

Perineurium, zusammengefaßt. Mehrere Faserbündel endlich umschließt ein als Epineurium bezeichnetes Bindegewebe und faßt sie zum Nerven zusammen.

Zur Untersuchung der Nervenzellen legen wir Stücke des Rückenmarks etwa eine Woche lang in sehr stark verdünnte Chromsäurelösung ein (ROMEIS empfiehlt 5 ccm einer 0,05%igen Chromsäurelösung auf 45 ccm destilliertes Wasser; die Lösung soll die Gewebestücke nicht ganz bedecken). Danach können wir die Nervenzellen durch Klopfen und Zupfen mit Präpariernadeln leicht isolieren und betrachten. Nach dieser Methode Dauerpräparate anzufertigen, kann leider nicht empfohlen werden. Die üblichen Färbemethoden versagen beim Nervengewebe, weshalb wir zur Herstellung von Dauerpräparaten recht komplizierte Methoden anwenden müßten. Zuweilen erhält man an Schnittpräparaten durch Nervenknoten (Ganglien) mit der gewöhnlichen Hämatoxylin-Eosin-Färbung recht eindrucksvolle Bilder der Nervenzellen, doch lassen sich auch hier nie die Fortsätze der einzelnen Zellen genügend kontrastreich darstellen (Abb. 62).

Zur Untersuchung von Nervenfasern präparieren wir einen Nerven frei, binden ein Stück da-

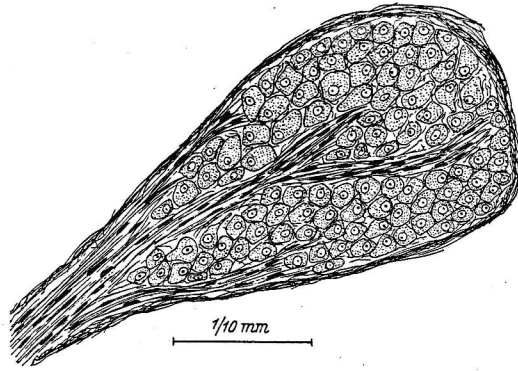


Abb. 62. Spinalganglion eines jungen Goldhamsters, Schnittpräparat 6 μ dick, Hämatoxylin-Eosin-Färbung

von auf ein Holzsplitterchen und legen es für etwa 24 Stunden in 0,5%ige Osmiumsäure. Darauf wird eine halbe Stunde in destilliertem Wasser gewaschen und für zwei Stunden in eine Mischung aus Glycerin und Wasser übertragen. Endlich kommt der Nerv in reines Glycerin und wird nach weiteren zwei Stunden auf dem Objektträger zerfasert. Bei gelungenen Präparaten erscheint die Markscheide schwarz und der Achsenzylinder hellgelb.

E. Untersuchung von Blut

Blut ist ein Gewebe besonderer Art: Seine Zellen sind nicht in Verbänden gelagert, sondern schwimmen frei in einer Flüssigkeit. Da das Blut mit jedem anderen Gewebe des Organismus in Verbindung steht, und da es kaum eine Körperfunktion gibt, die nicht irgendeinen Zusammenhang mit dem Blut aufweist, kann man aus Veränderungen der Blutzusammensetzung weitgehend auf Änderungen im Körperhaushalt schließen. Wir alle wissen, daß der Arzt bei sehr vielen Krankheiten ein „Blutbild“ anfertigen läßt, und daß seine Behandlung sich weitgehend nach dem Befund der Blutuntersuchung richtet.

Wenn wir uns hier mit mikroskopischen Blutuntersuchungen beschäftigen, so müssen wir uns allerdings darüber klar sein, daß zur korrekten Auswertung eines Blutbildes große Kenntnisse von den Funktionen des Körpers gehören, und daß die Blutuntersuchung allein noch nicht zur Diagnose einer Krankheit genügt. Wir können allenfalls feststellen, ob die gefundenen Werte „normal“ sind oder ob sie vom Durchschnitt abweichen. Alles übrige muß dem Arzt überlassen bleiben. Auf gar keinen Fall aber dürfen wir etwa auf Grund einer

von uns durchgeführten Blutuntersuchung eine Behandlung „auf eigene Faust“ beginnen!

Die Blutzellen sind in einer kompliziert zusammengesetzten, eiweißreichen Flüssigkeit suspendiert. Diese Flüssigkeit, das Blutplasma kann man gewinnen, wenn man die Blutzellen in der Zentrifuge abschleudert. Sie ist gelblich gefärbt und erstarrt an der Luft rasch zu einer gelatinösen Masse. Die Gerinnung des Blutplasmas beruht darauf, daß einer der Eiweißkörper, das Fibrinogen, zum unlöslichen Fibrin umgewandelt wird. Auch nicht zentrifugiertes, die Blutzellen noch enthaltendes Blut gerinnt bekanntlich in gleicher Weise. Man nennt das geronnene Blut den Blutkuchen. Wenn wir einen solchen Blutkuchen einige Zeit im Reagenzglas stehen lassen, so preßt er eine klare, gelbliche Flüssigkeit aus. Diese Flüssigkeit, das Blutserum, ist nichts anderes als fibrinogen- und fibrinfreies Blutplasma.

Jedermann weiß, daß man zwischen roten und weißen Blutkörperchen unterscheidet. Die roten Blutkörperchen sind bei den Säugetieren und beim Menschen kernlos, weshalb wir sie eigentlich gar nicht mehr als „Zellen“ bezeichnen

dürften. Da aber ihre Vorstufen, die sog. Erythroblasten im roten Knochenmark noch vollwertige, zellkernhaltige Zellen sind, und da die roten Blutkörperchen mit Ausnahme des Zellkernes alle sonstigen Eigenschaften lebender Zellen zeigen, können wir ruhig von roten „Blutzellen“ sprechen.

