

Über kernlose rote Blutkörperchen bei Amphibien.

Von

cand. med. **Werner Beyer.**

(Aus dem anatomischen Institut der Universität Jena.)

Mit Tafel 25.

In der Anatomischen Gesellschaft zu Jena hat Herr Professor Maurer kürzlich zwei Präparate vom Blute einer jungen *Salamandra maculosa* demonstriert, in denen er kernlose rote Blutkörperchen gefunden hatte, und in den Sitzungsberichten (1920, 29. Versammlung) ist jetzt die darauf bezügliche Notiz erschienen. In seinem Auftrage und auf seine Anregung hin, für die ich gleich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen möchte, habe ich diese Erscheinung näher untersucht und im einzelnen an verschiedenen Tierklassen geprüft.

Im folgenden sollen die Ergebnisse dieser Untersuchungen eingehend besprochen werden.

Untersuchungsmaterial.

Zu den hier vorliegenden Untersuchungen habe ich nicht nur Amphibien verwendet, sondern auch Reptilien und einige Vögel. Von Amphibien kommen in Betracht: *Rana esculenta*, *Rana temporaria*, *Rana agilis*, *Bufo vulgaris*, *Bufo viridis*, *Hyla arborea*, *Bombinator pachypus*, *Salamandra maculosa*, *Triton cristatus*, *Triton taeniatus*, *Triton alpestris*, von Reptilien: *Lacerta agilis*, *Lacerta vivipara*, *Anguis fragilis*, *Tropidonotus natrix*, von Vögeln: Gans, Huhn, Taube.

Sämtliche Tiere sind frisch gefangen zur Verarbeitung gekommen. Ferner habe ich, wo es irgend möglich war, die verschiedensten Lebensalter und Lebensbedingungen zu berücksichtigen versucht, so sind z. B. bei Tritonen und *Salamandra*, die für die vorliegende Arbeit von besonderer Wichtigkeit sind, einerseits

sowohl alle Lebensalter von der noch relativ jungen Larve bis zum ausgewachsenen Tier untersucht worden, andererseits aber auch von Juni bis Oktober in jedem Monate einige Exemplare gefangen worden, im Wasser, auf dem Lande; drei Tritonen fand ich im August mitten im Walde unter einem Baumstamm, so weit von Gewässern irgendwelcher Art entfernt, daß wohl anzunehmen ist, daß sie im vorhergehenden Herbst und Frühling gar nicht im Wasser waren. Auch von Salamandra, Bufo und Rana sind die verschiedensten Lebensalter untersucht worden. Leider war es mir nicht möglich, seltener Amphibien, wie z. B. Proteus, lebend zu erhalten und noch weniger natürlich ausländische, doch ist kaum zu erwarten, daß nach den erhaltenen Resultaten von anderen Arten noch prinzipiell neues zu erfahren sei.

Untersuchungsmethoden.

Neben dem Nativpräparat, bei dem unverdünntes oder mit physiologischer Kochsalzlösung oder HAYEMscher Lösung leicht verdünntes, frisch entnommenes Blut zur Untersuchung kam, habe ich meistens Abstrichpräparate verwendet, die mit großer Sorgfalt angefertigt werden müssen, um eine Beschädigung des Blutes zu vermeiden. Die besten Resultate erhält man auf folgende Weise: ein gut in Alkohol gereinigter und vollkommen trockener Objektträger wird auf den Tisch gelegt. An die schmale Kante eines anderen, geschliffenen, kommt ein Tröpfchen Blut. Nun wird letzterer so auf den ersteren aufgesetzt, daß zwischen beiden Gläsern ein spitzer Winkel entsteht, in dem sich das Bluttröpfchen ausbreiten kann. Mit dem Finger den geschliffenen Objektträger von unten her unterstützend, schiebt man ihn jetzt langsam nach vorn. Auf diese Weise ist ein Druck ausgeschlossen und das Blut kann sich ohne Insulte gleichmäßig ausbreiten. Dasselbe kann man mit einiger Übung auch bei Deckgläsern machen. Die Ausstriche wurden, sobald sie lufttrocken waren, in konzentriertem Methylalkohol fixiert und sodann gefärbt. Als sehr zweckmäßige Färbung für unseren Zweck hat sich die einfache Methylenblaufärbung erwiesen. Dann wurde vornehmlich die Hämatoxylin-Eosinfärbung angewandt. GIEMSA und MAY-GRÜNWALD-Färbung eignen sich gerade für den vorliegenden Zweck weniger, sie sind mehr für Leukozyten angebracht.

Über die Technik der Blutentnahme sei kurz folgendes gesagt: Nach vorhergehender kurzer Äthernarkose wird das Tier in

Rückenlage aufgespannt und dann zunächst die Haut über der vorderen Brustwand zertrennt und möglichst weit zurückgesteckt, da ihre Sekrete infolge gerinnungsfördernder Eigenschaften störend wirken könnten. Sodann wird der Herzbeutel freigelegt und eröffnet und schließlich das Herz durch einen kleinen Scherenschlag geteilt. Das ausströmende Blut füllt sofort die Höhlung des Herzbeutels und kann nun leicht und vollständig ungeschädigt mit einem Glasstab oder einer feinen Pipette entnommen werden. Bei ganz kleinen Tieren und Larven habe ich es wohl auch mit einem feinen weichen Pinselchen entnommen und so direkt auf das Deckgläschen übertragen.

Die fixierten und gefärbten Präparate wurden mit Ölimmersion untersucht.

Untersuchungsergebnisse bei Amphibien.

Fangen wir mit der Betrachtung des Tritonenblutes an, so begegnen wir sofort, und zwar gar nicht so selten, kernlosen roten Blutkörperchen. Meistens sehen wir diese genau so gebildet wie die kernhaltigen und in nichts von diesen unterschieden als eben durch das Fehlen des Kernes. Sie besitzen genau dieselbe Größe und Gestalt, sind in derselben Stärke tingiert wie jene, und Ränder wie Oberfläche weisen keinerlei Spuren einer Verletzung auf (Taf. 25, Fig. 1). Ihre Verteilung zwischen den kernhaltigen ist gewöhnlich recht regelmäßig, bisweilen sind aber an gewissen Stellen mehr kernlose nachweisbar als an anderen. So fiel mir im Anfang auf, daß oft an den Rändern des Präparates deren mehr gefunden werden konnten als in der Mitte. Die Ränder der Präparate sind nun gewöhnlich irgendwie insultiert, es haben häufig Zerquetschungen der Blutkörperchen stattgefunden, wofür auch die häufig dort vorhandenen ausgequetschten Kerne und zerstörten Zellen sprechen, und wenn wir nun die dort so häufig auftretenden kernlosen Erythrozyten genauer untersuchen, so finden wir stets Zeichen stattgehabter Insulte. Die Ränder sind verletzt, die Tingierung ist erheblich schwächer als bei normalen, Form und Größe sind sehr verschieden. Vor allem sieht man häufig große, blaßgefärbte oder nur einseitig und unregelmäßig gefärbte kernlose Erythrozyten an solchen Stellen, und es liegt auf der Hand, daß es sich in derartigen Fällen um Artefakte handelt. Die vorher erwähnten Zellen sind jedoch deutlich von diesen unterscheidbar. Ich werde außerdem später noch die Gründe näher erörtern, die

die Annahme bestätigen, daß wir es hier mit einer echten Kernlosigkeit zu tun haben.

