

**Nachtrag zu der Seite 15 bis 45 dieses Heftes  
mitgetheilten Untersuchung.**

Von Professor Ludimar Hermann in Zürich.

Nachdem der Druck der in der Ueberschrift genannten Untersuchung bereits vollendet war, ist eine denselben Gegenstand betreffende lange Abhandlung von Herrn Jacob Worm-Müller aus Christiania erschienen („Experimentelle Beiträge auf dem Gebiete der thierischen Electricität“, in den „Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg“, 4. Heft, herausgegeben von Dr. Richard Gscheidlen. Leipzig 1869. Seite 147—262). Damit man nicht annehme, ich könne vielleicht durch dies unterdessen hinzugekommene Novum hinsichtlich irgend eines Punctes meiner Arbeit anderer Ansicht geworden sein, erkläre ich, dass dies in keinem Puncte der Fall ist. Private Gründe, für deren Mittheilung mir der Raum einer wissenschaftlichen Zeitschrift zu kostbar erscheint, machen es mir unmöglich, mich mit dem genannten Herrn in eine Controverse einzulassen. Sachlich ist dieselbe zum Glück überflüssig, da alle zur Widerlegung und Abweisung desselben, soweit er Neues und Verständliches bringt, erforderlichen Daten in meiner letzten Arbeit und in den früheren bereits enthalten sind.

Zürich, den 27. November 1869.

---

**Ueber die Einwirkung der Blausäure auf die  
rothen Blutkörperchen.**

Von

**Ernst Geinitz**, stud. med.

(Aus dem physiologischen Institute der Universität Jena.)

Hierzu Taf. I a.

---

Es ist eine bekannte aber noch unerklärte Thatsache, dass das Blut der Amphibien nach Blausäurevergiftungen eigenthümlich hellroth wird. Diese Hellfärbung kann bedingt sein durch eine chemische Einwirkung der Cyanverbindungen auf den rothen Blutfarbstoff oder durch solche Gestaltveränderungen der rothen Blutkörperchen, dass die lichtreflectirende Oberfläche derselben vergrößert wird oder durch beide Momente zugleich. Ein anderer Erklä-

rungsversuch, das Blut sei nur dadurch hellroth, dass es seinen Sauerstoff abzugeben durch die Blausäure in unbekannter Weise verhindert werde, scheitert an dem Umstande, dass die Farbe nicht rein arteriellroth ist. Man kann arterielles Blut eines unversehrten Frosches von dem eines mit Blausäure getödteten durch den blossen Anblick leicht unterscheiden.

Da nun das Hämoglobin der mit gerade tödtlichen Blausäuremengen vergifteten Frösche sich durch nichts chemisches, so weit es bisher untersucht wurde, von dem der nicht vergifteten unterscheidet, insbesondere sich gegen Sauerstoff und reducirende Mittel und in spectroscopischer Hinsicht genau wie gewöhnliches Froschhämoglobin verhält, und keine Spur von Cyanwasserstoffhämoglobin neben ihm im vergifteten Blute aufgefunden werden konnte, so habe ich die andere Möglichkeit in Betracht gezogen und es ist mir in der That geglückt eine Gestaltveränderung der rothen Blutkörperchen bei der Einwirkung der Blausäure zu constatiren, indem ich Versuche von zweierlei Art anstellte. Einmal habe ich die Blausäure wirken lassen innerhalb der Blutgefässe am lebenden Thiere, dann ausserhalb. Die beiderseitigen Befunde zeigten, wenn sie auch nicht völlig gleich waren, doch nicht zu verkennende Analogien. Ich arbeitete meist mit Froschblut und benützte dazu gewöhnlich Hartnacks System 9. Ocular 3.

### Einwirkung innerhalb der Blutgefässe.

Den Fröschen, die ich hierzu benutzte, wurde theils festes Cyankalium in verschiedenen Mengen, theils reine Blausäure in wässeriger zweiprocentiger Lösung unter die Haut applicirt. Das Blut wurde einer Arterie hinter dem Auge entnommen, wenn ich mehrmals beobachten wollte, wo nicht, aus dem Herzen. Der Blutstropfen wurde sowohl mit Lymphe verdünnt wie ohne Verdünnung untersucht. Es zeigte sich kein Unterschied.