Die rote Farbe des Blutes ist auf die roten Blutkörperchen zurückzuführen. Wenn wir ein ungefärbtes Blutpräparat untersuchen, werden wir aber mit Erstaunen feststellen, daß das einzelne rote Blutkörperchen gar nicht rot, sondern gelblich aussieht! Tatsächlich erscheint der Farbstoff, der den roten Blutkörperchen ihre Färbung verleiht, nämlich das Hämoglobin, in dünneren Schichten gelb und nur in dicken Schichten rot.

Die Aufgabe der roten Blutkörperchen ist der Gastransport im Organismus mit Hilfe des erwähnten Farbstoffes Hämoglobin. Sie nehmen in der Lunge den von außen zugeführten Sauerstoff auf und geben ihn im Körper an die Zellen weiter. Umgekehrt nehmen sie das von den Zellen als giftiges Stoffwechselprodukt gebildete Kohlendioxyd (die „Kohlensäure“) auf und befördern es in die Lunge, von der es endgültig ausgeschieden wird. Nebenbei bemerkt: Die eigentliche, für den Organismus wesentliche „innere“ Atmung ist der Gasaustausch zwischen Blutkörperchen und Zellen, wogegen die „äußere“, von der Lunge vermittelte Atmung lediglich im Dienste der inneren Atmung steht. Die innere Atmung, die Aufnahme und Verwendung des Sauerstoffs durch die Zelle, ist ein chemisch und physikalisch äußerst komplizierter Vorgang, dessen genaueres Studium tiefe Einblicke in die Gesetzmäßigkeiten des Lebens gewährt. Dem fortgeschritteneren Liebhaberbiologen sei deshalb die Beschäftigung mit diesen hochinteressanten Vorgängen dringend angeraten.

Die weißen Blutkörperchen sind vollwertige, kernhaltige Zellen. Wir unterscheiden verschiedene Formen von weißen Blutkörperchen, die verschiedene Aufgaben haben und zum Teil an verschiedenen Orten entstehen. Die weißen Blutkörperchen sind „amoeboid“ beweglich. Das bedeutet, daß sie durch bestimmte Plasmabewegungen mittels „Scheinfüßchen“ amoebengleich auf festen Unterlagen „kriechen“ können. Dadurch wird es uns verständlich, daß sie in der Lage sind, in den Körper eingedrungene Fremdkörper wie z. B. Bakterien mit Plasmafortsätzen zu umfließen, sie in den Zelleib aufzunehmen und so unschädlich zu machen. Injiziert man z. B. einem Tier eine Tuscheaufschwemmung, so findet man schon nach kurzer Zeit die weißen Blutkörperchen mit Tuschepartikelchen erfüllt. Sie haben die Partikelchen in sich aufgenommen, gewisser-

maßen „gefressen“. Sogar in wörtlichem Sinne kann man von „Fressen“ reden, wenn nämlich die weißen Blutkörperchen verdauliche Fremdkörper in sich aufnehmen. Diese werden dann durch die im Plasma der Zellen enthaltenen Fermente richtiggehend verdaut. Einen besonders aktiven Fermentapparat besitzen die zur sog. myeloischen Reihe gehörenden weißen Blutkörperchen. Das Aufnehmen von Fremdkörpern in den Zelleib nennt man Phago cytose.

Eine sehr wichtige Aufgabe haben die zur Phago cytose befähigten Zellen bei entzündlichen Prozessen des Körpers. Sie müssen dann einmal die eingedrungenen Bakterien phago cytieren, also auffressen, zum anderen aber auch die betroffenen Gewebsteile des Körpers „einschmelzen“. Durch Ausscheiden von Fermenten können sie nämlich auch körpereigenes Gewebe auflösen, dessen Reste dann ebenfalls phago cytiert werden. Auch sonstige zugrundegegangene Bestandteile des eigenen Körpers werden von weißen Blutkörperchen beseitigt.

Wir wollen uns zunächst die verschiedenen Formen der Blutzellen näher ansehen. Dazu brauchen wir ein gefärbtes Präparat.

Wir reinigen die Kuppe eines Fingers mit 70%igem Alkohol und stechen sie mit einer neuen, ausgeglühten Schreibfeder an. Der erste austretende Blutstropfen wird abgewischt, den zweiten tupfen wir auf einen mit Alkohol gereinigten, ganz trockenen Objektträger auf. Nun wird die schmale Kante eines zweiten Objektträgers so auf den ersten Objektträger aufgesetzt, daß die beiden Objektträger miteinander einen spitzen Winkel bilden, in dem sich jetzt der Blutstropfen befindet. Wenn wir jetzt den oberen Objektträger an den Tropfen heranführen, so fließt das Blut an der Kante entlang. Es kann in dünner, gleichmäßiger Schicht ausgestrichen werden, wenn man den oberen Objektträger ruhig und mit mäßiger Geschwindigkeit über die Fläche des unteren hinwegstößt (Abb. 63). Das Blut wird also nicht — wie es vielfach gelehrt wird — über den Objektträger gestoßen, sondern von dem oberen Objektträger nachgezogen. Der Ausstrich soll so dünn sein, daß er schwach gelblich erscheint; Ausstriche von rötlicher Farbe sind viel zu dick. Mikroskopisch sollen die einzelnen Zellen nebeneinander, keinesfalls übereinander zu sehen sein.

Den so hergestellten Ausstrich lassen wir mindestens zwei Stunden, höchstens einen Tag staubgeschützt an der Luft trocknen.