Neben diesen in Form und Größe den kernhaltigen völlig gleichenden kernlosen Erythrozyten findet sich auch noch eine andere Art. Das sind kernlose Elemente, die gewöhnlich kleiner sind als die vorigen und sich außerdem der runden Form mehr nähern, oftmals sind sie auch deutlich intensiver tingiert und doch, da sie mitten zwischen völlig unverletzten Zellen liegen und auch sonst keinerlei Anzeichen einer Insultierung aufweisen, erwecken sie keineswegs den Eindruck von Kunstprodukten oder zerstörten Zellen (Taf. 25, Fig. 2). Sie sind es auch nicht, wie wir bald hören werden, sondern nur ihr Entstehungsmodus scheint ein anderer zu sein. Ich möchte die zuerst erwähnten Formen der bequemeren Ausdrucksweise halber als „echte“ kernlose Erythrozyten bezeichnen. Auf die zweite Art werde ich später zu sprechen kommen. Jetzt sollen erst einmal die näheren Untersuchungsergebnisse bei Tritonen besprochen werden.

Die Menge der vorkommenden kernlosen roten Blutkörperchen ist bei den einzelnen Tritonenspezies durchaus nicht gleich. Am wenigsten häufig finden wir sie bei *Triton cristatus*, doch ist die Verteilung bei den verschiedenen Individuen eine ganz gleiche. Das gilt übrigens auch von allen später zu erwähnenden Gattungen und Arten, die Ergebnisse der Untersuchungen bei den verschiedenen Individuen sind absolut übereinstimmend. Ich habe den *cristatus* in allen Lebensaltern untersucht, doch scheinen diese keinen Einfluß auf die Häufigkeit der kernlosen Erythrozyten zu haben, sie treten vielmehr zu allen Zeiten in ziemlich gleicher Menge auf. Auch der Einfluß der Jahreszeiten und der verschiedenartigen Lebensverhältnisse scheint sich hier nicht geltend zu machen. Freilich fehlen mir hier, wie auch bei allen anderen Arten, Erfahrungen über die Beschaffenheit des Blutes während des Winterschlafes. Auch ein Einfluß des Geschlechtes oder des Ernährungszustandes, der stets Berücksichtigung fand, ist nicht erkennbar. Stellenweise, doch sehr selten, fand ich beim *Triton cristatus* ein kernloses rotes Blutkörperchen, das in seiner Form insofern von den „echten“ abwich, als es an einem Pol spitz ausgezogen war, also Birnenform hatte, und auch etwas kleiner war als jene. Ob es sich hier um ein Kunstprodukt oder um die zweite Art von kernlosen Erythrozyten handelt, mag vorläufig dahingestellt bleiben. Ferner beobachtete ich vereinzelt eine kleine

runde Form, die, durchaus unverletzt, nicht den Eindruck eines Artefaktes machte.

Entschieden häufiger treten kernlose Erythrozyten auf bei *Triton taeniatus* und *Triton alpestris*. Große Unterschiede zwischen beiden Arten sind nicht vorhanden, die Häufigkeit ist bei beiden ungefähr gleich. Eher noch könnte man behaupten, daß sie bei *alpestris* etwas größer wäre als bei *taeniatus*. Man braucht hier gar nicht so lange zu suchen, um auf tadellose, unbedingt echte kernlose Erythrozyten zu stoßen. Sie unterscheiden sich in nichts von den vorher beschriebenen des *Triton cristatus*, aber gerade hier, wie auch dann bei *Salamandra maculosa*, muß man vorsichtig in der Beurteilung sein, wenn das Präparat nicht tadellos und einwandfrei ist, denn die oben beschriebenen lädierten und halb zerstörten Formen mit ausgetretenen Kernen und ganz blaß tingiertem Plasma, häufig von unwahrscheinlicher Größe, sind gerade bei *Triton alpestris* und *taeniatus* an schlechten Präparaten oder insultierten Stellen nicht selten. Für die Beurteilung der Anzahl sind natürlich nur die vollständig unverletzten und einwandfrei echten Formen berücksichtigt worden. Auch birnenförmige, kleine runde oder mehr länglich ovale Formen sind hier wie bei *cristatus* vorhanden. Beeinflussung der Häufigkeit durch die vorher schon erwähnten Faktoren: Geschlecht, Alter, Ernährungszustand, Jahreszeit und Lebensbedingungen konnte ich auch hier nicht feststellen. Hier, wie auch bei vielen folgenden, habe ich ferner das Blut nicht allein aus dem Herzen, sondern aus verschiedenen Gefäßgebieten entnommen. So z. B. aus der Leber und den Extremitätengefäßen (*Vena portae*, *Art. brachialis*). Aber auch das scheint völlig bedeutungslos für das Auftreten der kernlosen Erythrozyten zu sein.

Sehr ähnlich wie bei den Tritonen liegen die Verhältnisse bei *Salamandra maculosa* (Taf. 25, Fig. 3 u. 4), wo meine Ergebnisse sich ganz und gar mit denen des Herrn Professor MAURER decken. Bereits eine 4 cm lange Larve, die Ende Juni gefangen wurde, wies eine relativ reichliche Menge kernloser Erythrozyten auf, die vollkommen die Form, Größe und Färbbarkeit der kernhaltigen zeigten. Eine andere zur gleichen Zeit gefangene Larve wurde im Aquarium aufbewahrt und Mitte Juli nach eben überstandener Metamorphose untersucht: Es boten sich die gleichen Verhältnisse. Eine etwa halb erwachsene *Salamandra*, die gerade während der Häutung zur Untersuchung kam, und voll erwachsene boten nichts Überraschendes. Bei allen eine etwa gleichhäufige Anzahl der

kernlosen roten Blutkörperchen ohne Unterschied des Geschlechts oder sonstiger Eigenschaften. Neben den echten und typischen Formen wieder die anderen oben beschriebenen kleinen runden und teilweise auch die künstlich entstandenen großen blassen und verletzten Zellen.

Nun habe ich auch versucht, die Menge der kernlosen Erythrozyten bei den bisher besprochenen Spezies zahlenmäßig festzustellen. Das stößt natürlich auf erhebliche Schwierigkeiten, und die erhaltenen Werte sollen keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen, sondern nur eine ungefähre Vorstellung geben. Immerhin sind sie durch ihre Übereinstimmung bei den verschiedensten Zählungen zu diesem Zwecke wohl geeignet und annehmbar. In der Zählkammer ließ sich die Zählung nicht durchführen, weil man infolge der Größe der Urodelenblutkörperchen viel zu wenig Zellen im Zählnetz hat. Ich bin also so vorgegangen wie bei der prozentualen Feststellung der verschiedenen Leukozytenarten im menschlichen Blute, d. h. ich habe bei möglichst starker Vergrößerung, um nicht zu viel Zellen im Gesichtsfeld zu haben, einige Tausend rote Blutkörperchen Gesichtsfeld für Gesichtsfeld durchgezählt, die kernlosen dabei angemerkt und schließlich mit der Zahl dieser dividiert. So erhielt ich bei fünf Zählungen für *Triton cristatus* (natürlich an verschiedenen Individuen) stets durchschnittlich auf mehrere Tausend kernhaltige ein kernloses (ca. 5 bis 10 000). Bei *Triton alpestris* an verschiedenen Zählungen auf 300—500 kernhaltige ein kernloses, bei *Triton taeniatus* auch auf ca. 400—500 kernhaltige ein kernloses. Selbstverständlich findet man stellenweise auch andere Resultate, so kommen Stellen, wo man schon ein Verhältnis von 200:1 findet, andere wieder von 1000:1, aber im allgemeinen stimmen doch die Resultate ziemlich überein. Verschiedene Erythrozytenzählungen bei *Triton cristatus* ergaben ebenfalls mit guter Übereinstimmung 180 000—200 000 Erythrozyten im Kubikmillimeter Blut. Berechnet man danach die absolute Zahl der kernlosen, so kämen bei *cristatus* ungefähr 20—30 kernlose Erythrozyten auf den Kubikmillimeter Blut.

Zusammenfassend können wir also bemerken, daß bei allen urodelen Amphibien kernlose rote Blutkörperchen, der echten sowohl wie einer anderen Form, in ziemlich konstanter Anzahl auftreten.