#### a. Cyankalium.

1. Ein mit einer sehr geringen Dosis Cyankalium vergifteter Frosch wurde nach  $\frac{1}{2}$  Stunde getödtet, die Farbe und der Durchmesser des Herzens waren wenig verändert. Unter je 60 Blutkörperchen fand ich hier eins, das eine mehr rundliche, als elliptische Form hatte. Ungefähr der 4. Theil aller Blutkörperchen zeigte ferner fein gezähnelte und granulirte Ränder, etwa so wie Fig. I b. Man sieht helle Fleckchen namentlich am Rande, welcher dadurch

nach innen unregelmässig höckerig erscheint. Dieses Körnigwerden der rothen Blutkörper ist bei den elliptischen Formen gleichfalls schon zum Theil vorhanden. Es scheint vor der Gestaltveränderung (dem Rundlichwerden) aufzutreten.

2. Ein mit einem mehr als erbsengrossen Stücke Cyankalium vergifteter Frosch, wurde ebenfalls nach  $\frac{1}{2}$  Stunde getödtet, als er fast schon bewegungslos war. Das Herz war schon merklich erweitert, zeigte aber keine auffallende Veränderung der Farbe und schlug in grossen Pausen; ich fand hier mehr runde Blutkörperchen; der Rand war fast bei allen granulirt. Also war auch hier die Granulation überwiegend.

3. Ein Frosch mit derselben Dosis vergiftet war nach 1 Stunde todt; das Herz schlug nicht mehr, zuckte aber auf mechanischen Reiz. Es war enorm dilatirt und der Ventrikel von ganz hellrother Farbe, während die Vorkammern dunkelroth aussahen. Die Blutkörperchen waren mit nur wenigen Ausnahmen rund und alle am Rande, viele auch nach der Mitte zu, mit hellen Flecken und Pünctchen bedeckt (Fig. III). Der Kern schien weniger scharf abgegrenzt als im unvergifteten Blute.

#### b. Blausäurelösung.

Die Blutkörperchen eines Frosches, der nach einer Injection von circa 1<sup>cc</sup> 2procentiger Blausäurelösung binnen  $\frac{3}{4}$  Stunde bewegungslos wurde, waren, kurz vorher entnommen, mehr von runder, als elliptischer Gestalt; es war jedoch kaum eine Granulation am Rande bemerkbar. Nach dem Tode wurde das Herz blossgelegt und zeigte sich auch hier hellroth und erweitert. Beiderlei häufig mit verschiedenen Giftmengen wiederholte Versuche ergaben stets dasselbe, nur dass bei den ersteren (Cyankalium) die Granulation, bei den letzteren (Blausäure) das Rundwerden überwog und auch eher auftrat.

#### Einwirkung ausserhalb der Blutgefässe.

Sie wurde beobachtet an einzelnen Blutstropfen, die sich entweder in einem Glasgefässe befanden, in dem sich Blausäuredämpfe entwickelten, oder in der Stricker'schen feuchten Kammer. Zunächst wurden kleine cylindrische vertical stehende Glasgefässe mit einem Objectträger verschlossen, an dessen unterer Fläche ein Blutstropfen hing. Ein solcher Blutstropfen über einer 2procent. Lösung von Blausäure zeigte in der ersten Zeit wieder runde Gestalt und

Granulation der Blutkörper; nach 24 Stunden aber war bei gewöhnlicher Temperatur ein eingreifender Zersetzungsprocess vor sich gegangen: Nur die Kerne waren noch übrig geblieben; sei es, dass die übrige Substanz der Blutkörperchen dem Auge des Beobachtenden desshalb unsichtbar geworden war, weil sie dasselbe Lichtbrechungsvermögen erhalten hatte, wie die umgebende Flüssigkeit, sei es, dass sie in der That vollständig aufgelöst worden. Das Pigment war in das Serum übergetreten, dieses daher gefärbt; die Kerne erschienen nur in geringem Grade farbig.

Gegenversuch: Ein Blutstropfen in demselben verschlossenen Gefäss über destillirtem Wasser nach 24 Stunden: Keine Veränderung als eine geringe Aufquellung der Blutkörperchen; die auch ihren Farbstoff nicht verloren hatten, so dass also die Auflösung und die Abgabe des Farbstoffs an das Serum als eine Wirkung der Blausäure betrachtet werden muss.

