzteren Hämoglobin; gleichzeitig tritt daneben der H₂S-Streifen auf, welcher wiederum dem des Methämoglobin sehr ähnlich, und zuweilen mit ihm verwechselt worden ist, jedoch thatsächlich verschieden davon ist (blasser Streif zwischen 91 und 95). (Man kann hier die eigenthümliche Erscheinung beobachten, dass dieser Streifen neben den beiden des O-Hglb. auftritt, nachdem

das S.-Ammon. der Methämoglobinlösung zugesetzt worden.) Wenn, wie Preyer will, die fragliche Substanz, die wir aus Methämoglobin und Ammoniak erhalten haben, aus Alkali-Hämatin und O-Hgbl. bestände, so würde durch Reduction daraus sogenanntes reducirtes Hämatin, Hämochromogen hervorgehen, was nicht der Fall ist.

Man erhält dies erst, nachdem man das Methämoglobin durch stärkere Einwirkung von Alkalien, z. B. durch Kochen mit Ammon oder Zusatz stärkerer Kalilauge zerstört und in Alkalihämatin übergeführt hat, in welchem Fall dann die Streifen des alkalischen Methämoglobin durch den des alkalischen Hämatin (sehr diffus von 90 bis 105) ersetzt ist.

Um den Nachweis zu führen, dass das Methämoglobin aus dem Hämoglobin entstehe, und nicht aus dem O-Hgbl. als solchem, wurde der Sauerstoff einer O-Hämoglobinlösung durch einen CO_2 -Strom vor dem Spectroskop vollständig aus der Flüssigkeit entfernt. Erst als der Streifen des reducirten Hämoglobin unverändert vorhanden war, wurden vom Rande her unter fortdauernder CO_2 -Entwicklung, einige Tropfen einer Jodlösung langsam hinzugefügt. Wie zu erwarten war, entstand sofort das Methämoglobinspectrum, aus welchem sodann durch Zusatz von S.-Amm. wiederum das Spectrum des (O-freien) Hämoglobin erhalten wurde, welches durch Schütteln mit Luft sich sofort in O-Hgbl. umwandelte. (Der Sauerstoff, welcher zur Bildung des Methämoglobin verwandt wird, braucht also nicht nothwendig aus dem O-Hgbl. zu stammen.) Die Gegenwart von S.-Amm. verhindert die Bildung des Methämoglobin aus Hämoglobin durch Jod, was leicht erklärlich ist, da die Oxydation durch dasselbe sofort aufgehoben wird; das Hämoglobin bleibt unverändert, und nimmt beim Schütteln mit Luft sofort Sauerstoff auf.

Dasselbe geht hervor aus dem Verhalten einer CO-Blut- oder Hgbl.-Lösung, welche, mit chlorsaurem Natron oder Kali versetzt, den Methämoglobinstreifen, allerdings etwas langsamer, als eine O-Hgbl.-Lösung erkennen lässt.

Das Methämoglobin scheint jedoch nicht das einzige Oxydationsproduct des Hämoglobin zu sein, wie sich am deutlichsten aus seinem Verhalten gegen Jod und stärkere Oxydationsmittel nachweisen lässt.

Fügt man zu einer reinen Methämoglobinlösung, gleichviel, auf welche Weise sie erhalten, einen Ueberschuss von Jod hinzu, so

verschwindet der Methämoglobinstreif sofort. Bei stärkeren Lösungen tritt eine Verdunkelung des ganzen Spectrum bis auf das Roth ein; zugleich bildet sich in kurzer Zeit ein Niederschlag; filtrirt man den letzteren ab, oder verdünnt man die Lösung, so lassen sich zwei Streifen erkennen, welche der Lage nach annähernd denen des O-Hgbl. entsprechen, ohne jedoch vollständig damit übereinzustimmen. Die erste derselben stellt nur einen schwachen Schatten dar, mit seiner grössten Dunkelheit bei 105, welcher nur bei gewissen Concentrationen deutlich ist, der zweite ist dunkler, aber mit sehr verwaschenen Rändern versehen (zwischen 102—122, oder etwas mehr nach Grün hin ausgedehnt). Das Verhältniss dieser beiden Streifen ist also umgekehrt als das der beiden O-Hgbl.-Streifen, bei welchen der nach Grün gelegene bekanntlich bei Verdünnung der am ersten verschwindende ist.

