

Die Entwicklung der rothen Blutkörperchen.

Gefertigt im pathologischen Institute zu Göttingen.

Von

Dr. med. **W. Feuerstack.**

Mit 6 Holzschnitten.

Die Kenntniss von der Entwicklung der rothen Blutkörperchen bei Säugethieren erstreckte sich bis in die Mitte unseres Jahrhunderts nur auf einige Hypothesen, welche aus den Studien des Blutes, namentlich des Frosches oder anderer niederer Wirbelthiere und aus den Erfahrungen der Embryologen gewonnen waren. So sagt REICHERT in Jahre 1857 in seinen »Beobachtungen über die ersten Blutgefäße und deren Bildung, so wie über die Bewegung des Blutes bei Fischembryonen« p. 36: »Nach dem gegenwärtigen Stande unserer Erfahrungen sprechen die meisten Gründe dafür, dass die weißen Blutkörper zum Ersatz verloren gegangener rother Blutzellen verwendet werden, und dass diese wiederum in den Lymphdrüsen ihren Bildungsherd besitzen.«

Wenngleich nun diese Ansicht von den meisten Forschern getheilt wurde, so wurden doch schon früher über die Entwicklung der Blutzellen, namentlich der Säugethiere, andere Hypothesen aufgestellt. DONNÉ glaubte, die weißen Blutkörper entständen durch Zusammenlagerung der Chyluskörnchen, ZIMMERMANN ließ die rothen Blutkörper sich aus kleinen gefärbten Körnchen zusammensetzen. Nach dem Vorgang von NASSE und ARNOLD, deren Übergangsformen von den weißen zu den rothen Blutzellen nur von Wenigen anerkannt wurden, ist der Erste, welcher mit Entschiedenheit und durch thatsächliche Untersuchung am Säugethierblute die Entstehung der rothen aus den farblosen Elementen vertritt, W. ERB (VIRCH. Arch. Bd. 34) (KÖLLIKER war zu einem sicheren Resultate nicht gekommen. Zeitschrift für rat. Med. 1846. IV). ERB hält körnchenhaltige große rothe Blutzellen für Übergangsformen von den weißen zu den rothen. Zu dieser Ansicht kommt er durch die Untersuchung theils an Thieren, bei denen durch Blutentziehung und Hunger einerseits Verluste, andererseits Vermehrung der Übergangsformen erzielt wurde, theils an anämischen

Menschen. Er ist auch der Erste, welcher den Befund kernhaltiger rother Zellen im Blute von Kaninchen und Menschen veröffentlicht (p. 179 *).

Die Priorität für den Nachweis kernhaltiger rother Blutkörperchen beim Menschen im extra-uterinen Leben als Zwischenformen zwischen weißen und rothen Zellen nimmt indess KLEBS in Anspruch (VIRCH. Arch. Bd. 38. p. 179). Derselbe liefert auch eine genaue Beschreibung der kernhaltigen rothen Blutzellen und kommt zu dem Resultat: »Die kleinen weißen Blutkörper wachsen im Blute bis zu einer gewissen Größe, dann wandelt sich unter Umständen ihre peripherische Schicht in Hämoglobin um, diese Veränderung schreitet nach innen fort, unter Theilung des Protoplasmarestes und des bis zuletzt übrigbleibenden lappig getheilten Kernes.« Diese Befunde rother kernhaltiger Zellen erstreckten sich also auf das im Kreislauf befindliche Blut, und selbstverständlich wurde die Entwicklung derselben in den Kreislauf verlegt, bis im Jahre 1868 E. NEUMANN (Berl. klin. Wochenschr. 1868 Nr. 40. Königsb. Ges. Archiv der Heilkunde 1869. X. Jahrg.) und G. BIZZOZZERO (Gazz. med. Ital. Lombard. 1868 No. 46, 1869 Nr. 24) fast gleichzeitig im Knochenmark rothe kernhaltige Zellen fanden. Beide verlegen zwar die Umwandlung der farblosen Zellen auch in die Blutbahn, lokalisiren dieselbe aber in den Knochenhöhlen, wo eine Stromverlangsamung stattfindet. Das Knochenmark wird als ein Organ der Blutbildung in Anspruch genommen (E. NEUMANN 1874. Arch. der Heilkunde. V und VI). Aus demselben sollen farblose Elemente fortwährend in die Gefäße einwandern. Nachdem in neuester Zeit auch COHNHEIM den Befund von kernhaltigen rothen Zellen im Knochenmarke an einem Falle von perniciöser Anämie gemacht (VIRCH. Arch. Bd. 68) und auf die lymphoide Veränderung des Markes hingewiesen hatte, beschäftigten sich namentlich ORTH und LITTEN eingehender mit den Veränderungen des Markes bei anämischen Individuen (Berliner klin. Wochenschrift 1878. Nr. 54). Sie kommen zu dem Resultate, dass bereits gebildetes Fettmark sich wieder in lymphoides Mark umbilden kann, ferner alle Krankheiten, welche zum Marasmus führen, am regelmäßigsten von dieser Affektion des Markes begleitet sind. Dieser Befund wurde bestätigt durch das Experiment.

Es wurden verschiedenen erwachsenen Hunden, welche normal Fettmark in den Röhrenknochen führen, große Blutentziehungen gemacht; der Sektionsbefund ergab regelmäßig rothes lymphoides Mark. Bis dahin hatte man unentschieden gelassen, wie die Verwandlung der kernhaltigen rothen Blutkörper in die gewöhnlichen kernlosen rothen vor sich gehe. Zwar wiesen ORTH und LITTEN auf große runde Blutkörper hin, indess lassen sie es unentschieden, ob der Kern der kernhaltigen rothen Zellen aus dem Zellenleibe austrete, oder ob er allmählich zerfalle (ORTH, Normale

Hist. Berlin 1878. p. 102). Nun trat vor Kurzem RINDFLEISCH (»Über Knochenmark und Blutbildung«) auf und wies Übergangsformen von den gekernten zu den ungekernten rothen Blutkörpern nach. Dieselben sind meist glockenförmig, die offene Seite der Glocke ist die Austrittsstelle des Kernes. Nach Injektion und Ausspritzung der Markgefäße kommt RINDFLEISCH zu dem Resultate, dass im Knochenmark selbst die Bildung seiner »Hämatoblasten« vor sich gehe. Diese nun in sich abgeschlossene Ansicht über die Betheiligung des Knochenmarkes und die Bildung rother Blutkörperchen wird durch vielfache Befunde bei Anämischen bis in die neueste Zeit bestätigt (G. HEUCK, VIRCH. Arch. Bd. 78. Heft 3) etc. etc. Gleichwohl ist sie keineswegs allgemein anerkannt.

Zunächst stellte A. BOETTCHER (VIRCH. Arch. Bd. 36) nach dem Befunde, welchen er aus der Veränderung rother Blutkörperchen in Folge Einwirkens von Essigsäure und Chloroform gemacht hatte, die Ansicht auf, dass sämtliche rothe Blutkörperchen einen Kern besäßen und direkt aus den weißen hervorgingen, eine Ansicht, welche nicht großen Anklang fand, namentlich später von AL. SCHMIDT, von F. SCHWEIGGER-SEIDEL und von Dr. v. BRUNN (Arch. für mikr. Anat. Bd. XIV) bekämpft wurde, indess von AL. BRANDT (Arch. für mikr. Anat. Bd. XIII) eifrig vertreten wurde.

Ferner finden wir die von AL. SCHMIDT (PFLÜGER's Arch. IX. p. 353) als Übergangsformen vertretenen »Körnerkugeln«, welche auch G. SEMMER (Dissert. Med. Dorp. 1874) namentlich für das Säugethierblut bestätigt. Verfasser finden Zellen von farblosem Protoplasma und Kern angefüllt mit zahlreichen rothen Körperchen, welche auf Zusatz von CO₂, verdünnter Essigsäure etc. schwinden und den Kern färben; der Leib der Zelle bleibt hyalin.

Hierher gehören auch die Versuche von RECKLINGHAUSEN's, der im Froschblut, welches er in Porzellanschälchen unter Zuführung frischer Luft gebracht hatte, aus den zu Boden gefallen Blutkörpern stark kontraktile farblose Zellen, und aus diesen rothe Blutkörperchen sich entwickeln sah (Arch. für mikr. Anat. Bd. II. p. 137), Versuche, welche später SCHKLAREWSKY bestätigte.

Aus diesen sämtlichen Theorien geht das Bestreben hervor, die Entwicklung der rothen Blutkörperchen aus den weißen herzuleiten.

Dieser Richtung steht eine andere gegenüber, welche namentlich von zwei Franzosen vertreten wird, von HAYEM und POUCHET. Die französische Richtung sucht die Entwicklung der rothen Blutkörperchen als unabhängig von den weißen Blutkörperchen hinzustellen. G. HAYEM (Gaz. méd. 1877 Nr. 47 und 1878 Nr. 2 und 4) findet im Blute der Wirbelthiere neben rothen und weißen Blutzellen, letzteren sehr ähnliche, welche er Hämatoblasten nennt. Dieselben besitzen einen Kern (Gaz.

méd. 1877 Nr. 47. p. 578) und werden folgendermaßen beschrieben: Les éléments (hématoblastes) en question se présentent sous la forme de corpuscules pâles, grisâtres, à peine granuleux, ayant à peu près le volume des globules blancs petits ou moyens. Ils sont le plus souvent fusiformes, quelques-uns sont ovoïdes; mais, en général d'un ovoïde plus allongé, que celui des globules rouges; les plus petits et, en général, les moins nombreux sont arrondis et d'un diamètre inférieur à celui des plus petits globules blancs; aus ihnen entwickeln sich die rothen Elemente, indem sie eine gewisse Zahl Zwischenstufen durchschreiten. Dieselben kann man nach großen Blutverlusten am besten beobachten. Der Hämatoblast nimmt mehr oder weniger Hämoglobin auf, wird spindelförmig, dann rund und nähert sich der Form der rothen Blutkörperchen. Indess ist festzuhalten, dass die rothen Blutkörperchen von einem Elemente herkommen, das von den ersten Phasen der Entwicklung an verschieden ist von den weißen Blutkörperchen.