Ein ähnliches Experiment, wodurch jene Erscheinungen an den Blutkörperchen in Folge der stärkern Entwicklung von Blausäuredämpfen intensiver und schneller hervorgerufen werden, ist folgendes: Ein Blutstropfen über krystallisirtem Cyankalium, das in dem Gläschen sich befand und mit verdünnter Schwefelsäure übergossen wurde, machte die obigen Erscheinungen schnell hinter einander durch, wie einige in der nächsten Stunde von Zeit zu Zeit davon gefertigte Präparate erkennen liessen: Verkürzung des Längen- und Vergrösserung des Querdurchmessers eines Blutkörperchens, feine Granulation am Rande, die nach der Mitte hin zunahm; danach Eingezogen- und Eingekerbttsein, sodass eine unregelmässige Gestalt entstand; zugleich Bleicherwerden der Blutkörperchen (Fig. II und IV) und dann allmähliches Freiwerden der Kerne, bis nach Verlauf von einer Stunde schon gänzlicher Zerfall vieler Blutkörperchen eingetreten war und nach 24 Stunden der moleculäre Zerfall bereits sämmtlicher Blutkörperchen, sodass allenthalben nur eine feinkörnige, homogen gefärbte Masse wahrgenommen werden konnte. Nach 48 Stunden entdeckte ich in von demselben Blutstropfen entnommenen Präparaten, einzeln oder gruppenweis angeschossen, rothe nadelförmige prismatische Krystalle, die in die feinkörnige Masse der zerfallenen Blutkörperchen eingestreut, von ihr umgeben waren. Eine der Gruppen habe ich abgezeichnet (vgl. Fig. VI).

Die Versuche mit der Stricker'schen feuchten Kammer haben

den Vorzug, dass man die verschiedenen Veränderungen mit ihren Uebergangsformen continuirlich beobachten und so die einzelnen Stadien genauer feststellen kann. Ueber die Construction der Stricker'schen feuchten Kammer siehe Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere, herausgeg. v. S. Stricker 1. Lieferung 1868 S. VIII. Ich verwendete dieselbe in folgender Weise: Mittelst eines gewöhnlichen Blasebalgs wird durch einen Kautschukschlauch Luft in ein Gefäss mit destillirtem Wasser gepumpt; diese Luft wird hier von Staub gereinigt, dann durch Verbindungsröhren in ein zweites Gefäss getrieben, das mit einer wässrigen 2%igen Lösung von reiner Blausäure gefüllt ist, sie geht durch diese Flüssigkeit hindurch, und Blausäuretheilchen mit sich fortreissend gelangt sie durch eine fernere Röhre zum Blutstropfen in die feuchte Kammer, welche beständig auf dem Objecttische des Mikroskops liegt, so dass die etwaigen Veränderungen an den Blutkörperchen ununterbrochen wahrnehmbar sind. Aus der feuchten Kammer wird die mit Blausäure geschwängerte Luft abgeleitet durch einen Gummischlauch, der in ein mit Kalilauge gefülltes Gefäss führt.

Die Resultate dieser Versuche gleichen im Wesentlichen den vorhin angeführten. Es folgen die einzelnen Stadien:

#### 1. Stadium (Granulation).

Nach ungefähr 6 Zügen mit dem Blasebalge sofortige Granulation am Rande; Veränderung der Gestalt der Blutkörperchen nicht bemerkbar; der Kern hervorgetreten; später Granulation des ganzen Blutkörperchens und Zusammenziehung nach 1 Stunde. Gegenversuch: Beim Durchleiten von reinen Wasserdämpfen keine Granulation; sogar während der nächsten Viertelstunde keine Gestaltveränderung, ausser geringer Aufquellung, die späterhin bedeutender wurde und Sichtbarwerden der Kerne. Die durch Blausäure einmal eingeleitete Granulation, mochte sie nun in höherem oder geringerem Maasse vorgeschritten sein, war beim Durchleiten von Wasserdämpfen und Luft trotz anhaltender Versuche niemals wieder rückgängig zu machen, wie dies mit den durch Kohlensäure veränderten Blutkörperchen der Tritonen geschieht, wenn darauf Sauerstoff durchgeleitet wird (Stricker in diesem Archive 1868 S. 590).

#### 2. Stadium (Entfärbung).

Das Blutkörperchen entfärbt sich und wird bleicher, indem

es den grössten Theil seines Farbstoffs an das umgebende Serum abgibt. Das Blutkörperchen und das Serum sind also in gleichem Grade gefärbt, sodass ersteres nur noch durch seinen Rand von dem letzteren zu unterscheiden ist. Die Kerne dagegen sind stärker gefärbt. Sie fangen allmählich an, zackig und kleiner zu werden; später weicht der noch zu erkennende Umriss des Blutkörperchens immer mehr von der runden Form ab und wird unregelmässig eingebuchtet und eingezogen (Fig. IV), ja er ist um einzelne Kerne herum schon nicht mehr zu erkennen, sodass diese ganz frei zu liegen scheinen. Die Kerne zeigen im Innern viele feine Pünctchen. Ein eigenthümliches Phänomen trat ferner in diesem Stadium ein, das ich aber nicht für charakteristisch halten kann, weil es zu vereinzelt und inconstant ist. Es waren nämlich grosse farblose scheiben- oder vielmehr blasenförmige Körper sichtbar, die oft den grössten Theil des Blutkörperchens einnahmen und theilweise sogar noch über den Rand desselben hinausragten (Fig. V).