Ich habe diese Streifen bis jetzt nirgends besonders erwähnt gefunden (wenn nicht Preyer dieselben vor sich gehabt hat, als er den verdünnten Lösungen des Methämoglobin ausser dem Streifen im Roth noch drei Streifen zuschrieb; den dritten habe ich jedoch nie constatiren können, auch habe ich die beiden letztbeschriebenen nie mit dem Streifen im Roth, wenn ich mich recht erinnere, zusammen gesehen; jedenfalls würde es sich dann um ein Gemisch handeln).

Auch aus diesem Körper, welcher durch einen Ueberschuss von Jod, oder durch stärkere Einwirkung anderer Oxydationsmittel hervorgebracht ist (durch chlorsaure Salze habe ich ihn nicht erhalten) lässt sich durch Reduction mit S.-Amm. sofort O-Hgbl. herstellen, welches sodann in reducirtes Hämoglobin übergeht.

Setzt man dagegen zu der mit Jod im Ueberschuss behandelten Lösung eine Spur Ammoniak, so wird die Farbe der Lösung, während sich die etwa vorhandene Trübung auflöst, schwach gelblich, und die beiden letztbeschriebenen Streifen verschwinden allmählich. Fügt man nun S.-Amm. hinzu, so können noch die O-Hgbl.-Streifen auftreten, sobald die Verbindung nicht durch das Alkali zerstört war; sehr bald tritt aber, während die beiden O-Hgbl.-Streifen verschwinden, oder im anderen Falle ohne dieselben, ein dunkler Streif bei 105 auf, und ein zweiter blasser zwischen 117 und 124, welche sich allmählich mehr und mehr herausbilden, während die Farbe der Lösung bläulichroth wird — die charakte-

ristischen Streifen des reducirten Hämatin, oder des Hämochromogen, welches ich nach Allem für identisch mit dem letzteren halten muss. Nicht selten kann man unmittelbar nach dem Zusatz des S.-Amm. zu der soeben alkalisch gemachten Lösung, in welcher die Streifen verschwunden waren, zugleich drei Streifen beobachten, die beiden O-Hglb.-Streifen und der erstere des Hämochromogen. Lässt man dagegen eine kurze Zeit verstreichen, während welcher das Alkali auf die Lösung einwirken kann, und fügt man sodann S.-Amm. hinzu, so hat die Umwandlung in Hämatin (welches sich höchstens durch schwache Andeutung des Alkali-Hämatin-Streifens verräth) bereits stattgefunden; es entsteht durch Reduction kein Hämoglobin mehr, sondern das Hämochromogen allein. Es ist dies ein Beweis, dass es sich auch hier bei der Bildung des O-Hglb. durch Reduktionsmittel nicht um eine synthetische Regeneration, sondern in der That um eine Reduction handelt, ebenso wie bei dem Methämoglobin.

Es ist mir nie gelungen, das höhere Oxydationsproduct in das niedere, das Methämoglobin, überzuführen, sondern stets erhielt ich bei der Reduction sofort Hämoglobin; doch ist aus diesem Verhalten kaum ein Einwand gegen das von mir angenommene Verhältniss der beiden Stoffe herzuleiten.

Ich glaube demnach, zu der Annahme berechtigt zu sein, dass es ausser dem sauren und alkalischen Methämoglobin noch ein höheres Oxydationsproduct des Hämoglobin giebt, welches ebenso wie jenes in einer sauren und in einer alkalischen Modification existirt. In saurer Lösung ist dasselbe erkennbar an zwei Absorptionsstreifen; in der sehr schwach gefärbten alkalischen Lösung habe ich keine charakteristischen Streifen nachweisen können, doch lassen sich aus beiden Lösungen durch Reduction noch die Streifen des O-Hglb. erhalten, oder bei Ausschluss von freiem Sauerstoff (durch den CO_2 -Strom) derjenige des Hämoglobin.

Das Methämoglobin ist offenbar eine dauerhafte selbständige Verbindung, welche vom Hämatin wohl zu unterscheiden, und auch spectroscopisch meist leicht erkennbar ist. Es kann jedoch leicht in Hämatin umgewandelt werden durch Abspaltung eines Eiweisskörpers, und dies geschieht sowohl durch Einwirkung stärkerer Säuren als durch Zusatz stärkerer Alkalien, z. B. durch Kochen mit Ammoniak oder Kali. Ist diese Umwandlung aber einmal erfolgt, so gelingt es nicht, auch bei Gegenwart von Eiweisskörpern,

durch Reduktionsmittel daraus Hämoglobin zu erhalten, vielmehr erhält man in diesen Fällen stets Hämochromogen.