Während HAYEM seine Hämatoblasten aus dem Protoplasma der farblosen Lymphzellen entstehen lässt, hat POUCHET (Gaz. méd. de Paris 1878 Nr. III, XI, XXVI) eine eigene Entwicklungsreihe der Blutkörperchen aufgestellt, als deren erstes Glied sein »Leucocyte type« figurirt. Derselbe hat einen runden Kern mit einem Kernkörperchen und einen reducirten cellulären Körper. Derselbe kann sich nach zwei Richtungen entwickeln, a) zum rothen, b) zum weißen Blutkörperchen. In beiden Fällen tritt zunächst Vervielfältigung des Kernkörperchens, dann Furchung ein. Hier kann der Process aufhören, eine Theilung tritt nicht ein, und es entwickeln sich die Körper durch Anlagerung von zunächst hyalinen Scheiben an den Enden des Durchmessers zu den rothen Blutkörperchen. Das sind also die Hämatoblasten HAYEM's. Entwickelt sich indess der primäre Leucocyt weiter, so entsteht erst ein wurstförmiger Kern, welcher sich schließlich in mehrere Kerne mit Kernkörperchen theilt und so die Quelle von neuen primären Leucocyten wird. Im Knochenmark konnte POUCHET bis vor Kurzem keine Veränderung nach großen Blutentziehungen konstatiren. Die in neuerer Zeit (Gaz. méd. de Paris 1879. XIV) zugestandene Hämoglobinfärbung der lymphoiden Zellen ist ein Vorgang, welcher mit der Blutbildung nichts gemein hat. Die Entstehung der rothen Blutzellen aus den DONNÉ'schen Körperchen scheint ihm jetzt zweifellos zu sein, fraglich indess, ob dieselben von den Leucocyten herkommen (Gaz. méd. de Paris 1879. XIV).

Außer den bisher erwähnten Forschern haben BÉCHAMP und ESTOR (Compt. rend. LXX. p. 265) eine besondere Ansicht über die Entstehung rother Blutkörper. Sie halten dieselben für ein Aggregat mikroskopischer Organismen. Schließlich sei noch N. WISSOKY's (Archiv für mikr. Anat.

Bd. XIII) Erwähnung gethan, welcher das Eosin als ein spezifisches Reagens auf Hämoglobin hinstellt und an Säugethier- und Hühnerembryonen Untersuchungen macht. Auch er nennt die der Form gewöhnlicher Blutzellen voraufgehende Zellenform Hämoblast, bezeichnet aber damit mit Kernen versehene amöboide Gebilde ohne bestimmte Begrenzung, aus deren Strängen die embryonalen Blutzellen, d. h. rothe und weiße, wie mit einem Locheisen herausgeschlagen, sich frei machen. Die Unterscheidung, ob diese frei gewordenen Stücke rothe oder weiße Blutkörperchen sind, geschieht durch die Färbung mit Eosin, die weißen färben sich nicht damit. Er wendet sich ausdrücklich gegen ERB, der den Ursprung der rothen Blutkörperchen ausschließlich in die weißen Zellen verlegt.

Erwähnen will ich außerdem noch, dass verschiedene Autoren die Bildung der rothen Blutkörperchen auch aus anderen Zellen und in anderen Geweben vor sich gehen lassen, doch betrifft das mehr oder weniger stets pathologische Verhältnisse; so nimmt HEITLER (Wiener med. Jahrbücher 1874) eine Entstehung der Blutkörperchen in Alveolarepithelzellen an, SCHÄFER (Proceed. of the Royal. Soc. 1874 Nr. 444) in Zellen des subcutanen Zellgewebes der Ratten, KRIGHTON lässt Sarkomzellen eine Umwandlung in Blutkörperchen erfahren. Hervorgehoben zu werden verdient ferner, dass STRICKER (Vorlesungen der allgem. und experimentellen Pathologie 1878) in der entzündeten Cornea und HEITZMANN in dem entzündeten Muskel und in der entzündeten Sehne rothe Blutkörperchen entstehen lassen.

Da ich mich im Wesentlichen auf die Untersuchung des normalen Bluthbildungsprocesses beschränken wollte, so glaubte ich die Resultate der zuletzt erwähnten Forscher in meinen vorliegenden Untersuchungen weniger berücksichtigen zu müssen.

Von dem Stand der Ansichten über den normalen Bluthbildungsprocess gewann ich daher bei Beginn meiner Experimente folgende Übersicht:

Man hatte zunächst ohne genauere Untersuchungen die Theorie aufgestellt, dass die rothen Blutzellen aus den farblosen entständen. Dem gegenüber ließen namentlich ARNOLD und ZIMMERMANN die rothen Blutkörperchen durch Zusammenlagerung kleiner Partikel sich bilden. Darauf wiesen NASSE, ARNOLD und ERB in granulirten rothen Blutkörperchen und KLEBS in kernhaltigen rothen Blutkörperchen Übergangsformen zu den weißen nach. Ihnen schlossen sich namentlich NEUMANN und BIZZAZZERO an, welche die kernhaltigen rothen Blutkörperchen im Knochenmark nachweisen und das Knochenmark als Sitz der Bluthbildung annehmen. Über die Entstehung der rothen Blutkörperchen der Säugethiere aus diesen kernhaltigen Zellen theilten sich die Ansichten, während auf einer Seite, namentlich von ORTH, es unentschieden gelassen wurde, ob der

Kern zerfalle oder austrete, wies RINDFLEISCH Übergangsformen von seinen Hämatoblasten zu rothen Blutkörperchen nach.

Für sich alleinstehend waren die von SCHMIDT und SEMMER nachgewiesenen Körnerkugeln als Übergangsformen. Alle diese Untersuchungen betrafen ausschließlich das Blut der Säugethiere. Von den Untersuchern des Blutes der Thiere mit kernhaltigen rothen Blutkörperchen waren v. RECKLINGHAUSEN und SCHLAREWSKI für die Entstehung der rothen Blutkörperchen aus farblosen Zellen, HAYEM dagegen für selbständige Entwicklung derselben eingetreten, während POUCHET und WISSOZKY eine vermittelnde Stelle einnahmen. Von den noch während und nach meinen Untersuchungen erschienenen Arbeiten traten KORN (Königsberger Dissertationen 1884), OBRASTZOW (Centralblatt für die med. Wissenschaften 1879 Nr. 24), RENAUT (Archiv de physiol. norm. et pathol. 1884 No. 5) und MALASSEZ (Archiv de physiol. norm. et pathol. 2. Sér. 9. 1882. p. 4) für Entstehung der rothen Blutkörperchen aus weißen Blutzellen ein, während BIZZOZERO (Centralblatt für die med. Wissenschaften 1884 Nr. 8) in seiner neuesten Arbeit eine von farblosen Blutzellen unabhängige Vermehrung der rothen Blutzellen durch Theilung derselben annimmt.

Ehe ich zu der eigentlichen Behandlung des Themas übergehe, möchte ich noch darauf hinweisen, dass die Bezeichnung Hämatoblast und Hämoblast von verschiedenen Forschern verschiedenen Blutelementen beigelegt ist.

HAYEM bezeichnet damit kleine farblose Zellen, welche sich zu rothen entwickeln sollen, WISSOZKY unbegrenzte Zellgebilde, aus denen rothe wie weiße durch Abtheilung entstehen, RINDFLEISCH endlich gefärbte Zellen, welche Übergangsstufen zwischen rothen und farblosen Zellen darstellen. Ich werde mich in meiner Arbeit dem Gebrauche RINDFLEISCH's anschließen und nur solche gefärbte Elemente, welche ich für Übergangsstufen von farblosen zu rothen Blutkörperchen halte, Hämatoblasten nennen.

Die große Verschiedenheit der Untersuchungsergebnisse weist von selbst auf die Schwierigkeiten hin, mit welchen der Beobachter bei den Blutuntersuchungen zu kämpfen hat. Es ist nämlich unmöglich, die Blutkörperchen innerhalb der Gefäßbahnen genauer zu untersuchen. Der Kreislauf ist einerseits zu schnell, andererseits sind die Präparate, welche einen Körpertheil, z. B. das Mesenterium eines lebenden Frosches enthalten, zu dick und gestatten nicht die genügenden Vergrößerungen anzuwenden. Man muss also, um feinere Untersuchungen anzustellen, das Blut aus den Gefäßen entfernen und die isolirten Körperchen betrachten. Man suspendirt die Blutkörperchen entweder in dem Blutplasma, oder in Serum, oder in $\frac{3}{4}\%$ iger Kochsalzlösung, denn jede andere bekannte

Flüssigkeit bringt die rothen Blutkörperchen im frischen Zustande zum Quellen, zum Entfärben oder zur Bildung von Granulationen. Ich habe daher fast alle meine Untersuchungen an frischen Präparaten gemacht, welche in Kochsalzlösung ($\frac{3}{4}\%$) gebracht waren. Als Reagens bediente ich mich meist der Essigsäure (1%), selten der Kalilauge (4%). Bei Zählungen wendete ich meist HARTNACK $\frac{3}{7}$ an und suchte Gesichtsfelder, wo eine Schicht Zelle an Zelle gelagerter Blutkörperchen sich befand.

Die Behandlung frischen Blutes mit Osmiumsäure oder MÜLLER'scher Flüssigkeit erhält dieselben zwar auch in ihrer Form, indess ist sie doch ungeeignet zu feineren Untersuchungen. Es kommt nämlich namentlich bei kernhaltigen rothen Blutzellen oft darauf an, auch die geringste Färbung der Zellen zu konstatiren und selbstverständlich macht das die an und für sich gelb gefärbte MÜLLER'sche Flüssigkeit unmöglich, doch auch die Osmiumsäure verwischt die feinen Farbenunterschiede. Nach der zuletzt erwähnten WISSOKY'schen Arbeit glaubte ich eine spezifische Färbung der hämoglobinhaltigen Theile durch Eosin kennen zu lernen, was die Blutuntersuchungen zweifellos erleichtert hätte. Ich habe mir Mühe gegeben diese Färbung für meine Untersuchungen zu verwerthen. Allein es ist schon schwer, die Färbung einzelner Zellen unter dem Deckgläschen zu beobachten, vollends aber, wenn man das Alkohol enthaltende Reagens anwendet, wodurch zahllose Gerinnsel entstehen, welche die Untersuchung ohne Auswaschen des Präparates unmöglich machen. Vor Allem aber konnte ich mich nicht davon überzeugen, dass namentlich bei Doppelfärbung (mit Hämatoxylin) die »hell-lilarosaroth« Färbung nur dem hämoglobinhaltigen Protoplasma zukam. Ich habe daher fast alle meine Untersuchungen an frischen Präparaten gemacht, welche in Kochsalzlösung ($\frac{3}{4}\%$) gebracht waren.

Die im Knochenmark jugendlicher Säugethiere und anämischer Personen sich findenden hämoglobinhaltigen, mit Kern versehenen Zellen legten mir die Frage nahe, in welchem Verhältnis wohl die kernhaltigen rothen Zellen bei Säugethieren zu den gekernnten der anderen Wirbelthiere stehen möchten. Ich machte mich daher zuerst an die Untersuchung des Blutes der Vögel und zwar der Tauben, weil dieses seines Wärmegehaltes wegen dem Blute des Menschen näher zu stehen schien, als das der Fische und Amphibien.