Wir kennen verschiedene Methoden zur Färbung von Blutausstrichen. Alle haben gemeinsam, daß ein „saurer“ und ein „basischer“ Farbstoff kombiniert werden. Unter sauren Farbstoffen versteht man Farbstoffe, deren färbende Gruppe

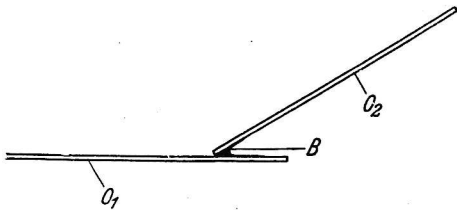


Abb. 63. Herstellung eines Blutausstriches. B = auszustreichender Blutstropfen, O₁ und O₂ = Objektträger

saurer Charakter hat, bei basischen Farbstoffen hat die färbende Gruppe basischen Charakter. Mit der Reaktion nach außen, etwa dem Verhalten gegen Lackmus, hat die Bezeichnung „sauer“ oder „basisch“ in diesem Fall aber nichts zu tun. Die sauren Farbstoffe färben vorzugsweise die acidophilen („säurefreundlichen“), die basischen Farbstoffe die basophilen („basenfreundlichen“) Strukturen der Zellen.

Wir wollen hier zwei Färbemethoden besprechen, von denen die erste mehr eine Schnellmethode ist, während die zweite, die schärfere Bilder liefert, für feinere Untersuchungen zu empfehlen ist.

MAY-GRÜNWARD-Färbung

Wir kochen in einem Glasgefäß (Becherglas) etwa 100 ccm destilliertes Wasser ab und lassen es wieder erkalten. Das Wasser brauchen wir später zum Verdünnen der Farblösung. Da es völlig neutral sein sollte, müssen wir durch das Abkochen die in ihm gelöste Kohlensäure austreiben.

Die Farblösung für die MAY-GRÜNWARD-Färbung kaufen wir am besten fertig, da die Herstellung schwierig ist und sich nicht lohnt. Auf den lufttrockenen Blutausstrich tropfen wir reichlich MAY-GRÜNWARD-Lösung auf und lassen sie 4 bis 5 Minuten einwirken. Dabei müssen wir beachten, daß der Farbstoff während dieser Zeit unter keinen Umständen eintrocknen darf. Es besteht nämlich die Gefahr, daß das Lösungsmittel — vorwiegend Methylalkohol — verdunstet und auf dem Ausstrich nur eine häßliche Farbstoffkruste zurückbleibt. Unter Umständen werden wir daher im Verlauf der Färbung weitere Farblösung nachgeben müssen. Nach fünf Minuten wird die auf dem Objektträger befindliche Farblösung durch Zutropfen etwa der gleichen Menge abgekochten destillierten Wassers verdünnt. Es ist nicht ganz einfach, eine gleichmäßige Durchmischung der Farblösung mit dem Wasser zu erreichen. Leichtes Hin- und Herneigen des Objektträgers beschleunigt die gleichmäßige Verdünnung. Wir lassen auch die verdünnte Farblösung ungefähr fünf Minuten einwirken, spülen dann mit destilliertem Wasser ab und stellen den Objektträger zum Trocknen senkrecht auf eine Kante.

Der wieder völlig getrocknete Ausstrich kann entweder ohne Deckglas direkt mit der Ölimmersion betrachtet oder aber — was eher zu empfehlen ist — in Caedax eingeschlossen und mit einem Deckglas bedeckt werden. Kanadabalsam eignet sich zum Eindecken der Blutausstriche nicht, da die verwendeten Farben in dem stets etwas nachsäuernden Kanadabalsam rasch verblasen.

Färbung nach PAPPENHEIM

Wir ziehen den lufttrockenen Blutausstrich mit der Schichtseite nach oben zwei- bis dreimal hoch über eine kleine Flamme. Die Unterseite des Objektträgers darf hierbei nur so warm werden, daß sie auf dem Handrücken noch gut verträglich ist. Darauf bedecken wir den Ausstrich mit der unverdünnten MAY-GRÜNWARD-Lösung, die in diesem Fall nur drei Minuten einwirken soll. Anschließend wird die MAY-GRÜNWARD-Lösung durch Zutropfen der drei- bis vierfachen Menge abgekochten destillierten Wassers verdünnt. Die verdünnte Lösung lassen wir eine Minute einwirken, gießen sie ab und spülen mit der folgenden, schon vorher hergestellten Lösung nach:

In 10 ccm abgekochten destillierten Wassers werden 10 Tropfen der gebrauchsfertig zu beziehenden GIEMSA-Lösung gelöst.

Nach Abspülen des Ausstriches mit zwei oder drei Kubikzentimetern der genannten Farblösung tropfen wir dieselbe Lösung nochmals auf und lassen sie jetzt 20 Minuten einwirken. Auch hier müssen wir darauf achten, daß nicht durch Verdunsten des Lösungsmittels Farbniederschläge entstehen, und gegebenenfalls rechtzeitig weitere verdünnte GIEMSA-Lösung nachgeben.

Nach 20 Minuten wird die Farblösung mit destilliertem Wasser ab gespült und der Objektträger zum Trocknen aufgestellt. Einschluß in Caedax.

Noch einige Bemerkungen zu den angeführten beiden Blutfärbungen:

Es ist wichtig, daß das destillierte Wasser säure- und laugenfrei ist. Die in nicht abgekochtem Wasser stets enthaltene Kohlensäure können wir durch Kochen zwar austreiben; Wasser, das mit anderen Stoffen verunreinigt ist, ist jedoch völlig unbrauchbar. Wollen wir Wasser auf Säure- oder Laugenhalt prüfen, so wenden wir die folgende, sehr einfache Methode an, die empfindlicher ist als die allgemein übliche Prüfung mit Lackmuspapier:

Fünf ccm des zu untersuchenden Wassers werden mit einigen Körnchen Hämatoxylin versetzt und gut durchgeschüttelt. Saures Wasser behält dabei den ursprünglichen gelblichen Ton, alkalisches Wasser wird nach kurzer Zeit rötlich oder bräunlich, neutrales Wasser, das für unsere Zwecke geeignet ist, färbt sich nach spätestens fünf Minuten schwach rosa.