Ganz analog verhält sich das höhere Oxydationsproduct. Der Vorgang ist also, übersichtlich zusammen gestellt, folgender:

Durch Oxydation des Hämoglobin entsteht:

1. Methämoglobin,

- a) in saurer Lösung b) in alkalischer Lösung,
durch Reduction mit S.-Amm.

Hämoglobin,

bei Gegenwart von freiem Sauerstoff: O-Hämoglobin, welches sodann wieder zu Hämoglobin reducirt wird.

Durch Zersetzung mit Säuren oder Alkalien:

Hämatin,

durch Reduction: Hämochromogen.

Durch Oxydation des Methämoglobin entsteht:

2. Ein höheres Oxydationsproduct,

- a) in saurer Lösung b) in alkalischer Lösung,
durch Reduction entsteht daraus ebenfalls

Hämoglobin, resp. O-Hglb.,

durch Zersetzung mit Alkalien:

Alkali-Hämatin,

durch Reduction: Hämochromogen.

Zum Schluss erlaube ich mir, meinen Dank Herrn Professor Ackermann auszusprechen, welcher mir in der zuvorkommendsten Weise die Mittel des Institutes zur Disposition gestellt hat, sowie Herrn Professor Nasse, welcher mich bei den spectroscopischen Untersuchungen mit Rath und That unterstützte¹⁾.

¹⁾ Nach Beendigung der vorliegenden Arbeit, deren Absendung sich zu meinem Bedauern sehr verzögert hat, hat Lewin eine ganz ähnliche Veränderung des Blutfarbstoffes wie die oben besprochene bei der Vergiftung mit Nitrobenzol beschrieben (cf. dieses Archiv 1879 Juniheft S. 443). Wenn Herr Lewin der Ansicht ist, dass es sich um das Auftreten von Hämatin im Blute handelt, so glaube ich ihm die Versicherung geben zu können, dass sich auch bei der Vergiftung mit Nitrobenzol offenbar Methämoglobin bildet (welches sich auch bei Einwirkung von sehr verdünnten Säuren durch Oxydation bildet, während stärkere Säuren den Farbstoff erst in Hämatin überführen), die Absorptionstreifen, welche L. durch Einwirkung von Ammoniak auf sein vermeintliches Hämatin erhielt, sind identisch mit den von mir dem „alkalischen Methämoglobin“ zugeschriebenen wie die obigen Ausführungen ergeben dürften.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XVI.

- Fig. 1.** Die Absorptionsstreifen der Blutfarbstoffe. a Spectrum des O-Hämoglobin. b Spectrum des Hämoglobin (sog. reducirten Hämoglobin). c Spectrum des alkalischen Hämatin. d Spectrum des sauren Hämatin (essigsäures Hämatin). e Spectrum des sauren Hämatin (salzsaures, milchsaures Hämatin). f Spectrum des Methämoglobin (sauer). g Spectrum des Methämoglobin (alkalisch). h Spectrum, welches bei Zusatz von H_2S zu Methämoglobin entsteht (H_2S -O-Hämoglobin). i Spectrum, welches bei überschüssigem Jodzusatz zur Methämoglobinlösung entsteht. k Reducirtes Hämatin (Hämochromogen).
- Fig. 2.** Harnkanälchen nach *Natr. chloricum*-Intoxication. (a—g vom Hunde von Versuch 1.) a Ein gerades Kanälchen, welches zum Theil mit einem bräunlichen körnigen Cylinder gefüllt ist; die Epithelien wohl erhalten, zum Theil comprimirt. b Ein Kanälchen mit theilweise abgestossenen Epithelien, welches die eigenthümlichen perlschnurartigen Bildungen enthält. c Querdurchschnitt eines Kanälchens mit ziemlich gut erhaltenen Epithelien (Schleifenkanälchen), welches ein Conglomerat glänzender, mit einander verschmolzener bräunlicher Körperchen enthält. d Schleifenkanälchen im Querschnitt; an der Innenfläche die mit einander confluirenden perlschnurartigen Bildungen. e Ein ähnliches Kanälchen, in dessen Mitte jedoch durch Zusammenfluss der einzelnen Körperchen ein homogener bräunlicher Cylinder entstanden ist. f Ein dünnes Kanälchen mit einem homogenen Cylinder im Querschnitt; an einer Stelle des Epithels eine hyaline Kugel. g Ein etwas stärkeres Schleifenkanälchen mit sehr stark abgeplatteten Epithelien. h Ein Conglomerat stark veränderter und mit einander verschmolzener Blutkörperchen aus einem Rindenkanälchen vom Fall 5.