Im Ganzen untersuchte ich das Blut von einigen Dutzend Fröschen und Tritonen, neun Aalen, zwei Plötzen, elf Tauben, zwei Dohlen und einer Blindschleiche. Daneben erstreckten sich meine Versuche auf eine beträchtliche Anzahl Ratten, Kaninchen, Meerschweinchen, Hunde und Katzen. Durch systematische Blutentziehungen suchte ich die Blutbildung bei Thieren mit kernhaltigen rothen Blutkörperchen zu beschleu-

nigen und den Blutbildungsvorgang zu ermitteln. Gleichzeitig machte ich Blutentziehungen bei Säugethieren, um Vergleiche anstellen zu können. Selbstverständlich richtete ich mein Augenmerk bei den Untersuchungen auch auf die Organe, welche als Blutbildungsorgane in Anspruch genommen werden, namentlich die Milz und das Knochenmark.

Ich entfernte daher die Milz einzelner Thiere durch Operation, welche, wie ich gleich hier erwähnen will, meist gut vertragen wurde, und machte nach vollzogener Heilung, um die Betheiligung der Milz an der Blutbildung zu eruiren, namentlich bei Säugethieren fast stets Parallelversuche an normalen und an entmilzten Thieren. Bei Säugethieren ist mir die Entfernung der Milz sehr leicht geworden, ich habe daher das Blut entmilzter Kaninchen, Hunde, Ratten und Katzen untersucht, eben so habe ich Frösche, Tritonen und Aale entmilzt und auch hier Blutentziehungen bewerkstelligt, so weit es die Verhältnisse irgend gestatteten.

Um die Betheiligung des Knochenmarkes kennen zu lernen, wandte ich mich, da die Blutbildung bei den Thieren mit kernhaltigen, rothen Blutkörperchen spezifische Unterschiede nicht aufzuweisen schien, zur Untersuchung des Blutes solcher Thiere, welche im Verhältnis zur Masse ihres Körpers nur ein Minimum Knochenmark besitzen, der Fische. Die Knochen dieser Thiere sind zum großen Theil durch Ossifikation von Bindegewebe entstanden, wie ein Theil der Schädelknochen, die Wirbelkörper, zum Theil auch die verschiedenen Fortsätze derselben und die Flossenstrahlen. Die übrigen Knochen sind von spongöser Beschaffenheit und enthalten mit Fett gefüllte Markräume (LEYDIG, Histolog.). Auch mehrere dieser beinahe knochenmarklosen Thiere entmilzte ich, wie oben erwähnt, und stellte Blutuntersuchungen in regelmäßigen Zwischenpausen an, leider sind systematische Blutentziehungen bei diesen Thieren nahezu unmöglich, weil man die Menge des bis zur Trombosirung der angeschnittenen Gefäße im Wasser ausfließenden Blutes nicht messen kann. Um den normalen beschleunigten Blutbildungsprocess kennen zu lernen, kam ich schließlich, zumal da dauernde Anämie bei normalen Thieren hervorzubringen mir nicht gelang, zur Untersuchung des Blutes junger Thiere, welche normal die verschiedenen Blutzellen des sich schnell bildenden Blutes aufweisen.

Ich gedenke in der vorliegenden Arbeit indess nicht den Gang meiner Untersuchungen einzuhalten, sondern der Übersichtlichkeit wegen werde ich in dieser Abhandlung über die Blutbildung bei Thieren mit gekernten rothen Blutkörperchen mich auslassen.

Untersucht man das Blut einer normalen Taube, so findet man folgende Körper in demselben. I. Gefärbte. Dabin gehören zunächst die

gewöhnlichen (Fig. 1 a) langgezogen ellipsoidischen Körper, welche in der Mitte des homogenen gelbgrünen Zellenleibes einen von einem weißlichen Halo umgebenen länglichen Kern besitzen, dessen Längsachse in der des Blutkörperchens liegt. Diese Körperchen sind abgeplattet, im centralen Theil mehr als im peripherischen; aus dem centralen Theil sieht man bei seitlicher Lage der Zelle den Kern hervorstehen. Ihre Ausdehnung (SEIBERT III/5) beträgt im Mittel 0,043 mm Länge und 0,008 mm Breite und 0,002 mm Dicke. Dann diesen Zellen sehr ähnliche (Fig. 1 b), mit meist rundem, häufig länglichem stark glänzendem granulirtem Kerne und meist weniger langgezogen elliptischem Zellenleibe, als der der gewöhnlichen rothen; häufig sind sie auch weniger abgeplattet, oft dunkler gefärbt. Ihre Größe erreicht oft die der gewöhnlichen rothen Blutzellen, der Längsdurchmesser beträgt im Mittel 0,042 mm und beträgt im Minimum 0,009 mm. II. Ungefärbte Blutzellen. Dahin gehören stark glänzende kugelige Zellen (Fig. 1 f) mit mehr oder weniger feinkörniger Granulation, häufig dunkel konturirt; ihr Durchmesser ist ungefähr gleich dem kleinen Durchmesser der gewöhnlichen rothen Blutzellen, oft kleiner. Im Mittel 0,008 mm, selten bis 0,042 mm. Der Kern ist ohne Essigsäurezusatz meist nicht sichtbar, erscheint dann aber stark glänzend, häufig umgeben von stark lichtbrechenden Körperchen in rundem hyalinem Zellenleibe; mitunter sieht man mehrere Kerne. Ferner Zellen, welche bedeutend kleiner als die eben beschriebenen, 0,005 mm im Durchmesser, häufig nur schwach lichtbrechend und fein granulirt, Zellenkernen gleichen (Fig. 1 g); ihre Form ist meist unregelmäßig kugelig, oft in die Länge gezogen, birnförmig etc. Auf Zusatz von Essigsäure treten ihre Granulationen stärker hervor, ein Kern wird nicht sichtbar. Endlich Zellen von hyalinem Protoplasma und verschiedener Größe, meist kleiner als die rothen und größer als die oben beschriebenen farblosen Zellen. Im Mittel 0,042 mm. In der Mitte ein mehr oder weniger stark lichtbrechender runder oder länglicher Kern (Fig. 1 e), welcher den eben beschriebenen kleinen farblosen Zellen oft sehr gleicht. Die Zellen sind meist mehr oder weniger kugelig, oft abgeplattet, der Kern liegt peripherisch oder central. Diese letzteren lassen sich leicht verwechseln mit entfärbten rothen Zellen. Setzt man z. B. Essigsäure hinzu, so erscheinen die rothen Zellen mehr oder weniger kugelig und entfärben sich, der Kern bildet einen Durchmesser. Der letztere Umstand lässt sie meist von den rothen Zellen mit rundem Kern unterscheiden, obwohl auch diese länglichen Kern besitzen können und ohne Essigsäurezusatz mitunter auch schwach gefärbtes Protoplasma besitzen. Indess wenn letztere entfärbt sind, so lassen sie sich von den ursprünglich farblosen Zellen mit hyalinem Leibe kaum unterscheiden.

Das Blut der Fische und Amphibien weicht in der Beschaffenheit seiner körperlichen Elemente nur wenig von dem eben beschriebenen Taubenblute ab. Was die Größe der Zellen anbetrifft, so steht das Fischblut (Fig. 4) dem Taubenblute am nächsten; die normalen rothen Blutkörperchen der Plötze (*Leuciscus erythrophthalmus* L.) haben einen Längsdurchmesser von 0,043 mm, einen Breitendurchmesser von 0,0066 mm im Mittel. Die Größe der farblosen granulirten Zellen ist sehr verschieden, sie schwankt zwischen 0,006 und 0,012 mm. Die Formen mit hyalinem Leibe sind häufig sehr klein, bis 0,006 mm, während der Kern solcher Zellen eine Größe von 0,004 mm im Durchmesser zeigt.

Das Blut von Amphibien zeigt außerordentlich große Blutkörper. Die normalen Blutkörper von *Bombinator igneus* und Triton (Fig. 2 und 3) haben eine Länge von 0,033—0,039 mm, eine Breite von 0,0498 mm, die granulirten farblosen Zellen einen Durchmesser von 0,043 mm im Mittel, in seltenen Fällen bis 0,026 mm. Die farblosen Zellen mit hyalinem Leibe sind oft kugelig mit einem Durchmesser von 0,049—0,026 mm, oft länglich mit einem Längsdurchmesser von 0,026, Breitendurchmesser von 0,046 mm. Die Kerne dieser Zellen sind oft sehr groß, ihr Durchmesser schwankt zwischen 0,007—0,043 mm.

Was das Zahlenverhältnis der farblosen zu den gefärbten Zellen anbetrifft, so haben Fische und Amphibien gegenüber dem Taubenblute stets einen reichlicheren Gehalt an farblosen Blutzellen. Es muss indess hervorgehoben werden, dass namentlich bei Amphibien die Jahreszeit großen Einfluss auf die Zusammensetzung des Blutes hinsichtlich der Zellen hat. Die größten und zahlreichsten farblosen Blutzellen bei normalen Thieren fand ich in dem Blute eines im August gefangenen Triton, ein analoges Bild erhielt ich von einer Blindschleiche während des Winterschlafes. Bei Triton fallen im Blute zahlreiche farblose Zellen auf von sehr erheblicher Größe mit außerordentlich großem Kerne, wie oben angegeben. Diese Zellen sind im Blute des Frosches, namentlich aber des Aales und vor Allem der Taube sehr selten. Besonders interessant wird das Studium des Blutes der Fische und Amphibien indess namentlich durch Blutzellen, welche zwischen den farblosen und gefärbten Zellen zu stehen scheinen und die ich weiter unten als Hämatoblasten beschreiben werde. Man findet nämlich im Blute eines Triton z. B. im August häufig außerordentlich zahlreiche mehr oder weniger intensiv gefärbte Zellen, welche durch ihre kugelige oder abgeplattet runde Form (Fig. 2 b) und durch den unverhältnismäßig großen, häufig peripher gelegenen Kern sofort an die ungefärbten Zellen mit breitem hyalinem Leibe (Fig. 2 g) erinnern. Ist eine solche Zelle sehr schwach gefärbt, so ist es mitunter unmöglich mit Bestimmtheit zu sagen, in welche

von beiden Zellenarten sie zu setzen sei. Neben diesen Formen findet man im Blute der Amphibien, außerdem in dem Blute der Fische stets, und wie ich weiter unten beschreiben werde, auch im Blute der Tauben, zahlreiche kugelige Zellen von intensiver Hämoglobinfärbung und namentlich beim Aale (Fig. 4 b) erheblich kleiner als die gewöhnlichen gefärbten Zellen. Der häufig ohne Essigsäurezusatz nicht sichtbare Kern ist meist unverhältnismäßig groß und bläschenförmig (Fig. 4 c, Fig. 3 d α) oder stark lichtbrechend granulirt und liegt meist peripherisch. Es sind dieses die Zellen, die ich weiter unten als Hämatoblasten auch im Taubenblute beschreiben werde. Namentlich aber sieht man neben den Hämatoblasten farblose Blutzellen in großer Anzahl, welche zum Theil an Größe und Gestalt den Hämatoblasten sehr nahe stehen. Diese Zellen sind auch sehr zahlreich in der Milz dieser Thiere vorhanden, und ich werde sie weiter unten schildern.