### 3. Stadium (Zerfall).

Es geht Alles einen moleculären Zerfall ein, sodass nur noch, wie bei den oben erwähnten Versuchen eine feinkörnige, krümelige, gelblich gefärbte Masse zu sehen ist.

Es mögen noch die Veränderungen des Blutes von Warmblütern in der Stricker'schen feuchten Kammer angereiht werden; die Bedingungen unter denen hier die Einwirkung der Blausäure vor sich ging, waren dieselben wie oben.

#### 1. Stadium.

Die Blutkörperchen zeigen in der ersten Zeit eine vom Normalen wenig abweichende, dann später meistens die bekannte maulbeerförmige Gestalt.

#### 2. Stadium.

Die Blutkörperchen sind durchscheinender und haben von ihrem Pigment an das umgebende Blutserum abgegeben, sodass eine gleichmässige Färbung eingetreten ist.

#### 3. Stadium:

Wie oben vollständiger moleculärer Zerfall.

Hieraus lässt sich also ersehen, dass die Vorgänge an den Blutkörperchen der Kaltblüter und der Warmblüter wahrscheinlich im Wesentlichen dieselben sind. Sie lassen sich beiderseits in die 3 Stadien zusammen fassen: Granulation, Entfärbung, Zerfall. Nur

müsste dann die Granulation an den Blutkörperchen der Kaltblüter im 1. Stadium der maulbeerförmigen Gestalt, bei den Warmblütern entsprechen. Auch werden die Blutkörperchen der letzteren durch die Blausäure viel schneller und leichter zerstört, als die von Kaltblütern. Krystalle habe ich in der feuchten Kammer nicht gesehen.

Die Einwirkungen der Blausäure auf das Blut innerhalb und ausserhalb der Blutgefässe tragen demnach sämmtlich denselben Charakter. Zuerst tritt auf: Rundliche Gestalt bei Kaltblütern, maulbeerförmige bei Warmblütern; dann Granulation bei Kaltblütern, Entfärbung bei beiden. Innerhalb der Blutgefässe liess sich in keinem Fall ein molecularer Zerfall der Blutkörperchen constatiren, in keinem Fall bei Warmblütern, die mit Blausäure getödtet wurden, eine Veränderung der Blutkörper auffinden, offenbar weil die Wirkung eine zu schnelle ist.

Es geht aus der Gesamtheit dieser Beobachtungen mit einiger Wahrscheinlichkeit hervor, dass die auffallend hellrothe Blutfarbe der mit Blausäure oder Cyankalium getödteten Amphibien einer durch jene Gifte bedingten Gestaltveränderung der rothen Blutkörperchen zuzuschreiben ist. Dieselben werden zum Theil rundlich und in eigenthümlicher Weise gezähnt und punctirt, so dass sie gerade wie es nach Vermischung des Blutes mit manchen Salzen beobachtet ist, erheblich mehr Licht reflectiren als im Normalzustand, wo ihre Gesamtoberfläche kleiner ist.

Die hier mitgetheilten Versuche und Beobachtungen habe ich im Laboratorium des Herrn Professor Preyer unter dessen Anleitung ausgeführt.

Jena 1869.

#### Erklärung der Abbildungen.

- Fig. I. Blutkörperchen aus dem Herzen eines mit sehr wenig Cyankalium vergifteten und nach einer halben Stunde getödteten Frosches. a elliptische, unveränderte Form. b rundliche, körnige, gezähnte Form.
- Fig. II. Veränderungen eines Froschblutkörpers, welche eintreten, wenn frisches Blut concentrirten Blausäuredämpfen ganz kurze Zeit ausgesetzt wird.
- Fig. III. Durch verdünnte Blausäuredämpfe in der feuchten Kammer hervorgerufene Veränderungen der rothen Froschblutkörper.
- Fig. IV. Entfärbung der rothen Blutkörper des Frosches durch anhaltende Einwirkung verdünnter Blausäuredämpfe in der feuchten Kammer.
- Fig. V. Eigenthümliche Vacuolenbildung in den durch Blausäuredampf entfärbten Blutkörpern.
- Fig. VI. Rothe Blutkrystalle erhalten nach längerer Einwirkung verdünnten Cyanwasserstoffgases auf Froschblut.