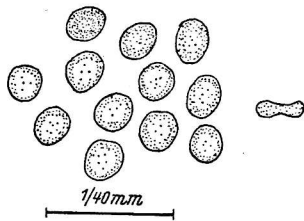


Abb. 64. Erythrocyten

Sowohl die MAY-GRÜNWARD-Lösung wie auch die GIEMSA-Lösung sind nur konzentriert, nicht aber verdünnt haltbar. Es ist daher sinnlos, sich einen größeren Vorrat gebrauchsfertig verdünnter GIEMSA-Lösung herstellen zu wollen. Die Verdünnung darf erst unmittelbar vor der Färbung vorgenommen werden.

Wir betrachten jetzt unseren gefärbten und eingedeckten Blutausschlag mit zunächst schwächerer Vergrößerung. Zuerst fallen uns die zahllosen rötlich gefärbten roten Blutkörperchen oder Erythrocyten ins Auge. Sie erscheinen als Scheibchen von etwa $7,5 \mu$ Durchmesser, die in der Mitte einen helleren oder dunkleren Schatten zeigen. Dieser Schatten ist der Ausdruck einer beidseitigen Eindellung der Erythrocyten, die ihnen im Querschnitt eine Art Hantelform verleiht (Abb. 64).

Zwischen den Massen der roten Blutkörperchen sehen wir bei schwacher bis mittlerer Vergrößerung kleine bläuliche Punkte liegen. Bei stärkerer Vergrößerung erweisen sich diese bläulichen Punkte als weiße Blutkörperchen, die wir auf den ersten Blick an ihrem scharf blau gefärbten Zellkern erkennen, der — wie wir wissen — den roten Blutkörperchen fehlt. Durchmustern wir das Präparat etwas genauer, so werden wir zwei wichtige Feststellungen machen können. Wir werden bemerken, daß die Zellkerne der weißen Blutkörperchen vielfach von der uns geläufigen runden oder ovalen Form abweichen und gelappt oder eingeschnürt aussehen. Wir werden ferner feststellen, daß es offenbar nicht einfach „weiße Blutkörperchen“ gibt, sondern viele verschiedene Formen von weißen Blutkörperchen. Mit diesen verschiedenen Formen der weißen Blutkörperchen wollen wir uns ein wenig eingehender beschäftigen.

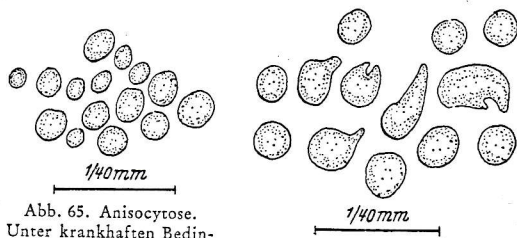


Abb. 65. Anisocytose. Unter krankhaften Bedingungen kann es vorkommen, daß die roten Blutkörperchen ungleich groß sind.

Abb. 66. Poikilocytose. Unter gewissen krankhaften Bedingungen können die roten Blutkörperchen unregelmäßige Gestalt annehmen.

Die Herkunft der verschiedenen Formen von weißen Blutkörperchen ist heute noch nicht völlig geklärt. Im allgemeinen unterscheidet man eine myeloische Reihe und eine lymphatische Reihe der weißen Blutkörperchen, wobei man annimmt, daß die Formen der myeloischen Reihe wie die roten Blutkörperchen vorwiegend in der roten Knochenmark gebildet werden, wogegen die Formen der lymphatischen Reihe den Lymphdrüsen entstammen sollen.

1. Die myeloische Reihe der weißen Blutkörperchen

Man nennt die Zellformen der myeloischen Reihe Leukocyten im engeren Sinne. Im normalen Blut besteht die Mehrzahl der weißen Blutkörperchen aus den sog. segmentkernigen neutrophilen Leukocyten. Sicher haben wir schon bei der ersten Durchmusterung unseres Präparats solche Zellen gefunden. Die Zellkerne erscheinen in einzelne Segmente aufgeteilt, die oft nur noch durch ganz feine Fädchen von Kernsubstanz miteinander zusammenhängen. Das Plasma ist — wie die Bezeichnung „neutrophil“ besagt — weder mit dem sauren noch mit dem basischen Farbstoff besonders intensiv färbbar. Es erscheint deshalb schwach bläulich, violett, selten einmal rötlich getönt (Abb. 67).

Viel seltener als die segmentkernigen Neutrophilen sind die stabkernigen neutrophilen Leukocyten. Ihr stabförmiger Kern ist oftmals hufeisenförmig gebogen, immer aber gekrümmt und niemals in Segmente aufgeteilt (Abb. 67).

Die diagnostisch sehr wichtigen eosinophilen und basophilen Leukocyten werden wir sorgfältig suchen müssen — sie kommen nämlich im normalen Blut nur in geringer Anzahl vor. Sie färben sich indessen so charakteristisch an, daß man sie — liegt einer von ihnen einmal im Gesichtsfeld — schon mit schwächerer Vergrößerung auf den ersten Blick erkennt. In ihr Plasma sind nämlich kleine Körnchen — Granula — eingelagert, die sich bei den eosinophilen Zellen mit dem sauren Farbstoff (Eosin),

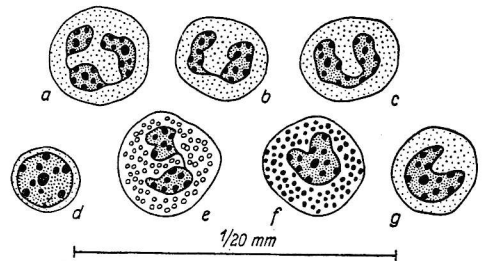


Abb. 67. Formen der weißen Blutkörperchen. a, b = segmentkerniger Neutrophiler, c = stabkerniger Neutrophiler, d = Lymphocyt, e = Eosinophiler, f = Basophiler, g = Monocyt

bei den basophilen Zellen aber mit dem basischen Farbstoff intensiv anfärben. Die Granula der eosinophilen Leukocyten erscheinen demnach scharf rot gefärbt, diejenigen der basophilen Leukocyten aber tief blau bis blauschwarz. Meistens sind die Zellkerne der eosinophilen Blutzellen unregelmäßig gestaltet, oft sogar segmentiert. Die Kerne der basophilen Zellen sind zumeist rundlich, seltener etwas eingebuchtet (Abb. 67).