Fragen wir nun, ob das Blut aus verschiedenen Theilen des Körpers das gleiche mikroskopische Bild ergiebt, so ist hervorzuheben, dass man die beschriebenen Körper überall im cirkulirenden Blute findet, dagegen das Zahlenverhältnis der verschiedenen Zellen sich in einzelnen Organen ändert.

Betrachten wir ein Präparat von der Milz einer Taube, so finden wir neben einzelnen normalen kernhaltigen rothen Blutzellen zunächst zahlreiche weiße Blutkörperchen von der verschiedensten Größe. Alle oben beschriebenen sind vorhanden, daneben aber auch zahlreiche gefärbte kugelige Formen mit peripherem Kerne von verschiedener Größe (Fig. 4 c), von 0,0066—0,009 mm Durchmesser, die kleinsten von der Größe der stark granulirten farblosen Zellen. Von den farblosen Zellen treten kugelige sehr große, von 0,007—0,009 mm Durchmesser, stark lichtbrechende mit dunklem Kontur hervor, welche mitunter eine deutliche, wenn auch nur wenig gelbliche Färbung besitzen. Die Froschmilz zeigt ein ziemlich analoges Bild, sehr instruktiv sind indess namentlich Präparate von der Milz des Aales und des Salamanders. Vorzüglich beim Salamander finden sich in der Milz neben den in der Milz der Taube gefundenen Körpern sehr große farblose Zellen, welche zunächst als amyloid glänzende dunkel konturirte kugelige Ballen von der verschiedensten Form imponiren. Während einzelne von ihnen nicht die Spur von Färbung zeigen, sind andere sehr deutlich gefärbt (Fig. 2 d), auf Zusatz von Essigsäure zeigen sie einen hyalinen Zellenleib (Fig. 2 d α), der meist ovoide oder ovale Form annimmt, und einen häufig in der Mitte der Zelle befindlichen Kern, der sich in Folge des Zusatzes von Essigsäure eben so wie die Kerne der gewöhnlichen rothen Blutzellen leicht gelblich färbt, so dass die Zelle der Form einer entfärbten gewöhnlichen

rothen Blutzelle ganz ähnlich wird. Die Milz des Aales zeigt meist die eben beschriebenen großen farblosen oder leicht gefärbten Zellen der Salamandermilz gar nicht oder selten, dagegen außerordentlich viel kleine Blutzellen, sowohl gefärbte wie ungefärbte, von 0,006 mm Durchmesser. Die kugeligen gefärbten Zellen haben häufiger dunklen Kontur, wie die bei der Taube beschriebenen analogen Elemente, häufiger sind sie auch schwach gefärbt (Fig. 4 d) und weniger stark lichtbrechend; man findet sie in allen Größen der farblosen Zellen. Letztere haben sehr häufig einen hyalinen Leib und centralen oder peripheren stark lichtbrechenden Kern und sind außerordentlich klein (Fig. 4 f). Ganz analoge Formen findet man gefärbt.

Ich will gleich hier erwähnen, dass man ganz entsprechende Bilder wie aus der Milz beim Aal von dem großen Lymphsinus der Niere erhält, vielleicht sind die farblosen Zellen nicht ganz so reichlich, wohl aber die kugeligen gefärbten Zellen.

Das Blut der Leber von Taube, Fisch und Amphibien giebt weniger übersichtliche Bilder. Man erkennt auch dort zahlreiche kugelige gefärbte Körper und weiße Blutzellen, letztere enthalten auch hier wie in der Milz häufig stark lichtbrechende Granulationen, im Ganzen aber zeigt das Blut weniger Abweichungen in seinen körperlichen Elementen von dem Blute der großen Arterien, als das Blut der Milz.

Im Knochenmarke der Taube findet man ebenfalls zahlreiche kugelige rothe Blutkörperchen; daneben scheinen auch die farblosen Blutzellen vermehrt zu sein, indess ist hier wegen der Knochenmarkszellen eine sichere Beurtheilung nicht möglich. Häufiger kommen hier Formen vor, welche im mehr oder weniger schwach gefärbten homogenen Zellenleibe einen auffallend großen Kern besitzen und den im Blute des Triton (siehe oben) gefundenen Zellen sehr ähnlich sind. — Eine Vermehrung der farblosen Zellen und Hämatoblasten kann man ferner leicht erkennen in dem Blute aus einem Federkiele. Zupft man einer Taube eine im Wachsen begriffene starke Feder aus, so kann man durch Druck auf den Kiel einen zum Präparate wie geschaffenen Tropfen Blut entleeren. Derselbe enthält gegenüber dem Blute aus den großen Gefäßen, ebenfalls die farblosen Blutzellen und die kugeligen gefärbten Körper in größerer Anzahl.

Obwohl es nahe liegt, schon nach diesen Befunden Betrachtungen über diese verschiedenen Zellenformen anzustellen, wollen wir doch, ehe wir für die Verschiedenheit der Blutzellen eine Deutung suchen, zunächst die Veränderungen des Blutes nach verschiedenen Experimenten betrachten, welche die Blutbildung beschleunigen.

Macht man einer Taube eine größere Blutentziehung (6 bis 7 g)

und untersucht ihr Blut am nächsten Tage, so bemerkt man folgende Unterschiede: Die farblosen Elemente sind bedeutend vermehrt, die gefärbten Zellen mit stark glänzendem meist rundem Kerne nehmen an Zahl zu, die ungefärbten Zellen mit hyalinem Leibe nehmen ab. Die gefärbten Zellen dagegen mit dunkel granulirtem stark glänzendem Kerne sind vermehrt. Dieses Verhältnis bleibt meist noch den nächstfolgenden Tag, obwohl schon weniger bemerkbar, um in der nächsten Zeit wieder normal zu werden. Ich habe diese Veränderung fast bei allen meinen Versuchen gefunden, wie schon Andere vor mir, und beugte mich, die Thatsache zu konstatiren. Macht man indess einer Taube in kurzer Zeit große Blutentziehungen und bewirkt dadurch eine ganz abnorm schnelle Blutbildung, so treten noch andere Veränderungen ein. Zunächst schwinden dann farblose Zellen mit hyalinem Leib fast völlig, alle anderen farblosen Elemente sind indess vermehrt. Unter den gefärbten Elementen sind solche mit stark glänzendem Kerne und weniger langgezogener ellipsoidischer Zellenform sehr zahlreich; sie sind meist schwach gefärbt, vor Allem aber richten kugelige Elemente von dunklem Glanze, meist dunkel konturirt und mit peripherisch liegendem Kerne unser Augenmerk auf sich (Fig. 4 c). Dieselben haben theilweise die Größe der großen stark lichtbrechenden weißen Blutkörperchen, manche sind erheblich kleiner, die meisten sind größer, erreichen aber nicht die Größe der rothen Blutkörper (von 0,006—0,009 mm Durchmesser). Ihr Kern ist meist rund und dunkel konturirt, häufig länglich, mitunter kaum sichtbar. Oft ist es sogar unmöglich mit den stärksten Vergrößerungen (HARTNACK 3/11) in ihnen einen Kern zu entdecken; bisweilen auch ist ihre Form nicht kugelig, sondern ellipsoidisch, Gerstenkorn-ähnlich und der kaum sichtbare dunkel konturirte Kern verbindet die extremsten Enden. Setzt man Essigsäure hinzu, so entfärben sich diese Elemente, welche ich nach RINDFLEISCH Hämatoblasten nennen will, häufig sehr schwer; zunächst tritt der Kern deutlicher hervor, endlich wird der Zellenleib hyalin, der Kern, mehr oder weniger stark lichtbrechend, liegt peripherisch und ist meist rund, oft länglich. Indess verhalten sich nicht alle Hämatoblasten gleich; einzelne Elemente zeichnen sich durch besonders dunklen Glanz aus, sind rund und sehr dunkel konturirt, ihre Entfärbung dauert häufig längere Zeit (Fig. 4 d); schwindet dann plötzlich die gelbe Färbung, so erhalten wir ein stark glänzendes dunkel konturirtes und mit kleinem hyalinen Zellenleibe versehenes Körperchen, welches sich in nichts von den stark glänzenden großen weißen Blutzellen unterscheidet (Fig. 4 d α).

Betrachten wir nun die großen (0,006—0,009 mm Durchmesser)

glänzenden weißen Blutkörperchen, so sehen wir einzelne von hervorragender Größe mit gelbem Glanze, welcher bei Verschiebung des Focus durchaus den Eindruck von Hämoglobinfärbung macht. Dennoch wiegt bei genauer Einstellung der bläuliche Glanz vor, und man sieht deutlich die weißlich granulierte Zelle, in der ein Kern nicht sichtbar ist. Erst ganz allmählich schrumpft in Essigsäure die stark granulierte Masse ein wenig und macht einen hyalinen Zellenleib sichtbar. Außer diesen großen stark lichtbrechenden weißen Blutkörperchen kommen größere und kleinere mehr oder weniger stark lichtbrechende und granulierte Zellen vor. Neben diesen Körpern finden wir nach großen Blutentziehungen häufig noch kleine, kugelige, mitunter etwas abgeflachte Zellen, meist mit intensiv dunkelgelbem Glanze und gleichfalls dunkel konturirt. Sie sind oft von der Größe der kleinen kernähnlichen weißen Blutkörper, mitunter größer (0,004—0,006 mm Durchmesser), mitunter kleiner, zeigen niemals einen Kern und unterscheiden sich nur durch die Größe von den kernlos erscheinenden Hämatoblasten.