Grundsätzlich anders liegen die Verhältnisse bei den Anuren. Bei den Fröschen finden wir gewöhnlich keinerlei Andeutung einer

Kernlosigkeit, auch an verletzten und zerquetschten Stellen des Präparates habe ich nie kernlose Blutkörperchen der Art gesehen, wie ich sie im vorigen als zweifellose Kunstprodukte beschrieben habe. Aber schon bei den Kröten fällt sofort eine merkwürdige Bildung auf. Man sieht hier gar nicht allzu selten kernlose Teile, die in Form und Größe etwa den menschlichen Erythrozyten entsprechen, d. h. also, sie sind einmal bedeutend kleiner als das kernhaltige, normale Blutkörperchen und besitzen runde Form, sind jedoch vollständig unverletzt, mit zirkelrundem, glattem Rande und machen in keiner Weise den Eindruck von Artefakten. Geht man dieser Erscheinung näher nach, so findet man bald kernhaltige Blutkörperchen, die biskuitförmig eingeschnürt sind, wobei der eine Teil den Kern enthält, der andere nur aus hämoglobinreichem Protoplasma besteht. Diese Einschnürung schreitet bald weiter fort. Wir treffen auf Bilder, wo beide Teile nur noch mit einem dünnen Fädchen zusammenhängen, und schließlich sieht man, wie das abgeschnürte Stück, das sich vollkommen abgerundet hat, neben dem größeren kernhaltigen Stück liegt, das nun auch seinerseits nicht den Eindruck macht, als würde es durch den Prozeß der Abschnürung zerstört, es sieht vielmehr auch ganz unverletzt aus, nur eben kleiner und häufig sich mehr der runden Form nähernd als vorher (Taf. 25, Fig. 5). Auf diesen Vorgang weist schon ENGEL (1906) in einer Arbeit „Über kernhaltige rote Blutkörperchen und deren Entwicklung“ hin. Dort heißt es nämlich:

„Bei jungen Embryonen habe ich noch eine zweite Art der Entstehung kernloser roter Blutkörperchen beobachten können. Namentlich bei jungen Embryonen von Mäusen und Schweinen sowie beim bebrüteten Hühnchen um den 8. Tag der Bebrütung herum, ferner bei jungen Froschlarven habe ich häufig eigentümlich aussehende Blutkörperchen beobachten können, die, von anderen, ganz normalen Zellen umgeben, jeden Gedanken an Kunstprodukte von vornherein ausschließen ließen. In derartigen Präparaten findet man — in ähnlicher Weise wie nach EHRLICH die Schizozyten durch Abschnürung von kernlosen roten Blutkörperchen entstehen —, daß sich von der hämoglobinreichen, kleinkörnigen, embryonalen Blutzelle (die ich seinerzeit als Metrozyt zweiter Generation bezeichnet habe) ein kernloser Teil abschnürt. Im Blute niederer Wirbeltiere dieses Entwicklungsstadiums findet man dann kernlose rote Blutkörperchen, die jedoch bald aus dem Blute verschwinden.“

Diese letztere Bemerkung trifft, wie wir sehen werden, nicht überall zu, die kernlosen Teile erhalten sich vielmehr, oder entstehen noch fortwährend auch im Blute des erwachsenen Tieres. Sie sind ferner, wie wir aus der speziellen Betrachtung der Untersuchungsergebnisse bei den Anuren sehen werden, höchstwahrscheinlich identisch mit den schon so verschiedentlich erwähnten Formen bei den Urodelen, die ich den echten kernlosen Erythrozyten gegenübergestellt habe und die ich jetzt als „Schnürformen“ bezeichnen möchte. Die gleiche Erscheinung, nämlich das Auftreten kernloser roter Blutkörperchen bei Kaulquappen vom Frosch, erwähnt übrigens ENGEL noch in einer anderen Arbeit (1915): „Die Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der Erythrozyten.“

Doch beginnen wir gleich mit der speziellen Besprechung der Untersuchungsergebnisse bei den Anuren, und zwar soll die *Rana esculenta* den Anfang machen. Wie schon vorhin erwähnt, sind hier keinerlei Spuren einer Kernlosigkeit zu treffen, weder ausgebildete Schnürformen, noch überhaupt Andeutungen einer Einschnürung kernhaltiger Erythrozyten. Die Bildung solcher Formen scheint sich lediglich auf den Kaulquappenzustand zu beschränken, auch Geschlecht, Alter und sonstige Einflüsse sind ohne Bedeutung. *Rana temporaria* zeigt uns die gleichen Verhältnisse, wenigstens bei ganz alten Tieren. Doch konnte ich schon hier, wie dann vor allen Dingen auch bei *Rana agilis*, wenn es sich um halb erwachsene oder ganz junge Exemplare handelte, stellenweise einzelne Schnürformen nachweisen. Es sei allerdings bemerkt, daß sie nur selten auftreten, und dann sind die abgeschnürten kernlosen Stücke stets ganz erheblich kleiner als das übrigbleibende kernhaltige Stück. Doch gelingt es auch schon hier, den ganzen Vorgang der Abschnürung in aufeinanderfolgenden Bildern zu beobachten. Verfolgen wir den Vorgang jetzt weiter bei den Kröten. Ich habe Exemplare von *Bufo vulgaris* und *Bufo viridis* (*variabilis*) in allen Lebensaltern nach der Metamorphose untersucht und die Schnürformen mit auffallender Regelmäßigkeit angetroffen. Die abgeschnürten Stücke sind meistens absolut rund, stets aber ganz unverletzt und deutlich als Produkte einer normalen Entwicklung erkennbar. Sie sind auch immer bedeutend kleiner als das kernhaltige Stück, jedoch fällt ohne weiteres auf, daß sie schon größer sind als die vorher bei *Rana agilis* beschriebenen. Häufig findet man sie auch etwas stärker tingiert als das normale Blutkörperchen. Ihre Häufigkeit im Vergleich zur *Rana agilis* ist entschieden größer, doch sind sie, absolut

genommen, immer noch sehr selten, so daß auf viele Tausend von kernhaltigen normalen Erythrozyten erst eine kernlose Form kommt, auch sind diese dann nicht immer schon definitiv abgeschnürt, sondern befinden sich teilweise in einem mehr oder weniger fortgeschrittenen Stadium dieses Prozesses. Während also bei *Rana agilis* und *temporaria* das Alter des Tieres noch von gewissem Einfluß zu sein scheint, ist mir das bei den Bufonen nicht aufgefallen. Irgendwelche anderen Einflüsse, wie auch stellenweise Insultierungen des Präparates, machen sich im Hinblick auf die Bildung kernloser Erythrozyten nicht geltend. Einige Präparate von *Hyla arborea* zeigten nichts Auffallendes, sie boten vielmehr die gleichen Verhältnisse wie bei *Rana esculenta*, d. h. eine Kernlosigkeit konnte in keiner Form nachgewiesen werden. Da auch hier verschiedene Lebensalter untersucht wurden, kann dieser Einfluß ebenfalls als nicht bestimmend angesehen werden.