2. Die lymphatische Reihe der weißen Blutkörperchen

Eine sehr häufige Form von weißen Blutzellen sind die *L y m p h o c y t e n*. Lymphocyten sind einer der wichtigsten Bestandteile des lympho-reticulären und des lympho-epithelialen Gewebes, aus dem die Lymphdrüsen im wesentlichen bestehen. Sie sind dort in die Maschen eines aus sternförmig verzweigten Zellen bestehenden Netzwerkes eingelagert (Abbildung 55). Aus den lymphatischen Organen gelangen die Lymphocyten ins Blut, an dessen zellulärer Zusammensetzung sie maßgeblich beteiligt sind. Wir erkennen im Präparat den Lymphocyten an seinem relativ großen, immer rund erscheinenden *K e r n*. Meist ist der Kern im Verhältnis zum Plasma so groß, daß man das Plasma nur noch als hauchdünnen Saum um den Kern herum erkennen kann (Abb. 67).

Die *M o n o c y t e n* sind viel seltener als die Lymphocyten, obwohl sie entstellungsgeschichtlich mit den Lymphocyten wahrscheinlich nahe verwandt sind. Ihr *K e r n* ist verhältnismäßig groß, meist stark eingebuchtet oder sogar gelappt, selten aber ausgesprochen stabförmig und nie segmentiert. Nach der von uns angewandten Färbung erscheint der Zellkern der Monocyten nicht so intensiv blau gefärbt wie die Kerne der übrigen weißen Blutkörperchen. Er zeigt eher einen leicht rötlich schimmernden Ton (Abb. 67).

3. Das „Differenzieren“ des Ausstrichpräparats

Praktische Bedeutung erlangt ein Blutaussstrich nur dann, wenn man feststellen kann, in welchem Verhältnis die einzelnen Formen der weißen Blutkörperchen zueinander stehen. Wer sich die Mühe gemacht hat, die vorkommenden Zellformen genau zu studieren, dem bereitet das Differenzieren keine Schwierigkeiten mehr.

Als erstes zeichnen wir uns ein Schema auf, wie es in Abb. 68 wiedergegeben ist. Dann untersuchen wir den Ausstrich mit stärkerer Vergrößerung, am besten mit der Ölimmersion. Jede aufgefundene Zelle wird in dem Schema mit einem Strich bezeichnet. Finden wir also z. B. in einem Gesichtsfeld zwei Lymphocyten, einen Segmentkernigen und einen Eosinophilen, so werden in die Rubrik der Lymphocyten zwei

Basophile												1
Eosinophile												3
Stabkernige												7
Segmentkernige												61
Lymphocyten												24
Monozyten												4
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100

Abb. 68. Zählchema für das Ausdifferenzieren der weißen Blutkörperchen

Striche, in die Rubrik der Segmentkernigen und die der Eosinophilen je ein Strich eingetragen. Sind in der ersten senkrechten Säule insgesamt 10 Striche eingetragen, so wird die nächste gefundene Zelle in der zweiten senkrechten Säule vermerkt, enthält auch diese 10 Striche, so fahren wir mit der dritten Säule fort usw. Es leuchtet wohl ohne weiteres ein, daß wir insgesamt 100 Zellen ausgezählt haben, wenn jede der 10 senkrechten Säulen 10 Striche enthält. Um festzustellen, welchen Prozentsatz der Gesamtmenge die verschiedenen Formen von weißen Blutkörperchen ausmachen, brauchen wir jetzt nur die einzelnen Striche in jeder der waagerechten Reihen zusammenzuzählen. Natürlich müssen wir beim „Differenzieren“ jede einzelne Zelle notieren, die im Gesichtsfeld auftaucht und darauf achten, daß Doppelzählungen vermieden werden. Wir beginnen deshalb beim Untersuchen an der linken oberen Kante des Objektträgers, gehen von da aus senkrecht nach unten, schieben den Objektträger ein Stückchen nach links und wieder senkrecht nach oben usw. Doppelzählungen werden so mit großer Sicherheit vermieden.

Die gefundenen Prozentzahlen lassen wesentliche Aussagen zu. Die für uns wichtigste Feststellung ist, ob die gefundenen Zahlen vom Normalwert abweichen. Die Diagnose muß — wie schon oben unterstrichen wurde — dem Arzt überlassen bleiben.

Normalwerte für weiße Blutkörperchen

Segmentkernige Leukocyten	58—68%
Stabkernige Leukocyten	2—5%
Eosinophile Leukocyten	1—4%
Basophile Leukocyten	0—1%
Lymphocyten	22—30%
Monozyten	4—8%

Geringe Abweichungen von den Normalwerten brauchen noch nicht unbedingt eine tiefgreifende Veränderung im Organismus anzuzeigen. Es muß auch nachdrücklich darauf hingewiesen werden, daß dem Anfänger grobe methodische Fehler nicht selten zu unterlaufen pflegen, weshalb auch hier jedem

Mikroskopiker geraten werden muß, sich erst einmal gründlich zu üben, bevor er seine Kenntnisse praktisch verwertet.