Weniger deutlich sind die Veränderungen des Blutes nach Blutentziehungen bei Triton, weil dasselbe so wie so zahlreiche Hämatoblasten enthält. Man hat auch hier größere Schwierigkeiten zu überwinden, um regelmäßige Blutentziehungen zu ermöglichen, weil die Thiere zu klein sind. Am besten verfährt man mit Amputation von Schwanzstücken, wodurch ein, wenn auch minimaler Blutverlust entsteht. Bessere Resultate erhält man, wenn man einen Triton lange Zeit, vielleicht drei Monate lang, nicht fressen lässt und ihm dann reichlich zu fressen giebt. Die Hämatoblasten schwinden auch während der Hungerzeit nicht vollständig, indess nehmen sie an Zahl ab, eben so die weißen Blutkörperchen. Schon wenige Stunden, nachdem der Triton gefressen hat, treten zahlreiche, namentlich kleine kernähnliche, weiße Blutkörperchen auf; in etwas späterer Zeit findet man auch zahlreiche große weiße Blutkörperchen und Hämatoblasten von verschiedener Größe. Von den weißen Blutkörperchen fallen wieder solche mit amyloid-ähnlichem gelblichen Glanze auf, wie sie oben bei dem Präparate von der Milz beschrieben wurden. Ferner nehmen auch häufig auftretende mattglänzende Scheiben oder Kugeln unsere Aufmerksamkeit in Anspruch, welche keine Spur von Kern oder Granulation zeigen und meist etwas kleiner sind als die großen weißen Blutzellen, mitunter auch nur die Größe von großen Kernen besitzen. Auf Zusatz von Essigsäure werden sie zum Theil granulirt und gleichen Kernen, zum Theil zeigen sie einen hyalinen Leib und granulirten Kern. Man erkennt in ihnen leicht diejenigen farblosen Blutkörperchen,

welche, wie oben beschrieben, in einem weiter entwickelten Stadium amyloid-glänzend werden und Hämoglobinfärbung annehmen. Am schwierigsten ist es Fischen größere Blutentziehungen zu machen. Indess ist man doch darauf angewiesen, wenn man die Blutbildung beschleunigen will, weil man weniger genau die Nahrungsaufnahme überwachen kann, als bei anderen Thieren. Ich benutzte zur Untersuchung Aale, welche ich mit einem Handtuch griff. Dieselben rollen sich sofort zusammen und pressen ihren Schwanz fest gegen das Handtuch. Diesen Augenblick benutzt man, um ein Stück von der Schwanzflosse abzuschneiden, worauf gewöhnlich eine ziemlich erhebliche Blutung erfolgt. Man ist meist nicht in der Lage die Blutung zu stillen, und muss sich eine weitere Blutung im Wasser gefallen lassen. Indess verschlägt das in den meisten Fällen nichts. Man findet im Blut nach mehreren solchen Blutentziehungen zahlreiche kleine hyaline Zellen mit glänzendem Kerne, während auch die anderen weißen Blutzellen in allen Größen vermehrt erscheinen. Gleichzeitig treten zahlreiche Hämatoblasten auf, viele von sehr geringer Größe und häufig matt gefärbt.

Ich komme nun zu der Erklärung meiner Befunde. Wenn man überhaupt aus dem Nebeneinander von Zellenformen, welche zwischen zwei anscheinend verschiedenen Zellengruppen Übergangsstufen zu bilden scheinen, auf einen Entwicklungsvorgang schließen darf, den die eine Zellengruppe durchmacht, um zur anderen zu werden, so ist dieser Schluss zweifellos berechtigt bei dem Befunde der kernhaltigen Blutkörperchen. Wir finden in dem Kreislaufe der Thiere mit kernhaltigen Blutkörperchen alle möglichen Übergangsformen zwischen farblosen und gefärbten Blutkörperchen. Dass es Übergangsformen von den weißen zu den gefärbten Zellen sind, erkennt man aus dem Entwicklungsgang bei forcirter Blutbildung.

Nachdem dem Körper eine große Menge seiner Blutzellen genommen sind, strebt er danach, sie wieder zu ersetzen; dieses geschieht durch eine beschleunigte Bildung der Blutzellen. Es ist natürlich, dass die Anfangsformen zunächst vermehrt erscheinen, und so sehen wir eine Vermehrung der weißen Blutzellen. Offenbar aber wird auch die Bildung rother Blutzellen beschleunigt, denn wir sehen bei der Taube z. B. Formen mit rundem glänzendem Kern und gefärbtem Leibe vermehrt. Dass diese aber den gewöhnlichen rothen Blutkörperchen mit länglichem, schwach lichtbrechendem Kerne sehr nahe stehen, sieht man an Zwischenformen, bei denen man nur schwer entscheidet, in welche Kategorie sie gehören. Wir finden z. B. Zellen mit länglichem glänzendem Kern und etwas abgerundeter Form, oder Zellen, welche

genau den gewöhnlichen rothen Zellen gleichen mit Ausnahme des runden, schwach lichtbrechenden Kernes. Es ist also wohl nicht zu bezweifeln, dass, da bei beschleunigter Blutbildung sich die Zellen mit rundem, glänzendem Kern vermehren, dieselben als Vorstufen zu den gewöhnlichen rothen aufgefasst werden müssen. Woher sie stammen, ist unschwer zu sehen. Die schon im normalen Leben mit den eben besprochenen Formen leicht zu verwechselnden farblosen Zellen mit hyalinem Leibe schwinden nach größerem Blutverluste fast ganz, dagegen zeigen sich viele der gefärbten Zellen mit rundem Kern nur sehr schwach gefärbt, neben solchen mit intensivem Glanze. Aus dieser Verminderung kann man schließen, dass die farblosen Elemente zur Bildung rother dienen müssen. Die schwach gefärbten sind die ersten Formen, denn die Färbung beginnt jedenfalls peripherisch, um sich dann nach dem Kern zu fortzusetzen. Setzt man nämlich Essigsäure hinzu, so entfärben sich die schwach gefärbten gewöhnlich zuerst, was sie nicht thun würden, wenn die Färbung vom Kern aus begönne, auch sieht man nie Formen mit gefärbtem Centrum und hyaliner peripherischer Schicht. Die weiter vorgeschrittenen Formen sind daher intensiver gefärbt als die im ersten Stadium befindlichen. Es ist also anzunehmen, dass die gefärbten, den gewöhnlichen rothen Blutzellen nahestehenden Formen von den farblosen Zellen mit hyalinem Leibe und glänzendem Kern ihren Ursprung nehmen.

Diesen gefärbten Zellen stehen aber unzweifelhaft auch die oben bezeichneten kugeligen intensiv gefärbten Hämatoblasten sehr nahe, denn es ist sehr leicht, eine Übergangsreihe von den einen zu den anderen hinzustellen, so dass man nicht unterscheiden kann, sind die weiter entwickelten Formen aus diesen Hämatoblasten oder direkt aus den farblosen Zellen mit breitem hyalinem Protoplasmasaum entstanden. Wir finden kleine kugelige, stark lichtbrechende, dunkel konturirte gelbe Körper, in denen der Kern (Fig. 4 d) kaum zu bemerken; auf Zusatz von Essigsäure erscheint der Kern oft unverhältnismäßig groß und peripherisch liegend; daneben sind etwas größere, der Kern ist kleiner, erscheint dunkel konturirt und deutlicher zu sehen (Fig. 4 c); andere sind nicht so dunkel glänzend, der Kern scheint in der Mitte zu liegen, das Körperchen erscheint etwas platt gedrückt (Fig. 4 b). Auf Zusatz von Essigsäure erscheint der Kern hellglänzend, der Zellenleib entfärbt sich und wir erhalten ein Körperchen, das nicht von dem nebenliegenden entfärbten und geschwollenen gewöhnlichen rothen Blutkörperchen zu unterscheiden ist, wenn es nicht gerade einen runden Kern besitzt. Dass zu diesen Hämatoblasten auch die anscheinend kernlosen gehören, ist wohl nicht zu bezweifeln, da man häufig auf Zusatz von Essigsäure

ein zunächst anscheinend kernloses von einem kernhaltigen nicht unterscheiden kann. Der Kern war bei jenem nur durch das farbige Protoplasma bedeckt.

Diesen anscheinend kernlosen gleichen aber in Bezug auf Größe, Glanz und Farbe jene Gebilde vollständig, welche auf Zusatz von Essigsäure plötzlich die Gestalt eines glänzenden großen weißen Blutkörperchens annehmen, und ohne Bedenken würde man sie dahin rechnen, wenn man die Veränderungen nach Zusatz von Essigsäure nicht gesehen hätte.

Man muss sie daher für Übergangsformen von weißen zu rothen Blutkörperchen halten. Das erwachsene, fein granulirte, stark lichtbrechende Blutkörperchen zeigt an der Peripherie zunächst eine dünne Hämoglobinschicht, welche dem Körperchen einen gelblichen Glanz verleiht, dasselbe aber noch als »weißes« erkennen lässt. Allmählich wird die gefärbte, homogene Schicht immer dicker, während der große, farblose Kern allmählich kleiner wird, um schließlich zu einem zunächst meist bläschenförmigen Kern sich zu gestalten.

Ich glaube also — auch RINDFLEISCH (Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 47. 1880) spricht zum Schluss seiner Arbeit diese Vermuthung aus —, dass die großen, kugeligen, stark lichtbrechenden, weißen Blutzellen ein Vorstadium der Hämatoblasten bilden. Man findet solche mitunter zum Theil deutlich gelb glänzenden, stark lichtbrechenden Zellen sowohl bei Tauben als bei Amphibien und Fischen (auch bei der Blindschleiche) (Fig. 2 e, 3 e). Am deutlichsten sind die Übergangsformen von farblosen zu gefärbten Elementen beim Triton. Hier findet man namentlich im Spätsommer alle möglichen Übergangsformen von farblosen Zellen zu gefärbten. Diejenigen mit hyalinem Leibe werden zunächst ganz schwach, dann immer intensiver gefärbt, wobei der zunächst sehr große Kern an Volumen abnimmt. Bei den stark glänzenden, namentlich in der Milz gefundenen Zellen entwickelt sich auf Zusatz von Essigsäure aus der amyloid glänzenden gefärbten großen Zelle ein verhältnismäßig großer hyaliner Zellenleib, in welchem stark glänzend der verhältnismäßig kleine Kern sichtbar wird, während bei den jüngsten Hämatoblasten der Taube und des Frosches auf Zusatz von Essigsäure häufig neben dem großen Kern nur eine äußerst feine hyaline Schicht bemerkbar wird (Fig. 3 d α, Fig. 4 d α). Damit soll nicht gesagt sein, dass diese letzteren Zellen nicht auch bei Tritonen vorkommen (Fig. 2 c α), indess werden sie nicht so regelmäßig beobachtet. Es ergiebt sich daraus eine Verschiedenheit der Hämatoblasten nicht nur bei verschiedenen Thieren, sondern auch bei demselben Individuum. Es ist zunächst hervorzuheben, dass man

nach großen schnell auf einander folgenden Blutentziehungen bei Tauben beobachtet, dass die Hämatoblasten auffallend klein werden (0,006 mm Durchmesser) und nicht alle die Größe der größten farblosen Zellen erreichen. Einer jungen ausgewachsenen Taube wurden am 13., 15., 16., 17., 18. November 1880 größere Blutentziehungen gemacht, so dass sie noch am 18. November zwei Stunden nach dem Experimente starb. Die Untersuchungen des Blutes am 17. und 18. November ergaben zahlreiche Hämatoblasten von der Größe kleiner und mittlerer weißer Blutkörperchen. — Auffallend ist die verschiedene Größe der Hämatoblasten auch beim Triton, am meisten aber imponirt ihre häufig geringe Größe beim Aale. Man bemerkt bei Aalen, namentlich bei jungen und entmilzten, oft kugelige gefärbte Blutkörperchen (Fig. 4 d), welche ungefähr die Größe der kleinsten farblosen Zellen (0,003—0,006 mm) besitzen. Häufig sind sie weniger intensiv gefärbt, als die größeren Hämatoblasten, alle besitzen einen peripherischen oder centralen stark lichtbrechenden Kern. Gerade beim Aale ist indess auch die Ableitung dieser Zellen von farblosen Zellen unmittelbar gegeben. Man bemerkt nämlich bei mittelstarker Vergrößerung (HARTNACK 3/7) in demselben mikroskopischen Bilde zahlreiche stark lichtbrechende Kerne, welche genau den Kernen dieser kleinsten Hämatoblasten gleichen, hin und wieder scheinen diese Kerne einen hyalinen Zellenleib zu besitzen. Wendet man nun eine starke Vergrößerung an, so bemerkt man, dass jeder dieser Kerne eine äußerst zarte hyaline Zellenzone besitzt, welche genau dem gefärbten homogenen Zellenleibe der Hämatoblasten entspricht. Bedenkt man nun, dass einzelne der Hämatoblasten sehr schwach gefärbt sind und sich von ungefärbten bei starker Vergrößerung kaum unterscheiden lassen, so wird man nicht umhin können anzunehmen, dass diese Hämatoblasten aus den kleinen farblosen Zellen entstehen.