Recht interessant waren dagegen die Ergebnisse bei den Unken. Ich habe leider nur einige Exemplare der Gattung *Bombinator pachypus* bekommen können, doch waren diese verschieden alt und lassen durch ihre Übereinstimmung den Schluß zu, daß bei *Bombinator igneus* keine prinzipiell anderen Verhältnisse vorliegen. Hier sah ich nämlich die kernlosen Schnürformen in erheblich größerer Anzahl auftreten als bei den vorher beschriebenen Arten, auch boten sie äußerlich, wie wir gleich sehen werden, einen anderen Anblick dar wie die vorigen. Vor allen Dingen fällt auf, daß sie in ihrer Größe jenen gegenüber variieren. Sind bei *Bufo* und noch viel mehr bei *Rana agilis* und *temporaria* die abgeschnürten kernlosen Stücke stets kleiner als das kernhaltige Stück, so ist es hier häufig umgekehrt. Oftmals sehen wir nämlich neben dem kernlosen Stück, oder von diesem noch nicht vollständig getrennt, das kernhaltige, das nur aus dem Kern und einem ihn umgebenden schmalen Protoplasmasaum besteht. Ja, dieser Protoplasmasaum kann so schmal werden, daß er kaum noch sichtbar ist, und dann erweckt es den Eindruck, als ob der Kern ganz rein als solcher in toto ausgestoßen worden wäre (Taf. 25, Fig. 6). Die kernlosen Stücke variieren nun entsprechend ihrer Größe auch in der Form, indem sie sich nicht mehr streng an die runde halten, sondern sich der ovalen wieder mehr und mehr nähern, ja diese bisweilen so vollkommen erreichen, daß man glaubt, ein echtes kernloses rotes Blutkörperchen vor sich zu haben. Ob dies letztere wirklich der Fall sein sollte, möchte ich nicht mit Sicherheit behaupten. Wir finden vereinzelt Stellen,

wo die Vermutung nahe liegt, da trifft man denn ab und zu auf ein kernloses rotes Blutkörperchen, das den kernhaltigen in Form und Größe ganz zu gleichen scheint, Ränder und Flächen sind völlig unverletzt, und es macht im ganzen durchaus den Eindruck wie die kernlosen Erythrozyten der Tritonen und Salamander. Aber diese Formen sind doch sehr selten. Viel häufiger sieht man die vorher beschriebenen. Es soll nun aber nicht gesagt sein, daß alle Schnürformen in ihrem kernlosen Stück größer wären als in ihrem kernhaltigen. Man findet eben auch kleinere, die ganz die runde Form der bei den Kröten beschriebenen haben und bisweilen auch eine verstärkte Tingierung zeigen. Daß alle diese kernlosen Erythrozyten durch Schnürungen entstanden sind, erhellt daraus, daß man gerade hier bei den Unken sehr schön und gar nicht selten die kontinuierlichen Reihen von der leichten Einbuchtung des normalen Erythrozyten bis zur vollendeten Abschnürung ohne Schwierigkeiten verfolgen kann. Das Auftreten der kernlosen Formen bei Bombinator ist so regelmäßig und gleichartig, daß sich schon von vornherein vermuten läßt, daß irgendwelche äußeren Einflüsse, wie Alter, Lebensbedingungen usw. nicht bestimmend wirken können. Und das trifft nach meinen Untersuchungen auch zu.

Zusammenfassend kann also bemerkt werden, daß auch bei den Anuren kernlose rote Blutkörperchen auftreten, jedoch nur mit Einschränkungen, indem bei *Rana esculenta* und *Hyla arborea* nach der Metamorphose keinerlei Spuren einer Kernlosigkeit nachweisbar waren, bei allen übrigen Arten in wechselnder Zahl und Größe nur die durch Abschnürung entstandenen Formen.

Untersuchungsergebnisse bei Reptilien und Vögeln.

Es bleibe nun noch übrig, kurz auf die Ergebnisse der Untersuchungen an Reptilien und Vögeln hinzuweisen. Von Reptilien habe ich vor allem einige Exemplare von *Lacerta agilis* und *Lacerta vivipara* in verschiedenen Lebensaltern untersucht, aber bei beiden Arten war nicht die geringste Andeutung einer Kernlosigkeit zu sehen. Es entstanden auch nirgends an zufällig oder absichtlich beschädigten Stellen des Präparates Gebilde, die wie bei *Salamandra* und *Triton* den kernlosen Erythrozyten ähnlich wären. Auch die Vermutung, daß Schnürformen oder auch nur die Andeutung einer Einschnürung vorhanden wären, erwies sich als hinfällig. Dasselbe mußte ich auch bei *Tropidonotus natrix* und *Anguis fragilis* erkennen.

Ebenso fand ich alles bei Vögeln. Es liegen Präparate von Gans, Huhn und Taube vor, und wegen derer absoluter Übereinstimmung hielt ich es nicht für nötig, noch weitere Arten eingehend zu untersuchen. Infolge der Kleinheit der roten Blutkörperchen der Vögel bekommt man an sich schon viel mehr zu sehen als bei Reptilien und Amphibien, überall war aber eins wie das andere gebildet, keinerlei Abweichung von der normalen Beschaffenheit ließ sich feststellen, wodurch ich schließlich zu dem Schluß komme:

Bei Reptilien und Vögeln fehlt jede Andeutung einer Kernlosigkeit der roten Blutkörperchen.

Wie ist die Kernlosigkeit zu bewerten?

Trotzdem ich schon in den vorhergegangenen Ausführungen stets darauf hingewiesen habe, wie unwahrscheinlich es ist, die kernlosen Blutkörperchen der Amphibien etwa als Artefakte zu deuten, trotzdem ich gerade die wirklich vorkommenden Artefakte bereits gebührend hervorgehoben habe und ihre Unterscheidungsmerkmale von echten kernlosen Erythrozyten angegeben habe, rechne ich damit, daß doch Einwendungen gemacht werden könnten und halte es daher nicht für zwecklos, gerade diesem Gegenstande einige Worte zu widmen.

Welche Gründe können uns also bestimmen, die kernlosen roten Blutkörperchen, die wir im Amphibienblut finden, als tatsächlich auf normalem Wege im lebenden Blut entstandene Teile desselben anzusehen? Da ist zunächst die überraschende Regelmäßigkeit ihres Auftretens bei verschiedenen Tierspezies zu erwähnen, es wäre doch wahrhaftig höchst seltsam, wenn bei derselben Art ein zufälliges Kunstprodukt stets in der gleichen Weise und annähernd gleichen Anzahl vorkäme! So müßten doch bei besonders beschädigten Präparaten auch besonders viel kernlose rote Blutkörperchen auftreten. Das ist aber nicht der Fall. Ich habe Präparate gemacht, die ich absichtlich durch Druck oder unsanfte Behandlung beim Ausstrich beschädigt habe, und da finden sich denn auch eine große Anzahl strukturloser blauer Schollen, wahrscheinlich zerquetschte Kerne, und desgleichen häufig bei Urodelen die vorher schon erwähnten Gebilde: Rote Blutkörperchen mit zerfetzten Rändern, ganz blaß gefärbt, große, auseinandergegangene rote Schollen, die des Kernes entbehren, aber jeder wird in diesen sofort das Kunstprodukt erkennen und sie

keineswegs mit den wirklichen und völlig unverletzten roten Blutkörperchen verwechseln können, die nach wie vor auch bei solchen Präparaten in konstanter Anzahl vorhanden sind. Wenn man andererseits gut gelungene und absolut nicht beschädigte Präparate betrachtet, so sieht man die kernlosen roten Blutkörperchen mitten zwischen den völlig unverletzten kernhaltigen liegen, selbst keinerlei Spuren einer etwa stattgehabten Verletzung aufweisend. Dieses Bild ist eigentlich am überzeugendsten, und wenn man einmal recht viele Präparate angesehen hat, wird man nicht mehr im Zweifel sein können, daß es sich um normale Vorgänge bei der Bildung der kernlosen Erythrozyten handelt. Ferner verdient noch ein Umstand der Berücksichtigung. Bei Formen, wo kernlose Blutkörperchen nicht auftreten, wie z. B. bei *Rana esculenta*, kann man es auch durch keine künstliche oder zufällige Insultierung oder Zerquetschung des Blutes dahin bringen, kernlose Erythrozyten zu erzeugen. Freilich könnte dagegen vielleicht eingewendet werden, daß die roten Blutkörperchen der urodelen Amphibien im Vergleich zu denen der Anuren infolge ihrer Größe Verletzungen leichter ausgesetzt sind als diese. Das mag an sich richtig sein, aber man kann auch die kleinen roten Blutkörperchen der Anuren verletzen und wird doch niemals eine Bildung unter diesen verletzten Blutscheiben finden, die einen echten kernlosen Erythrozyten vortäuschen könnte. Und wo sollte denn, wenn es sich um Verletzungen handelte, der Kern ausgetreten sein, ohne eine Spur der Verletzung zu hinterlassen? Die Flächen der roten Blutkörperchen bieten sich uns als vollständig unverletzt dar. Nun könnte man sich denken, daß der Riß vielleicht gerade am Rande, der sich unserer Betrachtung entzieht, stattgefunden habe und der Kern daraus entwischt sei, ohne die Spur einer Läsion uns vor Augen zu bringen. Ganz abgesehen davon, daß es an sich unwahrscheinlich ist, daß nun alle die vielen kernlosen Erythrozyten, die ich gesehen habe, auf diese doch immerhin zufällige Art entstanden sein sollten, kann man aber auch noch ein anderes Gegenargument anführen, und das ist der Randeifen der roten Blutkörperchen der Amphibien. Dieser Randeifen besteht aus einem festen und elastischen Gewebe und hat den Zweck, dem Erythrozyten seine Gestalt zu bewahren, die sonst den Gesetzen der Oberflächenspannung folgend, wie eine in Alkoholwasser schwebende Ölmasse sich zur Kugel abrunden müßte (MEVES 1911). Würde nun der Kern gerade am Rande durch Druckeinwirkung ausgepreßt worden sein, derart, daß man die Stelle seines Austritts