4. Das Auszählen der Blutkörperchen

Die im Blutausschlag gefundenen Werte für die verschiedenen weißen Blutkörperchen sind natürlich nur Verhältniszahlen und lassen keinen Schluß auf die Gesamtzahl der Blutzellen zu.

Mancher wird erstaunt sein zu erfahren, daß in einem cmm Blut durchschnittlich fünf Millionen rote und 8000 weiße Blutkörperchen enthalten sind. Wie kann man solche Zahlen überhaupt errechnen?

Um die Gesamtzahl roter und weißer Blutkörperchen in einer bestimmten Raumeinheit Blut zu ermitteln, wurden besondere Zählkammern konstruiert. Eine der am häufigsten benutzten Zählkammern ist die nach THOMA. Sie besteht aus einer rechteckigen Glasplatte, in die tiefe Rillen eingeschliffen sind. Die Rillen teilen den mittleren Teil der Glasplatte in drei Felder, deren mittleres $\frac{1}{10}$ mm tiefer liegt als die beiden äußeren und eine eingezogene Netzeinteilung trägt. Bringt man auf das mittlere Feld einen kleinen Tropfen Flüssigkeit und legt über die beiden äußeren Felder ein geschliffenes, ganz dicht sitzendes Deckglas, so steht also über jedem Quadrätchen der Netzeinteilung eine Flüssigkeitssäule genau bekannter Höhe und — da der Flächeninhalt des Quadrätchens bekannt ist — auch genau bekannten Rauminhalts. Es ist wohl ohne weiteres verständlich, daß man in der Flüssigkeitssäule enthaltene mikroskopisch kleine Körperchen mit dem Mikroskop auszählen kann.

Würden wir nun einfach einen Tropfen Blut auf die Zählkammer bringen, so könnten wir ob der Vielzahl der Zellen das einzelne Blutkörperchen überhaupt nicht sehen. Wir müssen deshalb das Blut mit geeigneten Verdünnungsflüssigkeiten mischen.

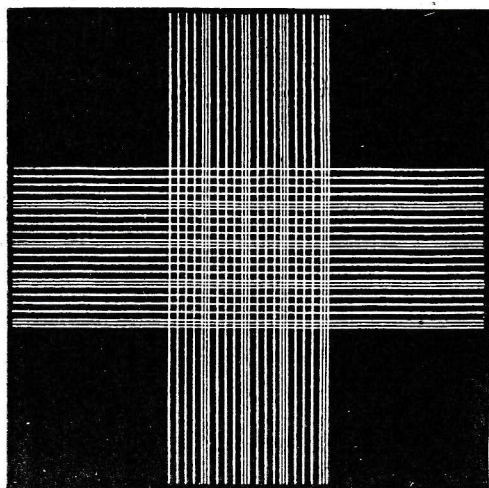


Abb. 69. Netzeinteilung nach Thoma (aus HALLMANN)

Damit die Menge des Blutes und der Verdünnungsgrad bekannt ist, verwenden wir hierzu besondere Mischpipetten.

Die Verdünnungsflüssigkeit für weiße Blutkörperchen ist eine 3%ige Essigsäurelösung. In ihr werden nämlich die roten Blutkörperchen aufgelöst, wodurch die weißen Blutzellen besonders deutlich hervortreten. Die Mischpipette für weiße Blutkörperchen ist im oberen Drittel bauchig aufgetrieben. In dieser Erweiterung ist eine Glasperle eingeschlossen, durch die das Vermischen des Blutes mit der Verdünnungsflüssigkeit erleichtert wird. Am vorderen, vor der Erweiterung gelegenen Teil zeigt die Pipette eine Marke 0,5 und eine Marke 1, am hinteren, hinter der Erweiterung gelegenen Teil eine Marke 11. Wir entnehmen der Fingerkuppe in gleicher Weise wie für die Herstellung des Ausstriches einen Tropfen Blut, wischen den ersten Tropfen ab, saugen den zweiten Tropfen bis zur Marke 1 und ziehen dann Verdünnungsflüssigkeit bis zur Marke 11 nach. Anschließend werden beide Öffnungen der Pipette mit Daumen und Zeigefinger verschlossen und der Inhalt durch Schütteln gut durchmischt. Zum Auszählen bringt man einen kleinen Tropfen des so verdünnten Blutes auf das mittlere Feld der Zählkammer; allerdings dürfen wir hierfür nicht die ersten aus der Pipette ausfließenden Tropfen verwenden, da sie fast nur aus Verdünnungsflüssigkeit bestehen. Wir blasen vielmehr die ersten Tropfen aus, verwerfen sie und verwenden zum Auszählen einen Tropfen der Flüssigkeit, der mit Sicherheit der bauchigen Erweiterung der Pipette entstammt. Über den auf die Zählkammer gebrachten Tropfen wird nun ein geschliffenes Deckglas geschoben. Wir hauchen die beiden äußeren Felder der Zählkammer an und schieben nun das Deckglas mit mäßigem Druck über alle drei Felder. Das Deckglas muß so dicht sitzen, daß zwischen ihm und seiner nicht von Flüssigkeit bedeckten Unterlage Regenbogenfarben, die sog. Newtonschen Farbringe entstehen. Die Netzeinteilung der Zählkammer enthält 16 „Gruppenquadrate“, von denen jedes in 16 kleinste Quadrate unterteilt ist (Abb. 69). Die Fläche eines solchen kleinsten Quadrates beträgt $\frac{1}{400}$ qmm; der Rauminhalt der über diesem Quadrat stehenden, nach oben vom Deckglas begrenzten Flüssigkeitssäule ist demnach $\frac{1}{4000}$ cmm (die Höhe beträgt ja $\frac{1}{10}$ mm).