Dieser Befund weist mit ziemlicher Sicherheit darauf hin, dass auch aus kleinen farblosen Blutzellen Hämatoblasten entstehen können, gleichwohl sind für die kleinen Hämatoblasten der Tauben nicht so einfach die nächsten Vorstufen zu finden. Es giebt ja zweifellos auch im Taubenblute kleine hyaline Zellen mit verhältnismäßig kleinem Kerne, indess ist ein Befund namentlich im Blute der Vögel, aber auch bei Frosch, Aal, Triton etc. auffällig. Wie oben schon erwähnt, bemerkt man nämlich häufig, dass je kleiner der Hämatoblast, verhältnismäßig um so größer der Kern sei. Auch sieht man mitunter Hämatoblasten, welche auf Zusatz von Essigsäure nur eine ganz kleine hyaline Zone zeigen. Dieser Befund ergibt von vorn herein eine Verschiedenheit zwischen den farblosen Zellen und diesen Hämatoblasten. Es ist

bekannt, dass auf Zusatz von Essigsäure die farblosen Zellen meist ihre Granulation verlieren und ein oder mehrere gewöhnlich peripherisch gelagerte Kerne zeigen. Indess hier finden wir auch die Erklärung des abweichenden Befundes bei den Hämatoblasten, es giebt nämlich farblose Blutkörperchen, wie auch RINDFLEISCH (Fig. 4 *d* siehe oben) für das Menschenblut angeht, welche so arm an Protoplasma sind, »dass es einem ungeübten Beobachter nicht zu verargen wäre, wenn er sie rundweg als nackte Kerne bezeichnete«. Ich glaube hinzufügen zu dürfen, dass es in der That weiße Blutzellen giebt, in denen auch der Geübteste schwerlich etwas Zellenprotoplasma ohne Zusatz von Essigsäure bemerken würde (Fig. 4 *f*, 3 *g*, 4 *e*). Setzt man z. B. einem Präparate, das neben kugeligen, deutlich gefärbten Blutkörperchen auch stark lichtbrechende, farblose und ganz wenig gefärbte kugelige Zellen enthält, z. B. aus der Milz der Taube, einen Tropfen Wasser oder sehr verdünnte Essigsäure hinzu, so bemerkt man, dass die Hämatoblasten sich allmählich aufhellen, ihr Kern aber häufig zu schrumpfen scheint, namentlich wenn er sehr groß ist; ähnlich verhalten sich die stark lichtbrechenden, zum Theil leicht gefärbten Zellen. Die Färbung schwindet und es zeigt sich nur ein äußerst zarter und feiner Saum eines hyalinen Zellenleibes, von dem man nicht weiß, ob er durch Quellung in Folge des Zusatzes der Essigsäure entstanden, oder durch Schrumpfung des fast die ganze Zelle einnehmenden Kernes. Dieses ganz gleiche Verhalten der leicht gefärbten und ungefärbten, stark lichtbrechenden Blutkörperchen gegenüber der Essigsäure scheint mir noch mehr darauf hinzuweisen, dass beide Elemente nahe verwandt sind.

Der beim ersten Anblick, namentlich bei der Taube, schwer zu erklärende Befund, dass die Hämatoblasten von so verschiedener Größe sind, macht nun auch wenig Schwierigkeiten. Giebt es schon im normalen Blute stark lichtbrechende farblose Blutzellen von verschiedener Größe, so um so mehr bei dem sich schnell ersetzenden Blute. Es ist daher höchst wahrscheinlich, dass die nach großen Blutverlusten auftretenden kleinen Hämatoblasten kleineren, farblosen Zellen ihre Entstehung verdanken. In der That sieht man bisweilen neben größeren, stark lichtbrechenden, gefärbten Elementen, etwas kleinere mit dunklen Konturen, welche leicht gefärbt erscheinen. Auch die unverhältnismäßige Größe der Kerne der kleinen Hämatoblasten ist unschwer zu erklären. Während der Kern in der Zelle allmählich sich verkleinert, nimmt die Zelle an Umfang zu, gleichzeitig plattet sie sich ab und nimmt ovoide Form an, wie man aus zahlreichen Übergangsformen von

den Hämatoblasten zu den normalen kernhaltigen rothen Blutkörperchen nachweisen kann.

Um die Blutbildung zu beobachten, ist es indess nicht nöthig, dass man künstlich die Beschleunigung der Blutbildung vermehrt. Sehr übersichtliche Präparate geben auch junge Thiere, z. B. Aale von circa 10 cm Länge.

Sehr schöne Übergangsformen findet man auch in dem Blute des Winterfrosches oder in dem einer Blindschleiche während des Winters. Namentlich kann man sich von der beginnenden Färbung der weißen Blutzellen überzeugen. Wahrscheinlich bedingt der sehr langsame Stoffwechsel den allmählichen Übergang der farblosen in gefärbte Zellen, wodurch die Untersuchung sehr bequem wird.

Mit meiner Ansicht, die neuerdings auch in der hervorragenden Arbeit von MALASSEZ (siehe oben) ausgesprochen wird, steht in direktem Kontrast der neuerliche Befund von BIZZOZERO und G. e A. TORRE (VIRCH.-HIRSCH, Jahresbericht 1880), welche im Knochenmarke der Vögel und im Blute der Eidechsen bei den ausgewachsenen rothen Blutkörperchen Kerntheilungsformen und Kernverdoppelung gefunden haben, und daher zu dem Schlusse kommen, dass die rothen Blutkörperchen sich durch Theilung vermehren. Ich habe Kerntheilungsfiguren niemals gesehen; wenn indess in seltenen Fällen gefärbte Zellen mit zwei Kernen vorkamen, wie sie auch MALASSEZ in seinen Zeichnungen angiebt, so hielt ich sie analog den Hämatoblasten der Säugethiere für im Übergang begriffene farblose Zellen, woran auch die Größe der Kerne erinnert.

Es kommen nun noch Blutkörperchen in Betracht, die von verschiedener Größe meist kleiner als Hämatoblasten, deutlich gefärbt, homogen, kugelig oder abgeplattet und ohne Kern (Fig. 5 a) in dem Blute der untersuchten Thiere mit kernhaltigen rothen Blutzellen fast stets gefunden wurden. Dieselben haben große Ähnlichkeit mit Hämatoblasten, wenn in letzteren der Kern nicht zu erkennen ist. Die Unterscheidung geschieht am besten durch Essigsäure; während die Hämatoblasten stets einen Kern wahrnehmen lassen bei Essigsäurezusatz, werden diese Körper stets vollständig hyaline Scheiben oder Kugeln (Fig. 5 a α). Es ist zweifellos, dass ein Theil dieser Körper erst im Präparate entsteht, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man zu dem ein wenig eingetrockneten Präparate einen Tropfen Kochsalzlösung hinzusetzt. Gleichwohl aber kommen diese tropfenartigen Körper mitunter sehr zahlreich auch in ganz frischen Präparaten vor und namentlich dort, wo man auch stets Hämatoblasten findet, in der Milz oder beim Aale in dem Lymphsinus. Mit den Hämatoblasten

haben sie zum großen Theil außer der kugeligen oder scheibenähnlichen Form noch das überein, dass sie häufig sehr dunkel gefärbt sind und gegen die Einwirkung der Essigsäure sehr lange Widerstand leisten. Ich habe Gelegenheit gehabt ihre Entstehung auf zweierlei Weise zu beobachten. Zunächst bei einem Frosche im Winter. In dem ganz frischen Präparate aus der Vene in der Medianlinie des Bauches zeigten sich viele auffallend dunkel gefärbte Hämatoblasten mit peripherem großem Kerne. An einzelnen dieser Hämatoblasten konnte man kleinere, tropfenähnliche, kugelige, gefärbte Körperchen bemerken (Fig. 5 b), welche durch einen feinen Faden mit dem Hämatoblasten verbunden waren (der Verbindungsfaden fehlt auf der Tafel). Ich bemerkte sogar ein Hämatoblast, das auf einem Faden drei solcher kleinen Körper trug; von dem Hämatoblasten war nur noch der Kern übrig mit sehr wenigem gefärbtem Protoplasma. Auf Zusatz von Essigsäure entfärbten sich die Hämatoblasten wie die kleineren homogenen Körper; die Hämatoblasten zeigten dann deutlich einen verhältnismäßig großen stark lichtbrechenden Kern, die ihnen ähnlichen Körper wurden durchaus hyaline Scheiben oder Kugeln. Nach diesem Befunde ist wohl kaum zweifelhaft, dass ein Theil der im Blute vorkommenden kernlosen hämoglobingefärbten Körper durch Abtrennung eines homogenen Zellentheiles der Hämatoblasten entsteht. Indess auch noch andere Körper dienen ihnen zum Ursprung. Man bemerkt, namentlich beim Aale oder auch bei der Taube, hin und wieder gefärbte kernhaltige, den normalen Blutkörperchen im Ganzen gleichzustellende Blutzellen, welche ungefähr die Form einer 8 besitzen (Fig. 6 a). Zwei gefärbte, kernlose, runde Zellentheile werden durch den zwischen beiden liegenden Kern zusammengehalten. Daneben findet man Formen, wo der Kern einer runden etwas abgeplatteten Zelle stark prominirt (Fig. 6), so dass, wenn man die vorher beschriebene Form mit dieser vergleicht, sofort der Gedanke entsteht, dass die letzte entstanden ist durch Abtrennung eines auf der anderen Seite des Kernes vorhandenen Zellentheiles. Ich glaube daher, dass auch auf diese Weise die gefärbten kugeligen, kernlosen Gebilde entstehen können. Jedenfalls wird man daran festhalten müssen, dass die so entstandenen Körper durchaus nicht den Hämatoblasten gleichzustellen sind, sowohl weil sie nicht direkt aus farblosen Zellen entstehen, als weil sie sich nicht zu kernhaltigen, rothen Blutzellen entwickeln.