bei dem auf der Fläche liegenden Erythrozyten nicht mehr als Verletzung wahrzunehmen instande wäre, so müßte er notgedrungen durch den Randleifen getreten sein, was aber natürlich nicht ohne Verletzung desselben abginge. Wie aber rote Blutkörperchen mit verletztem Randleifen aussehen, wollen wir von MEVES selbst hören:

„Läsionen des Randleifens beobachtet man gar nicht selten in Präparaten von frischem Blut, häufiger nach Reagentienwirkung, z. B. wenn man die roten Blutkörperchen mit einer 3%igen Lösung von Küchenkochsalz behandelt hat. Sehr gewöhnlich sind vollständige Zerreißen des Randleifens. Meistens entfernen sich beide Enden voneinander; der Randleifen nimmt die Form eines spitzen oder stumpfen Winkels an, dessen Schenkel in Gestalt zweier Fortsätze aus der sich kugelig abrundenden Zellsubstanz herausragen. Eine hierher gehörige Abbildung hat PREYER 1864 in seiner Fig. 13 gegeben. Zuweilen streckt sich der zerrissene Randleifen ganz gerade, die rote Blutzelle erhält dann die Gestalt einer Spindel, deren Enden in einem Faden ausgehen. Bei einer Kontinuitätstrennung des Randleifens an zwei Stellen entsteht ein Bild, wie es PREYER in seiner Fig. 29 b abbildet usw.“

Nichts von alledem sehen wir bei unseren kernlosen roten Blutkörperchen. Sollten aber alle diese Argumente noch nicht genügen, so mag das Nativpräparat des lebenden Blutes den letzten Ausschlag geben, denn dies allein ist wirklich entscheidend. ROLLETT sagt einmal: „Aber nie dürfen wir vergessen, was wir am lebenden Blutkörperchen sehen können, und die Rücksicht darauf muß immer bestimmend bleiben, wenn wir nicht zu unberechtigten Annahmen gelangen wollen.“

Ich habe Nativpräparate in verschiedener Weise hergestellt. Das Blut wurde unter Berücksichtigung aller nur denkbaren Kautelen dem Tier entnommen, auf den Objektträger übertragen, dann unter Dazwischenlegung eines Haares mit dem Deckgläschen bedeckt und nun entweder direkt in unverdünntem Zustande untersucht oder noch mit physiologischer Kochsalzlösung oder HAYEMscher Lösung schwach verdünnt. Die Resultate waren dieselben wie bei den Abstrichpräparaten: Kernlose rote Blutkörperchen waren unschwer bei allen urodelen Amphibien nachweisbar, und zwar sowohl die echten, wie auch die Schnürformen. Diese Beobachtung muß letzten Endes den Ausschlag geben.

An dieser Stelle sei einer anderen merkwürdigen Erscheinung

Erwähnung getan, nämlich der Formänderung der Erythrozyten des frisch entnommenen Blutes, die schon BRÜCKE (1867), später KNOLL (1896) und neuerdings MEVES (1911) bei Tritonen- und Salamanderblut beobachtet und beschrieben hat. WEIDENREICH (1904) erklärt sie einfach als eine „Schrumpfung infolge der eingetretenen Hyperisotonie des Plasmas“, während BRÜCKE, KNOLL und MEVES darin übereinstimmen, daß es sich um Kontraktionsvorgänge der Blutzelle handelt. Die Blutkörperchen nehmen nämlich einige Minuten nach der Entnahme eine kugelig-buckelige Form an, die aber schließlich wieder in die elliptische Form übergeht. Ich habe diese Vorgänge auch vielfach bei den Nativpräparaten beobachten können. Dabei fiel mir auf, daß die kernlosen Erythrozyten der Formänderung viel eher zu unterliegen scheinen als die kernhaltigen. Wie die kernhaltigen nehmen sie die sehr bald nach der Entnahme des Blutes eine kugelige Gestalt an, während die anderen Blutkörperchen noch völlig unverändert sind. Daher kommt es, daß man bei längerem Suchen in solch einem Präparat schließlich fast nur noch runde kernlose Erythrozyten findet. Die bald darauf einsetzende Formänderung der kernhaltigen Blutkörperchen belehrt darüber, daß es sich um einen Vorgang handelt, der zu erwarten war, nur daß er eben bei den kernlosen eher einsetzt.

Daß wir es bei den Schnürformen von Bombinator, Bufo und Rana agilis nicht mit Kunstprodukten zu tun haben, scheint mir aus allen oben erwähnten Gründen einleuchtend genug zu sein, ebenso verweise ich auf die Arbeiten von ENGEL (1916 und 1915) und die daraus von mir bereits angeführte Stelle, wo er sich in derselben Weise ausspricht.

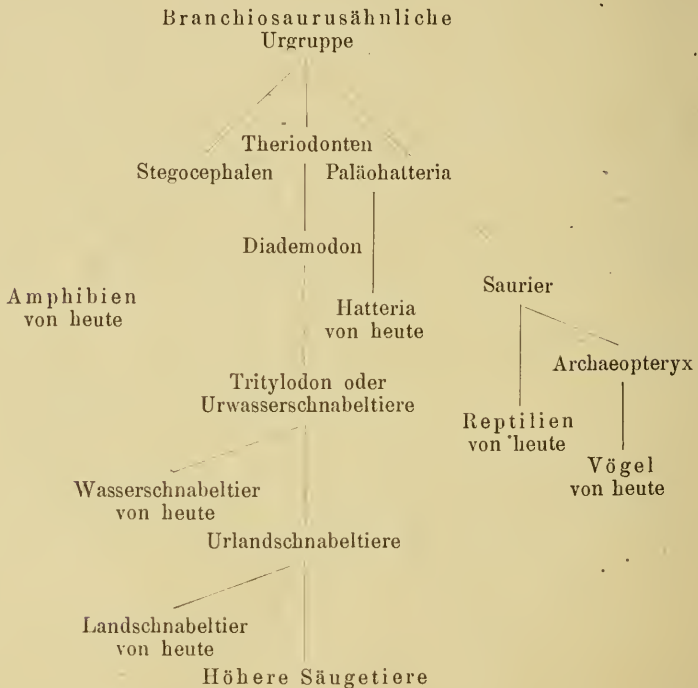
Wenn es sich also bei unseren kernlosen roten Blutkörperchen nicht um Artefakte, sondern um auf normalem Wege entstandene Abweichungen von der Regel handelt, wie ist diese Kernlosigkeit dann zu bewerten und wie kommt es, daß sie gerade bei den urodelen Amphibien am ausgeprägtesten erscheint? Die Kernlosigkeit roter Blutkörperchen überhaupt, wie sie beim Säugetier als regelmäßig auftritt, stellt doch zweifellos einen Fortschritt der Organisation in der Entwicklungsreihe der Organismen dar, obwohl es sich dabei um einen degenerativen Prozeß der Zellen selbst handelt. Das kernlose rote Blutkörperchen der Säugetiere ist durch das Fehlen des Kernes seiner Aufgabe als