Die mit dem verdünnten Blut „beschickte“ Zählkammer lassen wir 2—3 Minuten liegen, damit die Blutkörperchen sich absetzen können. Ausgezählt wird dann mit mittlerer Vergrößerung. Zum Auszählen der weißen Blutkörperchen, die ja in weit geringerer Zahl als die roten vorhanden sind, zählen wir alle Blutkörperchen, die auf der Netzeinteilung (Feld-einheit) liegen. Damit wir nicht versehentlich eine Verunreinigung, etwa Reste der aufgelösten roten

Blutkörperchen, mit einem weißen Blutkörperchen verwechseln, achten wir darauf, daß die weißen Blutkörperchen in der essigsäuren Lösung bei genauere Betrachtung recht deutlich ihre Zellkerne erkennen lassen. Um die Zahl der weißen Blutkörperchen im cmm Blut zu finden, wenden wir folgende Formel an:

$$\frac{\text{Zahl der gezählten Zellen}}{\text{Fläche} \times \text{Höhe} \times \text{Verdünnung}} = \frac{\text{Zahl der weißen Blutkörperchen}}{\text{im cmm}}$$

Die Fläche des ganzen Feldes beträgt 1 qmm, die Höhe der Kammer $\frac{1}{10}$ mm, die Verdünnung 1 : 10.

Beispiel: Bei einer Verdünnung 1 : 10 wurden im Feld 82 weiße Blutkörperchen gefunden. Ein cmm des untersuchten Blutes enthält demnach:

$$\frac{82}{1 \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{10}} = 8200 \text{ weiße Blutkörperchen.}$$

Brauchen wir sehr genaue Werte, so werden wir nicht nur ein, sondern vielleicht fünf oder gar zehn Felder auszählen. Natürlich muß die Zählkammer dann mehrmals beschickt werden.

Es kommt vor, daß die Zahl der weißen Blutkörperchen sehr stark erhöht ist („Leukocytose“). Bei einer Verdünnung von nur 1 : 10 erschiene dann u. U. die ganze Netzeinteilung der Zählkammer mit Blutkörperchen „überschwemmt“. In solchen Fällen wird das Blut im Verhältnis 1 : 20 verdünnt, indem man den Blutstropfen nur bis zur Marke 0,5 der Mischpipette aufzieht und dann Verdünnungsflüssigkeit wie oben beschrieben nachsaugt.

Das Auszählen der roten Blutkörperchen erfolgt in prinzipiell gleicher Weise wie das der weißen Blutkörperchen. Als Verdünnungsflüssigkeit verwenden wir beim Auszählen der roten Blutkörperchen die HAYEMsche Lösung, die wir uns selbst herstellen oder auch fertig beziehen können.

Die HAYEMsche Lösung besteht aus:

Quecksilberchlorid	0,5 g
Natriumsulfat	0,5 g
Kochsalz	1,0 g
Destilliertes Wasser	200,0 g

Für die roten Blutkörperchen brauchen wir eine besondere Mischpipette, die etwas größer ist als die für die weißen Blutkörperchen bestimmte, sonst aber gleich gebaut ist. Wir saugen das Blut bis zur Marke 0,5, ziehen dann HAYEMsche Lösung bis zur Marke 101 nach und erhalten so eine Verdünnung von 1 : 200.

Zum Auszählen der roten Blutkörperchen brauchen wir die kleinsten Quadrätchen der Zählkammer, und zwar zählt man gewöhnlich die in 80 kleinsten Quadrätchen liegenden Blutkörperchen (also 5 Gruppenquadrate). Wir werden finden, daß die Blutkörperchen nicht nur innerhalb der Quadrätchen,

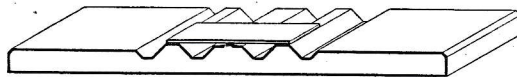


Abb. 70. Schematischer Längsschnitt durch eine Zählkammer

sondern auch auf den Strichen der Netzeinteilung liegen. Um Doppelzählungen zu vermeiden, zählen wir von den auf den Strichen liegenden Körperchen immer nur die auf dem rechten und dem unteren Strich jedes Quadrätchens liegenden Blutkörperchen der Zahl der in diesem Quadrätchen gefundenen Blutkörperchen hinzu, nicht aber die auf dem linken und oberen Strich liegenden.

Zur Berechnung der Zahl der roten Blutkörperchen in einem cmm Blut verwenden wir dieselbe Formel wie bei den weißen Blutkörperchen. Beispiel: Bei einer Verdünnung 1 : 200 wurden in 80 kleinsten Quadrätchen (= $\frac{1}{5}$ qmm) 452 rote Blutkörperchen gezählt. Ein cmm des untersuchten Blutes enthält also:

$$\frac{452}{\frac{1}{5} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{200}} = 4\,520\,000 \text{ rote Blutkörperchen}$$

Normalwerte für rote Blutkörperchen:

Bei Männern 5 Millionen je cmm Blut.

Bei Frauen 4,5 Millionen je cmm Blut.

Normalwert für weiße Blutkörperchen:

8000 je cmm Blut.

Bei den weißen Blutkörperchen haben Abweichungen vom Normalwert von etwa 1000 je cmm im allgemeinen nicht viel zu besagen. Bei mehr als 9000 weißen Blutkörperchen je cmm spricht man von „Vermehrung“, bei mehr als 10 000 je cmm von „Leukocytose“ und bei mehr als 20 000 von „Hyperleukocytose“. Bei einer „Verminderung“ sind weniger als 7000 weiße Blutkörperchen im cmm Blut vorhanden, „Leukopenie“ liegt vor, wenn 1 cmm weniger als 5000 weiße Blutkörperchen enthält.

Zu beachten ist, daß auch größere Abweichungen, vor allem nach oben, nicht krankhaft zu sein brauchen. Nach dem Essen und nach schwerer Arbeit kann z. B. die Zahl der weißen Blutkörperchen erheblich ansteigen. Es empfiehlt sich daher, die Blutentnahme am Morgen nüchtern vorzunehmen.