Fasse ich nun das bisherige Ergebnis über die Bildung der rothen Blutkörperchen bei Thieren mit kernhaltigen rothen Blutzellen zusammen, so muss ich obenan den Satz stellen: Die rothen Blutkörperchen entstehen durch Umwandlung der farblosen Blutzellen. Die ihnen nächststehenden Formen sind die meist kugeligen gefärbten Zellen mit peri-

pherem oder centralem häufig unverhältnismäßig großem Kern, sogenannte Hämatoblasten. Unter den Hämatoblasten findet man Formen, welche eine Reihe von Übergangsstufen bilden von den gewöhnlichen rothen Blutkörperchen bis zu den typischen erheblich kleineren Hämatoblasten mit peripherem großem Kern. Die Hämatoblasten entwickeln sich unmittelbar aus den farblosen Zellen, indem sich der hyaline Zellenleib derselben färbt. Der hyaline Zellenleib besitzt oft eine auffallend geringe Dicke, so dass die Hämatoblasten dann nur mäßig gefärbt erscheinen. Der Kern nimmt allmählich kleinere Dimensionen an, während der Zellenleib an Umfang gewinnt.

Die den Hämatoblasten am nächsten stehenden Formen der weißen Blutkörperchen sind diejenigen mit großem hyalinem Zellenleibe und kleinem Kern. Bei forcirter Blutbildung (bei jungen Thieren, Tritonen im Frühjahr während der Paarungszeit etc.) verwandeln sich indess auch namentlich Zellen mit sehr großem Kern und äußerst schmaler hyaliner Zone in Hämatoblasten um. Die verschiedene Größe der Hämatoblasten hat ihren Grund erstens darin, dass der Hämatoblast in seiner Entwicklung zum normalen rothen Blutkörperchen sich abflacht und an Größe gewinnt, zweitens darin, dass bei forcirter Blutbildung auch kleinere farblose Zellen sich in Hämatoblasten umwandeln.

Bei Amphibien, namentlich bei Triton, und in geringerem Maße bei Fischen ist die Bildung der rothen Blutkörperchen nicht so regelmäßig, als bei Vögeln, man findet daher meist auch bei normaler Blutbildung Hämatoblasten von verschiedenster Größe, d. h. die Umwandlung auch kleiner farbloser Blutzellen in Hämatoblasten.

Im Blut des Triton (im Frühling), namentlich in der Milz, fallen Zellen auf von amyloidem Glanze, welche klumpig sind und geringe Hämoglobinfärbung besitzen, aber ohne Essigsäurezusatz keine Kerne erkennen lassen. Nach Applikation der Essigsäure zeigen sie einen verhältnismäßig kleinen Kern in einem großen hyalinen Zellenleibe, so dass man annehmen muss, dass der Amyloidglanz der Zelle nicht nur vom Kerne, sondern von einer in Essigsäure verschwindenden im Zellenleibe befindlichen Masse herrührt.

Das Blut des Aales zeigt dadurch eine Verschiedenheit von dem Blute der Vögel und Amphibien, dass es sehr zahlreiche kleine Hämatoblasten enthält, welche von einem ihnen sehr ähnlichen, kleinen, farblosen Elemente mit hyalinem Zellenleib und peripherischem Kerne herkommen.

Ich wende mich nun zu der Frage, wo geht die Blutbildung vor sich. Man wird zunächst annehmen müssen, dass man dort die Blutbildungsstätte zu suchen hat, wo man die meisten und namentlich die

jüngsten Übergangsformen von farblosen zu gefärbten Zellen findet. Diese Stellen sind bei der Taube das Knochenmark, die Milz, das Pfortadersystem, und auch das Mark der jungen Federkiele. Beim Frosch Knochenmark und Milz, indess ist der Unterschied zwischen dem Blut dieser beiden Organe und dem Blut anderer Körpertheile geringer. Beim Triton die Milz und die Lymphsinus in der Nähe der Blase. Beim Aale die Milz und die Lymphsinus der Niere, bei den letzteren beiden Thieren ist der Unterschied gegenüber dem Blut aus den Gefäßen noch geringer. Ob bei letzteren beiden Thieren auch das Knochenmark aufzuzählen ist, ist unentschieden, aber wahrscheinlich.

Hier müssen wir zunächst feststellen, wo wird das Blut in diesen Organen gebildet, in den Gefäßen oder in dem Parenchym dieser Organe? Zunächst muss man daran denken, dass die Blutbildungsstätte mit den Gefäßen im Zusammenhang stehen muss, damit die neugebildeten Zellen in die Gefäße gelangen können. Die Verschiedenartigkeit der Organe, in denen man die Hämatoblasten in größerer Zahl findet, weist ferner schon darauf hin, dass das Gemeinsame, was sie besitzen, nämlich die Gefäße selbst, jedenfalls Ort der Blutbildung ist. Namentlich aber der Umstand, dass man bei Thieren, deren Knochenmark seiner sehr geringen Menge wegen nur wenig in Betracht kommt, deren Milz man aber entfernt hat, zum Beispiel bei einem entmilzten Aale, die Hämatoblasten in den Gefäßen überall sehr reichlich findet, also die Blutbildung in die Gefäße selbst verlegen muss, gestattet noch mehr die Annahme, dass die farblosen Blutkörperchen sich in den Gefäßen selbst umwandeln. Wenn man von der Blutbildung der Organe, d. h. von der Bildung der rothen Blutkörperchen spricht, so wird man also, wenigstens für normale Verhältnisse, darunter eine Blutbildung in den Gefäßen dieser Organe verstehen müssen.

In erster Linie stehen natürlich die von sämtlichen Forschern als Blut-bildende Organe in Anspruch genommenen Körpertheile, Knochenmark und Milz.

Bei der Beurtheilung der Wichtigkeit dieser Organe kommt uns zu Statten, dass ein Organ, das Knochenmark, bei verschiedenen dieser Thiere sehr wenig in Frage kommt, weil es nur in sehr geringer Menge vorhanden ist.

Bleiben wir zunächst beim Knochenmark, so müssen wir zunächst berücksichtigen, dass dasselbe namentlich bei Tauben stets viel Hämatoblasten enthält und sich nach großen Blutentziehungen stärker röthet. Es zeigt also bei stärkerer Blutbildung Veränderungen, indem das Fett zum Theil schwindet und durch lymphoides Mark ersetzt wird. Man wird also dem Knochenmark zweifellos Betheiligung an der Blutbildung

zuerkennen müssen. Andererseits ist festzuhalten, dass man im Blut von Aal und Triton, die nur andeutungsweise Knochenmark besitzen, dieselben Hämatoblasten und noch zahlreicher findet. Bei der Taube kann man im Knochenmarke vielleicht große Zellen mit großem Kern und ziemlich breitem hyalinem Leib zahlreicher finden, als in der Milz und in den Blutgefäßen, indess sind solche Zellen bei der Blindschleiche während des Winterschlafes und beim Triton im Spätsommer sogar im Herzen sehr zahlreich anzutreffen, so dass man eine dem Knochenmarke eigenthümliche Form der Blutbildung schwerlich annehmen kann. Indess erscheint es doch auffällig, dass Aal wie Triton Übergangsformen und dem entsprechende farblose Zellen besitzen, die bei der Taube und auch beim Frosche nicht oder nur sehr selten beobachtet werden. Es sind dieses die oben beschriebenen amyloid glänzenden Zellen, welche namentlich im Frühling in der Milz des Triton vorkommen, und die aus den auffallend kleinen farblosen kernhaltigen Zellen mit hyalinem Zellenleib in dem Blute des Aales hervorgehenden Hämatoblasten. Man wird dem Knochenmarke also in erster Linie eine modificirende Einwirkung auf die Entwicklung der farblosen Blut-elemente zuschreiben, gleichzeitig aber festhalten müssen, dass auch ohne Knochenmark farblose Zellen gebildet werden, welche Hämoglobinfärbung annehmend, die rothen Blutkörperchen bilden.

Was die Milz anbetrifft, so ist ihre geringe Größe bei Taube und Frosch, welche beide erheblichere Mengen Knochenmark in den langen Schenkelknochen führen, gegenüber der Größe derselben bei Triton und Aal zunächst nicht zu übersehen, namentlich bei letzterem ist sie im Verhältniß zu den übrigen Organen ziemlich bedeutend. Man könnte also vielleicht annehmen, dass die verhältnismäßig größere Milz rücksichtlich der Blutbildung einen Ersatz für das unzureichende Knochenmark bildete. Dem gegenüber steht aber die Thatsache, dass diese Thiere sämmtlich die Exstirpation der Milz in gleicher Weise gut vertragen, die Milz also für die so wichtige Funktion der Blutbildung nicht unbedingt nöthig erscheint. Ich muss hier erwähnen, dass ich Tauben die Milz nicht habe exstirpiren können, weil ich nicht auf den Gedanken kam, dieselbe, wie THEODOR KORN (Centralblatt f. d. medicinischen Wissenschaften 1880 Nr. 41) angiebt, einfach herauszureißen. Diese Mittheilung KORN's erhielt ich erst, nachdem dieser Theil meiner Untersuchungen bereits beendet war, ich habe daher seine Versuche nicht wiederholt; jedenfalls geht aus diesen Angaben hervor, dass auch Tauben die Milz entbehren können. Die Milzexstirpation ruft bei Frosch, Triton und Aal nach meinen Beobachtungen eine Veränderung der Blutkörperchen zunächst nicht hervor. Beim Aale scheint auf kurze

Zeit jedoch die Anzahl der kleinen aus den kleinen farblosen Zellen mit hyalinem Leibe entstandenen Hämatoblasten zuzunehmen. Es ist hier jedoch zu bemerken, dass beim Aale und beim Triton die Milz wieder wächst. Um diese Regeneration festzustellen, muss man natürlich die Thiere lange Zeit beobachten. Einem Triton wurde am 4. April die Milz exstirpirt. Derselbe ertrug im Mai und Juni mehrere Blutentziehungen durch Amputation von Schwanzstücken und wurde am 16. Oktober getödtet. Bei der Sektion fand sich die Ligatur des Seidenfadens noch vor, und neben derselben ein Organ, das genau der exstirpirten Milz an Größe, Farbe und Gestalt glich; das Zupfpräparat ergab das mikroskopische Bild wie es die Milz zu geben pflegt. Neben wenigen gewöhnlichen rothen, kernhaltigen Blutkörperchen fanden sich zahlreiche Hämatoblasten und farblose Blutkörperchen der verschiedensten Form. Leider wurde auch hier wie bei der einem Aale wieder gewachsenen Milz die Härtung und Einbettung Behufs Anfertigung von Schnitten versäumt. Am 16. August wurde einem ungefähr 0,50 m langen Aale die Milz exstirpirt. (Die Milz des Aales liegt unmittelbar vor den großen Gefäßen an der Vorderfläche der Wirbelsäule, an der Hinterseite des Magens, wo dieser eine Hufeisenform darstellt. Man macht einen Längsschnitt in der Medianlinie des Bauches, welche ungefähr um die Kopfeslänge des Aales hinter den Kiemen beginnt und circa 5 cm lang nach dem After zu geführt wird. Man geht dann, indem man das große in der Medianlinie sich findende Gefäß meidet, zwischen beiden Schenkeln des Magens in die Tiefe und zieht die Milz, die eine ziemliche Länge besitzt, hervor und bindet sie ab. Der Aal muss während der Operation mittels eines Handtuches festgehalten werden. Die Nähte sind sehr sorgfältig anzulegen, da sie leicht ausreißen.)

Ziemlich regelmäßig wurden dem Aale auf die oben angegebene Weise in 14tägigen Zwischenräumen Blutentziehungen gemacht, am 25. April wurde er getödtet. Es ergab sich, dass sich neben der Katgutligatur ein Organ befand von der Farbe und Größe der Milz, die Gestalt war etwas weniger schlank. Das Zupfpräparat ergab das bei der Milz geläufige Bild. An eine Härtung der Milz wurde deshalb nicht gedacht, weil jede Verwechslung mit einem anderen Organe beim Aale ausgeschlossen ist.

Aus diesem Ergebnisse muss man doch schließen, dass die Milz für Aal und Triton nicht unentbehrlich ist, sonst würde sie wahrscheinlich nicht wieder gebildet werden. Sicherere Resultate für die Blutbildung der Milz erhält man indess bei Thieren, denen die Milz nicht exstirpirt ist.

Einer Taube wurden am 13., 15., 16., 17., 18. November 1880 Blutentziehungen an der A. brachialis gemacht. Die Taube wiegt ohne Federn und Kropfinhalt 167 g. Die Milz ist hellroth und wiegt 0,24 g. Eine zweite Taube den 21., 30. Oktober, 3., 4. November. Die Taube wiegt 209 g, die Milz, fast weiß, wiegt 0,17 g. Einer anderen Taube wurden am 25., 29. November, 8., 13., 14., 17., 18. December sehr erhebliche Blutentziehungen gemacht. Das Gewicht der Taube 207 g, der Milz 0,14 g. Die Milz einer gleich alten normalen Taube von 250 g wiegt 0,18 g. Bei mehreren anderen Tauben erzielte ich durch Blutentziehungen sehr auffallend hellrothe Färbung der Milz. Es ist also keine Frage, dass die Milz der Taube sich nach großen Blutentziehungen verändert. In mehreren Fällen verlor die Milz das Pigment. In den beiden ersten angegebenen Fällen wurde sie hypertrophisch, im letzteren Falle erheblich atrophisch. Beide Zustände können, wie bekannt, Folge von übermäßigen Funktionsleistungen sein. Man wird demgemäß nicht umhin können, an der Betheiligung der Milz bei der Blutbildung festzuhalten.

Dieser Befund steht im Einklange mit der Vermuthung RIND-FLEISCH's, welcher der Milz große Bedeutung für die Blutbildung der Vögel zuweist. Dagegen erklären BIZZOZERO und G. e A. TORRE (Archivio per le Scienze med. Vol. IV. Nr. 18), dass die Milz bei Vögeln eine Blutbildungsstätte nicht sei, sondern nur das Knochenmark, auch THEODOR KORN (siehe oben) schließt daraus, dass die entmilzten Tauben die Blutentziehungen eben so gut ertragen, als die nicht entmilzten, und dass die Milz der Tauben nach großen Blutentziehungen atrophire, auf eine Nichtbetheiligung der Milz bei der Blutbildung. Er hat auch niemals dort Übergangsformen gefunden. Ich weise dem gegenüber auf obige Mittheilungen meiner Beobachtungen hin, aus denen ich einen entgegengesetzten Schluss zu ziehen mich berechtigt halte.

Es ist nun oben schon gesagt, dass die Hämatoblasten in größerer Zahl, als in den großen Blutgefäßen, auch in anderen Körpertheilen gefunden würden. Bei der Taube haben wir die Gefäße der großen Bauchspeicheldrüse und die Federkiele, bei Aalen und Tritonen namentlich die Lymphsinus der Nieren zu erwähnen. Wir wollen uns daher zuerst die Frage vorlegen, was haben diese sämtlichen Organe Gemeinschaftliches? Ich glaube, darauf weisen namentlich die Lymphsinus der beiden letzten Thierklassen hin, nämlich auf den Reichthum dieser sämtlichen Organe an farblosen Blutzellen. Aber dies ist nicht das Einzige, was diesen verschiedenen Organen in gleicher Weise zukommt, wir können noch ein zweites Moment, wenigstens für einzelne dieser Organe, in Anrechnung bringen, das ist die Verlangsamung des

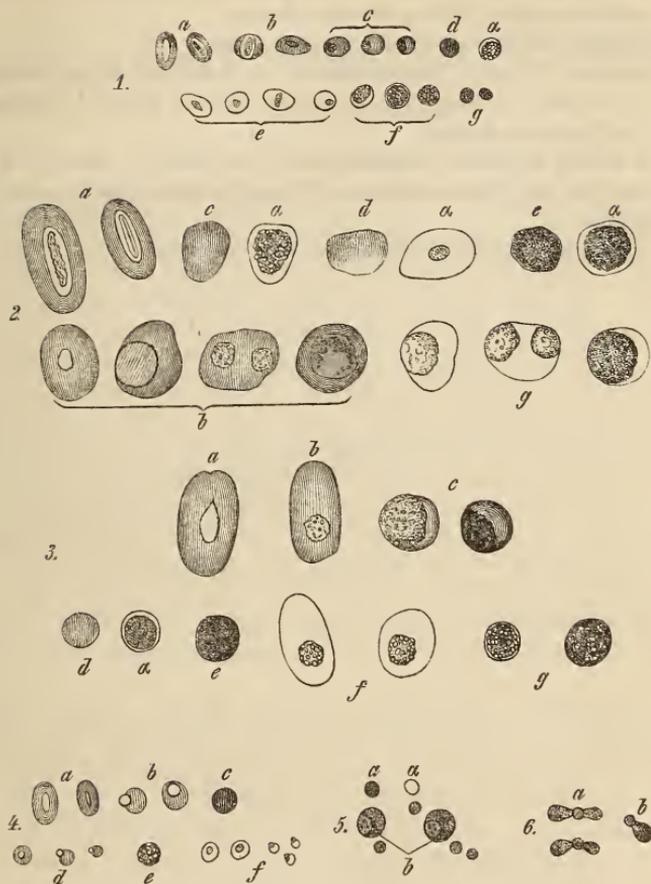
Blutstromes. Das Mark der Röhrenknochen wird meist von wenigen Gefäßen versorgt, die zum Theil sich rechtwinklig umbiegen und ein für ihre Größe ungeheures Kapillargebiet versorgen; es ist daher nicht zu verwundern, dass eine vollständige Injektion der Gefäße für nahezu unmöglich gilt, und man kann ziemlich sicher annehmen, dass im Knochenmark eine Blutstromverlangsamung stattfindet. Für die Milz und die Bauchspeicheldrüse ist die Verlangsamung des Blutstromes durch ihre Zugehörigkeit zum Pfortadersystem gegeben. Für die Lymphsinus an der Niere des Aales und des Triton sind gleiche Verhältnisse in dem besonderen Pfortadersystem der Niere vorhanden, und für die Federkiele sind wahrscheinlich ähnliche Verhältnisse wie beim Knochenmark für eine Stromverlangsamung maßgebend. Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch einen Befund zur Geltung bringen. Ich habe bemerkt, dass, wenn man einem Triton oder einem Aale ein Stück Schwanz abschneidet und das aus dem Körper tropfende Blut untersucht, man in demselben bedeutend weniger weiße Blutkörperchen und Hämatoblasten findet, als wenn man das aus dem amputirten Schwanzstücke herausgedrückte Blut prüft. Ich glaube auch in diesem Falle den letzterwähnten Umstand der Stromverlangsamung hervorheben zu müssen. Das herausgedrückte Blut stammt zum allergrößten Theile aus Kapillaren und Venen, während das aus dem Körper tropfende Blut arteriell ist, eine Blutverlangsamung wird außerdem wahrscheinlich durch die Länge des Schwanzes und die Entfernung vom Herzen, namentlich durch die Länge der Venen begünstigt.

Ich komme daher zu dem Endergebnis, dass bei Thieren mit kernhaltigen rothen Blutkörperchen die Bildung der rothen Blutkörperchen im Blute aus farblosen Zellen vor sich geht. Man findet zahlreiche Übergangsformen, sogenannte Hämatoblasten, welche in Organen entstehen, in denen eine Blutverlangsamung stattfindet und Leukocyten zahlreich vorkommen.

Zum Schluss möchte ich noch erwähnen, dass ich die von HAYEM beschriebenen Hämatoblasten für jüngere Formen der farblosen Blutkörperchen halte, die, wie aus meinen Untersuchungen hervorgeht, sich in Hämatoblasten umwandeln können und dann natürlich gefärbt erscheinen.

Göttingen, im August 1882.

Holzschnitt. Figur 4—6.



Erklärung der Figuren.

Die Vergrößerung beträgt circa 450.

Fig. 1. Blutkörperchen der Taube.

a, normale rothe, *b*, der normalen Form sich nähernde Hämatoblasten; *c*, Hämatoblasten mit peripherem Kern; *d*, Hämatoblast ohne sichtbaren Kern; *α*, auf Zusatz von Essigsäure; *e*, farblose Zellen mit hyalinem Zellenleibe; *f*, granulirte farblose Zellen zum Theil ohne sichtbaren Kern und hyalinen Zellenleib; *g*, kernähnliche Körper.

Fig. 2. Blutkörperchen vom Triton.

a, normale Blutkörperchen; *b*, Hämatoblasten; *c* und *d*, Hämatoblasten ohne sichtbaren Kern; *c α* und *d α*, dieselben auf Zusatz von Essig-

säure; *e*, gefärbte, granulierte Zelle; *e α*, dieselbe auf Zusatz von Essigsäure; *g*, farblose Zellen mit hyalinem Leib.

Fig. 3. Blutkörperchen von *Bombinator igneus*.

a, normales Blutkörperchen; *b*, Blutkörperchen mit kugeligem Kern; *c* und *d*, Hämatoblasten; *d α*, auf Zusatz von Essigsäure; *e*, granulierte, gefärbte Zelle; *f* und *g*, farblose Zellen.

Fig. 4. Blutkörperchen von einem entmilzten Aale.

a, normale; *b* und *c*, Hämatoblasten; *d*, auffallend kleine, schwach gefärbte Hämatoblasten; *e*, granulierte, farblose Zelle; *f*, farblose Zellen mit hyalinem Leibe.

Fig. 5. In Zerfall begriffene Hämatoblasten des Frosches. (Die feinen Verbindungsfäden zwischen den Hämatoblasten und ihren Zerfallsprodukten sind im Holzschnitt fortgefallen.)

Fig. 6. In Theilung begriffene Blutkörperchen des Aales.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Feuerstack W.

Artikel/Article: [Die Entwicklung der rothen Blutkörperchen. Gefertigt im pathologischen Institute zu Göttingen. 136-164](#)