Sauerstoffüberträger in viel höherem Grade gewachsen als das kernhaltige niederer Wirbeltiere und bietet außerdem der Arbeit des Herzens, wie Herr Prof. MAURER auch in seiner Notiz betont hat, eine bedeutende Erleichterung der Arbeit dar. Der Kern hat ja mit dem Gasaustausch selbst nichts zu tun, er ist höchstens im Wege. Aber die niederen Wirbeltiere, wie Reptilien, Amphibien und Fische, haben auch infolge ihres weniger lebhaften Stoffwechsels kein so großes Sauerstoffbedürfnis wie die Säugetiere. Anders liegt das bei den Vögeln mit ihrem recht lebhaften Stoffwechsel, und man könnte gerade bei ihnen die vollkommensten Einrichtungen für den Gasaustausch erwarten. Hier treten aber andere Vorrichtungen auf, die eine vollkommenere Ausnutzung des Sauerstoffes ermöglichen. Wie ENGEL (1915) in seiner Arbeit über die Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der Erythrozyten ausführt, hat F. E. SCHULZE nachgewiesen, daß die Lunge der Vögel, verglichen mit der der Säugetiere, einen weitaus vorteilhafteren Bau zeigt, der den Mangel in der Bildung der roten Blutkörperchen durch seine Fähigkeit der besseren Ausnutzung der Atemluft reichlich aufwiegt. Er sagt weiter:

„Dazu kommt, daß im Hinblick auf die hohen Anforderungen, welche an die roten Blutzellen der — relativ kleinen und deshalb eine große Oberfläche und ein kleines Volumen besitzenden — Vögel durch die lebhafte Atmung gestellt werden, für diese eine kernhaltige Vollzelle mit ihrer Fähigkeit, vermittels des Kernes jederzeit das Hämoglobin als Protoplasma-produkt aus dem eisenhaltigen Rohmaterial ersetzen zu können, zur Aufnahme des Sauerstoffes geeigneter sein muß als das rote Blutkörperchen der Säugetiere.“

Es ist demnach schon aus diesen Gründen kaum zu erwarten, daß wir bei Vögeln, wenn auch nur vereinzelt, kernlose rote Blutkörperchen finden könnten. Dagegen ist es berechtigt, dort danach zu suchen, wo sich der Übergang vom niederen Wirbeltier zum Säugetier vollzieht. Dazu sind wir nun leider nicht mehr ganz in der Lage, da gerade die wesentlichen Zwischenformen ausgestorben sind. Der Punkt, von dem aus die großen Gruppen der Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere sich entwickeln, ist eine branchiosaurusähnliche Urgruppe. Umstehende Stammtafel soll die Verhältnisse einigermaßen erläutern. Amphibien, Reptilien und Vögel stellen also die Endglieder von Nebenreihen der Entwicklung dar, quasi Versuchsreihen der Natur, die nicht zum Ziele geführt haben und deshalb stehen geblieben

sind, und wir dürfen von deren höchststehenden Vertretern nicht erwarten, daß sich Übergänge zum Säugetier aufdecken ließen. Nun haben wir aber in den urodelen Amphibien eine Tiergruppe, die dem branchiosaurusähnlichen Urtier, zum mindesten aber den Stegocephalen noch ungleich viel näher steht als die Anuren oder gar Reptilien und Vögel. Wir nähern uns mit ihnen gewissermaßen dem Vegetationspunkt der Entwicklungsreihe und dürfen hier schon mit viel größerer Berechtigung auf Merkmale rechnen, die den Übergang zum Säugetier erkennen lassen. Das trifft ja



auch für den vorliegenden Fall zu und gewinnt noch an Überzeugungskraft, wenn wir uns jener amerikanischen Urodelenform erinnern, des *Batrachoseps*, die nur kernlose rote Blutkörperchen besitzt und die EISEN und GIGLIO-TOS (1899) schon ausführlich beschrieben haben. Herr Prof. MAURER hat mir ein Präparat vom Blute dieses Tieres zur Verfügung gestellt, und ich werde im letzten Abschnitt an geeigneter Stelle eine ausführliche Besprechung desselben anfügen. Ebenso werden wir nicht erstaunt sein, bei den Reptilien oder gar den Vögeln keine kernlosen roten Blutkörperchen gefunden zu haben, diese Tierklassen sind

viel zu sehr in sich abgeschlossen und vervollkommenet in ihrer Art und stehen viel zu weit entfernt von dem Punkte, wo sich die Säugetiere aus der Entwicklungsreihe abspalten, als daß bei ihnen Übergänge zu diesen zu erwarten wären. Wenn ich einmal einen Analogieschluß machen darf, so möchte ich vermuten, daß bei der Hatteria vielleicht noch kernlose rote Blutkörperchen zu finden sind.

Art der Kernausstößung.

Wie wir im vorhergehenden gesehen haben, ist also Kernlosigkeit der roten Blutkörperchen bei den niederen Formen der Amphibien ganz oder zum Teil vorhanden und verliert sich, je weiter man in ihrer Entwicklungsreihe nach oben kommt, aber auch nicht plötzlich, sondern in Übergängen. Gerade diese Art der Übergänge aber läßt nun gewisse Schlüsse auf die Art der Kernausstößung zu. Fragen wir uns zunächst nach dem Ort, wo die kernhaltigen Erythrozyten kernlos werden, so geschieht das sicherlich im strömenden Blute, denn es ist nicht einzusehen, warum es gerade hier anders sein sollte als bei dem analogen Vorgang der Säugetiere. Fangen wir nun mit der Betrachtung an dem Punkte an, wo die Kernlosigkeit am wenigsten stark vertreten, gewissermaßen nur noch angedeutet ist, nämlich bei *Rana agilis* und *temporaria*. Hier konnten wir bemerken, wie von den normalen kernhaltigen Blutkörperchen kleine runde kernlose Stücke abgeschnürt wurden, die aber stets ganz erheblich kleiner waren als das übrigbleibende kernhaltige Stück. Bei den Bufonen bemerkten wir dieselbe Erscheinung, nur daß die abgeschnürten Stücke schon etwas größer waren, wenn auch immer noch kleiner als das kernhaltige Stück. Ganz anders bei *Bombinator*. Auch hier entstehen die kernlosen Erythrozyten als Schnürformen, aber hier ist meistens das kernlose Stück das größere. Ich habe oben schon erwähnt, daß ich hier auch ganz vereinzelt kernlose Zellen gesehen habe, die den echten der Urodelen zu gleichen schienen, da sie in Form und Größe mit den kernhaltigen Blutscheiben übereinstimmen. Überall sehen wir in diesen Präparaten an aufeinander folgenden Bildern den ganzen Vorgang der Abschnürung deutlich vor uns, und bei *Bombinator* trifft man bisweilen Stellen, wo neben dem kernlos gewordenen Blutkörperchen noch der ausgestoßene Kern mit schmalen, kaum sichtbarem Protoplasmasaum liegt. Diese Vorgänge hat ENGEL (1906) bei jungen Säugetierembryonen und Froschlarven ebenfalls beschrieben, erläutert sie

aber getrennt als zwei verschiedene Arten der Kernausstößung. Ich möchte nun behaupten, daß man es hier nicht mit verschiedenen Arten, sondern mit verschiedenen Intensitäten desselben Vorganges zu tun hat. Die anfängliche Abschnürung kleiner Stücke führt schließlich dadurch, daß die abgeschnürten Stücke sich mehr und mehr vergrößern, dahin, daß der Kern allein in toto ausgestoßen wird, nur noch von einem schmalen Plasmasaum umgeben, der mit sauren Farbstoffen tingierbar ist, und nach ENGEL als achromatische Substanz anzusprechen ist. Man könnte sich nun denken, daß diese Ausstoßung des Kerns eine derartige Vervollkommnung erreicht, daß die Größe der Zelle dadurch keine Einbuße erleidet, und dann haben wir das „echte“ kernlose rote Blutkörperchen der Urodelen vor uns, und auch die weniger bei Bombinator gefundenen, den echten, kernlosen Blutkörperchen gleichenden Zellen, wären in dieser Art zu deuten. Freilich habe ich dafür, daß die Kernausstößung bei den Urodelen ausschließlich auf diese Weise zustande kommen sollte, keine Beweise und will es auch nicht behaupten. Sicher ist jedoch, daß sie bei den Urodelen auch vorkommt. Denn wir finden hier, wie im vorstehenden stets erwähnt wurde, immer auch neben den echten kernlosen Formen allerlei andere, die kleiner sind als diese, sich der runden Form mehr nähern, kurz in jeder Weise den Schnürformen der Anuren gleichen. Freilich ist der Mechanismus der Abschnürung bei den Urodelen nicht so häufig und so schön sichtbar wie bei den Anuren, aber wir sehen auch hier genügend Schnürformen, um wenigstens die eine Art der kernlosen Erythrozyten auf diese Weise mit Sicherheit deuten zu können.

Hier dürfte der geeignete Platz sein, jenes eigenartige und überraschende Blutbild, von dem ich vorher schon einmal sprach, näher ins Auge zu fassen, nämlich das des Batrachoseps, eines unseren Tritonen nahestehenden amerikanischen Urodelen, der nur kernlose Erythrozyten besitzt (Taf. 25, Fig. 7). GIGLIO-TOS hat sie untersucht und gibt an, daß im Frühjahr kernhaltige Erythrozyten spärlich sind, in anderen Jahreszeiten zahlreicher. Eine stammesgeschichtliche Bedeutung spricht ihnen GIGLIO TOS nicht zu. Indessen verlangen diese Verhältnisse noch eine genauere Untersuchung. In dem mir vorliegenden Präparat finden wir alles das, was wir uns bisher mit vieler Mühe aus den einzelnen Blutbildern der verschiedensten Urodelen- und Anuren-Arten zusammensuchen mußten, in einem Gesichtsfeld vereinigt, und wenn das, was ich bisher über die Art der Kernausstößung gesagt habe, nur Kombination

aus der Beobachtung verschiedenster Arten und Blutbilder gewesen ist, so scheint sich uns bei der Betrachtung des Batrachosepsblutes deren Bestätigung förmlich aufzudrängen. Man sieht hier nämlich in einem Gesichtsfeld alle bisher beschriebenen Arten kernloser roter Blutkörperchen, ohne daß man sagen könnte, die eine oder andere Art sei die vorherrschende. Von der ganz kleinen und völlig runden Form, die bei *Rana temporaria* beschrieben wurde, über die größeren runden der Kröten und die noch größeren rundovalen von *Bombinator* bis zu den großen längsovalen „echten“ Formen der Urodelen sind sie alle in ziemlich gleichmäßiger Verteilung vorhanden und verleihen so dem gesamten Blutbilde ein höchst merkwürdiges Aussehen. Dazwischen findet man auch vereinzelt kernhaltige Blutkörperchen etwa in gleicher Häufigkeit wie die kernlosen bei unseren deutschen Urodelen. Sie sind verschieden gestaltet, meist viel größer als die größten kernlosen, doch häufig auch in der Größe der normal gebildeten längsovalen Formen. Sehr schön und deutlich sehen wir nun hier, wie diese Zellen ihres Kernes verlustig gehen. In den weitaus meisten Fällen sieht man das hämoglobinhaltige Protoplasma sich dicht hinter dem ganz an die Peripherie gedrängten Kerne abschnüren, so daß dieser in toto ausgestoßen wird, ohne noch einen sichtbaren Protoplasmasaum zu besitzen. Daneben sieht man in allen Übergängen Bilder, wo Einschnürungen in der Mitte der kernhaltigen Zelle vorkommen oder sogar nach dem dem Kernpol entgegengesetzten Pol der Zelle zu verschoben, so daß dann das abgeschnürte kernlose Stück erheblich kleiner erscheint als das übrigbleibende kernhaltige, wie wir es beispielsweise bei den Kröten gesehen haben. So weiß man sehr oft bei der Betrachtung einer relativ kleinen kernhaltigen Zelle nicht, wie man sie zu beurteilen hat, ob sie noch vor der Abschnürung steht oder schon eine solche überstanden hat. Jedenfalls scheint mir aus dem Gesagten genügend klar hervorzugehen, daß auch bei *Batrachoseps* kernlose Erythrozyten, und zwar hier die überwiegend große Anzahl durch Schnürung entstehen.

Nehmen wir an, die echten kernlosen Erythrozyten entstünden auf andere Weise, dann käme vor allem Karyolysis und Karyorhexis in Betracht. Ganz abgesehen davon, daß die Karyorhexis, d. h. also die Zerstückelung des Kernes in viele einzelne Teilchen, sehr angezweifelt worden ist, indem man behauptet hat, die basophile Körnelung der Blutscheiben stamme nicht vom Kern, sondern sei als Krankheitserscheinung des Protoplasmas aufzufassen, habe

ich nie in meinen Präparaten eine basophile Granulation bei kernlosen roten Blutkörperchen wahrnehmen können, und ich glaube deshalb, daß diese Art der Kernausstößung von vornherein hier nicht in Betracht kommt. Die Karyolysis stellt eine Auflösung des Kernes innerhalb der Zelle dar, und das mikroskopische Bild dieser Art des Kernverlustes ist eine kernlose Zelle mit einem minimal kleinen basophil gefärbten Punkt an Stelle des Kernes. Doch muß man in dessen Beurteilung vorsichtig sein. Es kann sich nämlich dabei auch um die von MEVES (1911) beschriebenen „chromatoiden“ Kügelchen oder um die „Paranuklearkörperchen“ von BREMER (1895) oder wenigstens deren Fragmente handeln. In meinen Präparaten bin ich solchen Erscheinungen nur äußerst selten begegnet und meist auch dann in einer nicht ganz zweifelsfreien Weise. Nur ein einziges Mal habe ich bei einem Triton cristatus ein solches kleines basophil gefärbtes Pünktchen an einem kernlosen roten Blutkörperchen einwandfrei feststellen können. Bei der doch immerhin relativ großen Zahl der kernlosen Erythrozyten müßte damit zu rechnen sein, daß man öfter auf solche Bilder stieße. Da das nicht der Fall ist, liegt die Vermutung nahe, daß der Kern in dem Stadium der Auflösung sich durch unsere Färbemethoden nicht mehr sichtbar machen läßt.

Zusammenfassung.

Kernlose rote Blutkörperchen sind bei allen urodelen Amphibien in relativ häufiger Anzahl vorhanden (auf 400 bis einige Tausend kernhaltige kommt ein kernloses), und zwar in zwei verschiedenen Formen, einer „echten“, die den kernhaltigen in Form und Größe gleicht, und einer anderen kleineren, durch Abschnürung entstandenen Form.

Bei den Anuren existieren nur die Schnürformen, doch auch nur mit Einschränkungen.

Reptilien und Vögel besitzen keinerlei Andeutungen einer Kernlosigkeit ihrer roten Blutkörperchen.

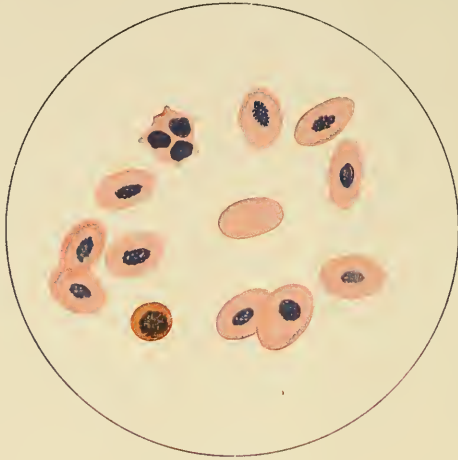
Literaturangaben.

1867. BRÜCKE, E., „Über den Bau der roten Blutkörperchen.“ Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Bd. LVI, Abt. 2, Wien.
1899. EISEN, G. Ph. D., „On the Blood-Plates of the Human Blood, with Notes on the Erythrocytes of Amphiuma and Necturus.“ Journal of Morphology, Vol. XV.
1899. GIGLIO-TOS, E., „Dei corpuscoli del sangue nel Batrachoseps attenuatus Esch. Anatom. Anz., Bd. XV, S. 293.
1906. ENGEL, C. S., „Über kernhaltige rote Blutkörperchen und deren Entwicklung.“ Vortrag, gehalten im Verein für innere Med. am 2. April 1906. Deutsche med. Wochenschrift, 32. Jahrgang, Nr. 29.
1915. Ders., „Über die Gesetzmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der Erythrozyten während des embryonalen Lebens der Wirbeltiere.“ Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. LXXXVI, Abt. I, H. 4.
1910. FREIDSOHN, A., „Zur Morphologie des Amphibienblutes. Zugleich ein Beitrag zur Lehre von der Differenzierung der Leukozyten.“ (Aus dem anat. Inst. Straßburg.) Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. LXXV, H. 3.
1896. KNOLL, Ph., „Über die Blutkörperchen bei wechselwarmen Wirbeltieren.“ Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Bd. CV, Abt. III, Wien.
1911. MEVES, Fr., „Gesammelte Studien an den roten Blutkörperchen der Amphibien.“ Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. LXXVII, Abt. I, H. 4.
1920. MAURER, Fr., „Vorkommen kernloser Erythrozyten bei urodelen Amphibien.“ Sitzungsber. der anatomischen Ges. zu Jena, 1920, 29. Versammlung.

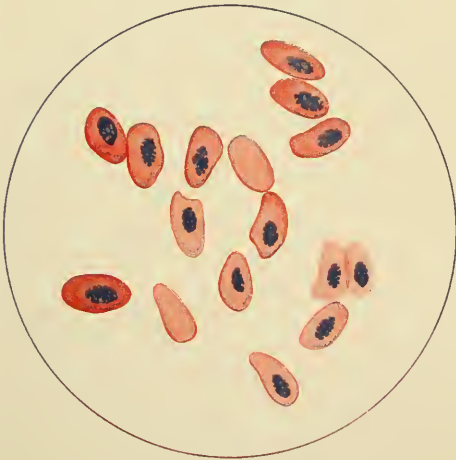
Tafelerklärung.

Taf. 25.

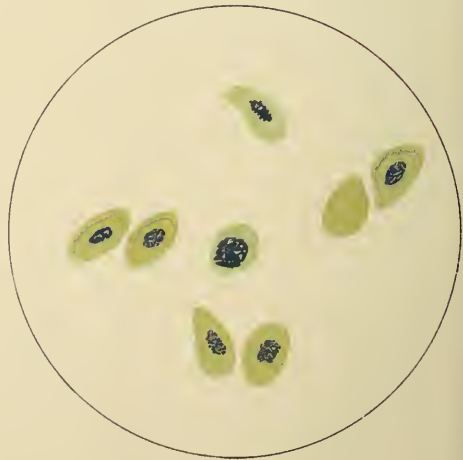
- Fig. 1. Kernloses rotes Blutkörperchen bei *Triton alpestris*.
Fig. 2. " " " " " *Triton taeniatus*.
Fig. 3. " " " " " *Salamandra maculosa*.
Fig. 4. " " " " " " "
Fig. 5. Abschnürung eines kernlosen Stückes bei *Bufo*.
Fig. 6. Kernloses Blutkörperchen bei *Bombinator*.
Fig. 7. Blutbild des *Batrachoseps*.



1.



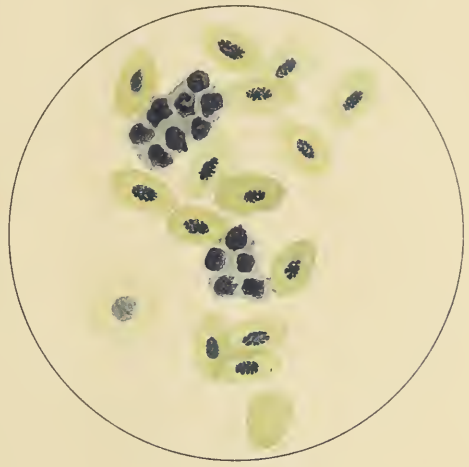
3.



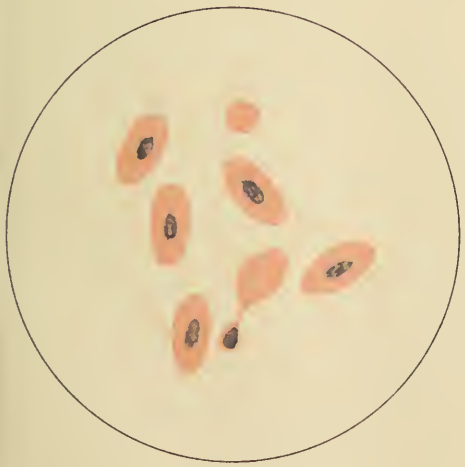
4.



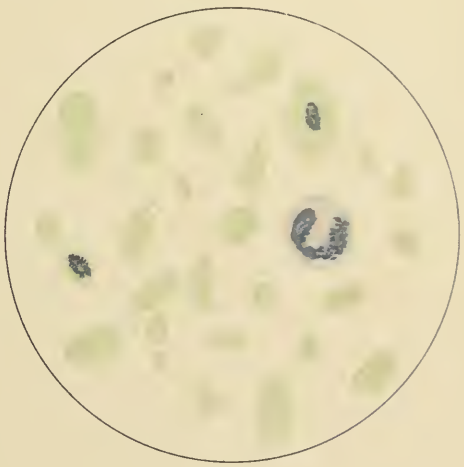
5.



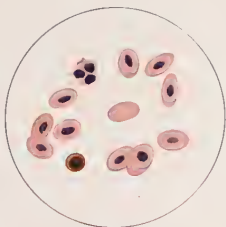
2.



6.



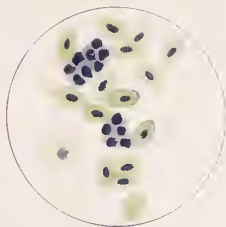
7.



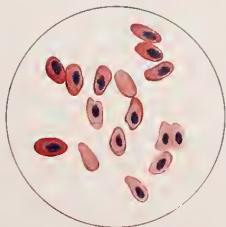
1.



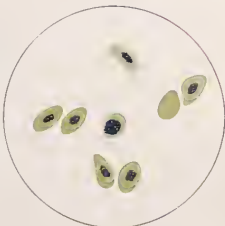
5.



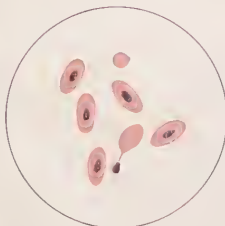
2.



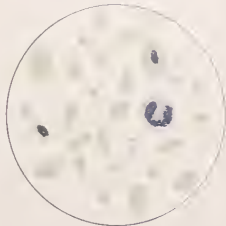
3.



4.



6.



7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [NF_50](#)

Autor(en)/Author(s): Beyer Werner

Artikel/Article: [Über kernlose rote Blutkörperchen bei Amphibien.
491-512](#)