Noch häufiger als bei den weißen Blutkörperchen sind die nicht krankhaften Abweichungen vom Normalwert bei den roten Blutzellen. Bekannt ist ja z. B., daß beim Aufenthalt in größeren Höhen die Zahl der roten Blutkörperchen stark zunimmt. Finden wir also in unserem Blut einmal Werte, die vom oben angegebenen Normalwert ein wenig abweichen,

so brauchen wir — bei sonstigem Wohlbefinden — noch nicht besorgt zu sein. Solange es noch an der Übung fehlt, ist außerdem immer auch an die Möglichkeit eines methodischen Fehlers zu denken.

5. Errechnung der absoluten Werte für weiße Blutkörperchen

An Hand des gefärbten Ausstriches haben wir das Verhältnis, in dem die verschiedenen Formen der weißen Blutkörperchen zueinander stehen, festgestellt. Mit Hilfe der Zählkammer konnten wir auch die Gesamtzahl der Zellen im cmm bestimmen. Sehr einfach ist es jetzt, die Gesamtzahl einer bestimmten Blutkörperchenform festzulegen. Beispiel:

Im cmm Blut wurden 8000 weiße Blutkörperchen gefunden. Im Ausstrichpräparat fanden sich 60% segmentkernige Leukocyten. Demnach enthält 1 cmm Blut

$$\frac{8000 \times 60}{100} = 4800 \text{ segmentkernige Leukocyten.}$$

Einen Blutausrich kann sich jeder Mikroskopiker ohne großen Aufwand herstellen und untersuchen. Zum Auszählen der Blutkörperchen allerdings ist eine Zählkammer unerläßliche Voraussetzung. Leider sind die Zählkammern nicht gerade billig. Die Anschaffung kann aber doch sehr empfohlen werden, da die Zählkammer dem Mikroskopiker auch bei anderen Untersuchungen wertvolle Dienste leisten kann. Zum Auszählen von Bakterien und anderen Einzellern, bei mandien quantitativen Planktonuntersuchungen wie überhaupt überall, wo mikroskopisch kleine, in Flüssigkeit suspendierte Körperchen gezählt werden müssen, können wir die Zählkammer verwenden. Sogar als Objektmikrometer ist die Zählkammer zu gebrauchen, da eine Seite eines kleinsten Quadrätchens genau 0,05 mm lang ist.

Wem aber die Anschaffung einer Zählkammer doch zu kostspielig ist, der braucht sich deshalb nicht von Blutuntersuchungen abhalten zu lassen. Auch die Untersuchung des Ausstriches allein liefert interessante und wertvolle Ergebnisse.

F. Untersuchung von Harn

Die mikroskopische Untersuchung des Urins ist einfach durchzuführen, doch erfordert sie — zumal bei Urinen Kranker — peinlich sauberes Arbeiten. Gewöhnlich reichert man zur Untersuchung die im Harn schwimmenden Teilchen an, indem man sie mit der Zentrifuge abschleudert. Eine gewöhnliche Handzentrifuge, wie sie auch für Planktonuntersuchungen gebraucht wird, reicht völlig aus. Wer sich keine Zentrifuge anschaffen kann, der kann die Harnbestandteile auch dadurch anreichern, daß er eine Harnprobe einige Stunden im Spitzglas stehen läßt und danach den Bodensatz mikroskopiert. Natürlich ist die letztgenannte Methode der Anreicherung mit Hilfe der Zentrifuge unterlegen.

Im Harn können wir — normal oder unter krankhaften Bedingungen — Zellen und Gewebefetzen der gesamten Harnwege (Niere, Harnleiter, Harnblase, Harnröhre) finden. Darüber hinaus können auch nichtzellige Elemente große diagnostische Bedeutung haben, so die „Harnzylinder“ und verschiedene Kristalle.

Ebensowenig wie die Blutuntersuchung allein, so genügt auch die Harnuntersuchung für sich noch nicht zur Diagnose einer Krankheit. Die endgültige Beurteilung bei krankhaft erscheinenden Fällen muß immer dem Arzt überlassen bleiben.

Zu jeder Harnuntersuchung, auch zur mikroskopischen, gehören mindestens zwei chemische Proben,

die jedermann mühelos durchführen kann: Die Reaktion auf Zucker und die Reaktion auf Eiweiß.

I. Untersuchung auf Zucker

Wir alle wissen, daß die sehr gefürchtete Zuckerkrankheit auf dem Versagen einer Hormondrüse, der sog. LANGERHANSschen Inseln in der Bauchspeicheldrüse beruht. Fehlt das von den LANGERHANSschen Inseln produzierte Hormon Insulin oder ist es in zu geringer Menge vorhanden, so vermag der Organismus den Zucker nicht mehr in unlösliche Form zu überführen und festzuhalten. Es kommt zu einem Anstieg des Zuckergehaltes im Blut und zu einer Zuckerausschüttung durch die Niere. Finden wir im Harn Zucker, so kann dies ein bedenkliches Zeichen sein, braucht aber noch kein Beweis zu sein, daß tatsächlich Zuckerkrankheit vorliegt. Es gibt nämlich noch einige andere Ursachen für das Auftreten von Zucker im Harn. So kann durch Aufnahme großer Mengen zuckerhaltiger Nahrungsmittel ein gewisser Schwellenwert im Blutzuckerspiegel überschritten werden, oberhalb dessen die Niere Zucker auszuschleiden beginnt. In diesem Falle liegt also trotz des Harnzuckers gar keine Krankheit vor.

Zur Untersuchung auf Zucker benützen wir das FEHLINGsche Reagens, das aus zwei getrennt vorrätig zu haltenden Lösungen besteht: