

GRÄFE/PATZELT

EINFÜHRUNG IN DIE HÄMATOLOGIE
FÜR MEDIZINISCHE BERUFE

2. AUFLAGE

VERLAG VON THEODOR STEINKOPFF
DRESDEN UND LEIPZIG

EINFÜHRUNG IN DIE HÄMATOLOGIE

für medizinische Berufe

von

Dr. Rudolf Gräfe

Medizinische Schule
am Bezirkskrankenhaus Zwickau
„Heinrich Braun“

Dr. med. Oskar Patzelt

Leitender Arzt der Inneren Abteilung am
Kreiskrankenhaus Wurzen, vorher Oberarzt an der
Medizinischen Klinik des Bezirkskrankenhauses
Zwickau „Heinrich Braun“

unter Mitarbeit von

Sigrid Richter

Leitende med.-techn. Assistentin

und

Jutta Däweritz

Med.-techn. Assistentin

Mit einem Geleitwort

von Obermedizinalrat Prof. Dr. med. habil. J. Brinkmann

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Mit 25 Abbildungen, 13 Tabellen, 7 Übersichten und 6 Tafeln



VERLAG VON THEODOR STEINKOPFF
DRESDEN UND LEIPZIG

1965

Alle Rechte vorbehalten,
einschließlich der Reproduktion durch Photokopie, Mikrofilme und dgl.
Copyright 1961 und 1965 by Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig
Printed in the German Democratic Republic

Veröffentlicht unter Lizenz-Nr. 283, Gen.-Nr. 360/26/65
Buchdruckerei Richard Hahn (H. Otto), Leipzig O 5 (III/18/12)

Gräfe/Patzelt

Einführung in die Hämatologie für medizinische Berufe

Geleitwort zur ersten Auflage

Eine uralte Erfahrung lehrt, daß zu jedem erfolgreichen Unterricht, so lebhaft und eindringlich er auch vom Dozenten gestaltet werden mag, ein gutes Lehrbuch gehört, eins das dem Vortragenden als roter Faden, dem Hörer aber als unentbehrliches Werkzeug zur häuslichen Durcharbeitung des Lehrstoffes dient.

Gewiß gibt es schon Kompendien der Hämatologie, die sich aber überwiegend auf die Technik der hämatologischen Untersuchungen beschränken und sich auch mehr an die späteren medizinisch-technischen Assistentinnen wenden, nicht aber auch an die anderen künftigen Mitarbeiterinnen des Arztes.

Hier klappte bislang eine empfindliche Lücke im Schrifttum. Diese zu schließen, ist die Aufgabe des vorliegenden Leitfadens der Hämatologie, der in besonders glücklicher Weise die Vorzüge einer scharf gerafften und doch erschöpfenden Darstellung sowohl der Biologie als auch des rein Technischen wie besonders auch der pathologischen Physiologie in sich vereinigt.

Man fühlt sozusagen aus jeder Zeile heraus die große pädagogische Erfahrung der beiden Autoren, die sie sich im jahrelangen Vortrag vor den Sparten der Zwickauer Medizinischen Fachschule erwarben, sowohl vor den künftigen medizinisch-technischen Assistentinnen als auch vor den Schwesternschülerinnen.

Die „Einführung in die Hämatologie“ ist also im wahrsten Sinne des Wortes aus der Praxis für die Praxis geschrieben. Das ist ein unschätzbare Vorzug, der sich besonders auch in der eindringlichen und ausgefeilten Darstellungsweise ausdrückt. Daß sich Biologe und Arzt in mustergültiger Zusammenarbeit fanden, erscheint ein besonderer Vorzug.

Es ist wirklich unser ganzes derzeitiges einschlägiges Wissen auf den allerneuesten Stand gebracht, ohne daß sich die Darstellung in unnötige Breite verloren und überflüssiger Wiederholungen schuldig gemacht hätte.

Die dem Bezirkskrankenhaus Zwickau „Heinrich Braun“ beigeordnete Medizinische Fachschule genießt seit Jahrzehnten außerordentliches Ansehen. Man braucht kein Prophet zu sein, um der „Einführung in die Hämatologie“, die zum Teil aus ihr hervorging, besonderen Erfolg voraussagen zu können.

Jedenfalls begleiten sie meine allerherzlichsten Wünsche auf ihrem weiteren Entwicklungsweg.

Obermedizinalrat

Prof. Dr. med. habil. BRINKMANN

Vorwort zur ersten Auflage

Jahrelange Erfahrungen, die die Verfasser bei der Ausbildung des medizinischen Personals sammelten, ergaben, daß es wenig geeignete Literatur gibt, in der das hämatologische Grundwissen insbesondere für medizinisch-technische Assistenten ebenso wie für andere Interessenten, die erstmalig in die Hämatologie eindringen wollen, zweckentsprechend dargestellt ist. Diese fühlbare Lücke zu schließen, soll die Aufgabe des vorliegenden Buches sein. Zwar gibt es Anleitungen für das Praktikum, jedoch stellen diese meist nur eine einseitige schematische Aneinanderreihung von Arbeitsvorschriften dar ohne abrundende Darstellungen und ohne Vermittlung von vielseitigem hämatologischem Grundwissen.

Dem Anfänger eine zusammenfassende Übersicht über die Grundbegriffe der Hämatologie zu geben, welche Biologie, Pathologie und Untersuchung des Blutes gleichmäßig berücksichtigt, ist das Ziel der Verfasser. Die Lehrpläne fanden zwar Berücksichtigung, darüber hinaus verlangte aber der Fortschritt der Wissenschaft, daß auch modernere Gebiete erwähnt wurden. Damit soll der Meinung entgegengetreten werden, die manchenorts zu hören ist, als sei die Hämatologie eine in sich mehr oder weniger abgeschlossene Wissenschaft. Im Gegenteil muß man sagen, daß noch in verschiedenen Zweigen der Hämatologie zahlreiche Probleme zu lösen sind, ja sogar die Biochemie des Blutes am Anfang ihrer Entwicklung steht, aber auch in der Morphologie sind noch Fortschritte zu erwarten.

Das Buch soll eine „Einführung“ sein und dasjenige Grundwissen vermitteln, auf dem aufgebaut werden kann, wenn man tiefer in die großen Standardwerke der Hämatologie eindringen will. Die Hämatologie hat verschiedene Grenzgebiete, aus ihr heraus haben sich mehrere Spezialwissenschaften entwickelt. Eine „Einführung“ soll und darf jedoch einen bestimmten Umfang nicht überschreiten. So mußten natürlich Abgrenzungen gegenüber der „Klinischen Chemie“, der „Serologie“, der „Blutgruppenlehre“ und der „Knochenmarklehre“ vorgenommen werden. Bei der Bedeutung dieser Teilgebiete sollen ihnen besondere Darstellungen gewidmet werden, denn es wäre ver-

fehlt, diese insbesondere im praktischen Teil nur oberflächlich zu behandeln. Dagegen wurden einige Methoden aus der Gerinnungsanalyse aufgenommen, die zunehmende Bedeutung für die Praxis gewinnen.

Die Verfasser haben sich bemüht, die Darstellungen in einem leicht verständlichen, lebendigen Stil niederzuschreiben, damit der Leser das Buch gern zur Hand nimmt. Ferner waren sie bestrebt, einen Beitrag zur notwendigen Vereinheitlichung und Modernisierung der hämatologischen Nomenklatur einschließlich ihrer Rechtschreibung zu leisten.

Möge das Buch dem Leser nicht nur Wissen vermitteln, das er im Beruf braucht, sondern auch mancherlei Anregungen geben. Sicherlich bringt es auch Nutzen denen, die medizinisches Personal ausbilden. Ohne Zweifel kann es auch dem Medizinstudenten dienen, wenn er in knappen Zügen erstmalig das Grundgerüst der Hämatologie überblicken will. Die auf die Herausgabe des Buches verwendete Mühe würde sich gelohnt haben, wenn es dazu beiträgt, ein verantwortungsvolles, kritisch eingestelltes Laborpersonal heranzubilden.

Zwickau, Juni 1960

Die Verfasser

Dr. GRÄFE, Dr. PATZELT

Vorwort zur zweiten Auflage

Wenn es sich nach relativ kurzer Zeit nötig machte, die zweite Auflage unserer „Hämatologie“ zu bearbeiten, ergibt sich daraus, daß die Ziele, die sich die Verfasser bei der Herausgabe des Buches stellten, richtig waren. Das bestätigen auch die vielen guten Besprechungen, die zu unserem Buch im Inland und im Ausland erschienen sind. Es soll daher an den Grundsätzen des Buches, die im Vorwort zur ersten Auflage dargelegt wurden, nichts geändert werden.

Es war jedoch erforderlich, einige neuere Forschungsergebnisse einzubauen, von denen wir in der Zwischenzeit Kenntnis erhielten. Wir taten dies, soweit diese für den Benutzerkreis wissenswert sind. Auch wurden in allen drei Teilen des Buches Erweiterungen vorgenommen. Diese betreffen u. a. die Darstellungen über die Blutgruppen und die Plasmaeiweißkörper.

Wir haben uns jedoch bewußt Beschränkungen auferlegt in der Neuaufnahme von Methoden, die zu sehr in die eigentliche Serologie und in die klinische Chemie fallen, da diese anderweitig dargestellt werden sollen und den Umfang des Buches zu stark erweitern würden. Es soll auch nochmals darauf hingewiesen werden, daß unser Buch als „Einführung“ das Grundwissen der Hämatologie vermitteln soll. Für weitere Studien müssen in erster Linie größere Tafelwerke wie „Stobbe, Hämatologischer Atlas“ zu Hilfe genommen werden.

Selbstverständlich wurden alle Kapitel des Buches durchgesehen und dabei die Vorschläge berücksichtigt, die uns von Kollegen und von Benutzern des Buches für die zweite Auflage gemacht wurden, soweit die Verfasser diese Ergänzungen im Rahmen der Zielsetzung des Buches für geeignet hielten. Wir danken den Studenten und Schülern, die uns auf einige Druckfehler aufmerksam machten. Wir erkannten daran, daß diese Leser das Buch mit großer Aufmerksamkeit studierten. Wichtige Hinweise für die neue Auflage und Unterstützung beim Lesen der Korrekturen gab uns Fräulein Ruth Pallmer, Fachlehrerin an der Medizinischen Schule Zwickau. Wir danken ihr dafür sehr. Auch Herrn Paul Walter, der uns wertvolle Hinweise für den praktischen Teil des Buches aus seinem reichen Erfahrungsschatz als medizinisch-technischer Assistent gab, und dem Verlag Theodor Steinkopff, der unserem Buch seine volle Unterstützung angedeihen ließ, gilt unser besonderer Dank.

Zwickau, März 1964

Die Verfasser

Dr. GRÄFE, Dr. PATZELT

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Geleitwort	V
Vorwort	VII
I. Einführung in die Biologie des Blutes	1
1. Aufgaben der Hämatologie	1
2. Geschichtliches	1
3. Phylogenie des Blutes	2
4. Ontogenie des Blutes	3
5. Aufgaben des Blutes	5
6. Bestandteile des Blutes und allgemeine Blutdaten	7
7. Blutplasma	9
8. Allgemeines über Benennung, Entwicklung und Einteilung der geformten Blutbestandteile	16
9. Aufbau der Zelle	19
10. Erythrozyten	21
11. Hämoglobin	29
12. Spurenelemente im Blut	43
13. Leukozyten	46
14. Granulozyten	48
15. Lymphozyten und Monozyten	52
16. Plasmazyten	54
17. Thrombozyten	55
18. Blutgerinnung	58
19. Alters- und Geschlechtsunterschiede im Blut	64
20. Artefakte	66
21. Blutgruppen	68
22. Blutersatz	78
23. Abwehrvorgänge	79
24. Knochenmark	84
25. Lymphatisches System	89
26. Milz und Thymus	91
II. Einführung in die Pathologie des Blutes	94
1. Allgemeines	94
2. Pathologie der Plasmabestandteile	95
3. Krankhafte Veränderungen des Erythrozyten	105
4. Anämien	108
5. Polyglobulien	118
6. Krankhafte Veränderungen der Leukozyten	119

	Seite
7. Erkrankungen des weißen Systems	124
8. Retikulosen	132
9. Hämorrhagische Diathesen	136
10. Porphyrien	143
11. Strahlenwirkungen auf das Blut	145
12. Blutgifte	148
13. Blutparasiten	150
III. Einführung in die Untersuchung des Blutes	155
1. Arbeitsplatz und Geräte für hämatologische Untersuchungen	155
2. Reinigung der Geräte	156
3. Grundsätzliches über Handhabung des Mikroskops	158
4. Arbeitsschutz	160
5. Umgang mit Patienten	161
6. Entnahme von Kapillarblut	162
7. Bestimmung des Hämoglobins	165
8. Zählung der Erythrozyten und der Leukozyten	174
9. Schätzung der Leukozyten	182
10. Errechnung des Färbeindex und des HbE-Wertes	183
11. Bestimmung des Erythrozytendurchmessers	185
12. Kammerzählung der eosinophilen Granulozyten	187
13. Thorn-Test	188
14. Nativpräparat	189
15. Anfertigung von Blutausstrichen	190
16. Allgemeines über Färbungen	191
17. Färbung von Blutausstrichen	193
18. Proerythrozytenfärbung	200
19. Der Dicke Tropfen	201
20. Weitere Spezialfärbungen	204
21. Leukozyten-Anreicherung	205
22. Zählung der Thrombozyten	206
23. Differenzierung des Blutausstriches	209
24. Peroxydasereaktion	213
25. Nachweis der alkalischen Granulozytenphosphatase	214
26. Phasenkontrastuntersuchungen	217
27. Senkungsgeschwindigkeit der Erythrozyten	219
28. Resistenzbestimmung der Erythrozyten	222
29. Bestimmung des Erythrozytenvolumens im Blut	225
30. LE-Zellentest	227
31. Blutgruppenbestimmung des ABO-Systems	228
32. Bestimmung des Rh-Faktors	233
33. Kreuzprobe	233
34. Coombs-Test und Papain-Test	236
35. Methoden zur Gerinnungsanalyse	238
Sach- und Namenverzeichnis	257

1. Einführung in die Biologie des Blutes

1. Aufgaben der Hämatologie

Die Hämatologie beschäftigt sich mit dem Blut und ist ein Teilgebiet der Biologie. Man faßt heute das Blut der höherentwickelten Tiere und des Menschen meist als Organsystem, als das Transport- und aktiv arbeitende Abwehrsystem des Körpers, auf. Es ist, biologisch gesehen, nicht nur ein bloßes „Strombecken“ für den Zu- und Abtransport von Stoffen, sondern erfüllt auch noch andere wichtige Aufgaben. Es stellt zusammen mit seinen Bildungsstätten eine Einheit dar, und als kompliziert arbeitendes Organsystem verbindet es die einzelnen Teile des Körpers ähnlich dem Nervensystem, aber auf andere Weise. Es sorgt also zusammen mit dem Nervensystem für die harmonische Zusammenarbeit der Organe.

Die Hämatologie hat die Aufgaben, die gestaltlichen Verhältnisse (Morphologie), die Lebenstätigkeit (Physiologie) und die Entwicklungsgeschichte (Phylogenie und Ontogenie) des Blutes zu erforschen. Darüber hinaus hat ganz besonders innerhalb der Medizin die Betrachtung der vom Normalen abweichenden Verhältnisse in Bau und Funktionen dieses Organs große Bedeutung (Pathologie). Damit steht im Zusammenhang die Entwicklung von Untersuchungsmethoden, die zur Erreichung dieser Ziele dienen. Das Wort Hämatologie hängt mit dem griechischen „haima“ zusammen; die lateinische Bezeichnung für Blut „sanguis“ tritt uns seltener in der Wissenschaft entgegen.

2. Geschichtliches

Es ist immer zweckmäßig und lehrreich, die geschichtliche Entwicklung einer Wissenschaft zu betrachten. So seien auch hier einige Tatsachen angegeben. Das Blut hat schon seit Urzeiten die Aufmerksamkeit des Menschen erregt. In der alten Humorallehre (Säftelehre) der Griechen gehörte es zu den vier Kardinalsäften (Grundsäften) des Körpers: Blut, Schleim, gelbe und schwarze Galle. Eine richtige Mischung dieser Säfte sei im gesunden Körper vorhanden, ein Mißverhältnis führe zur Krankheit. Lange herrschte die Säftelehre. Erst die technische Voraussetzung, die die Erfindung des Mikroskops schuf, führte im 17. Jahrhundert zu einer näheren Erforschung des Blutes. Der niederländische Naturforscher Swammerdam sah mit dem Mikroskop, das der berühmte Optiker Muschenbrock ihm gebaut hat, zuerst die roten

Blutzellen bei Frosch und Laus (1658), der Italiener Malpighi in den Mesenterialgefäßen (1665). Der holländische Gelehrte Antonius van Leeuwenhoek studierte die Blutzellen eingehender und beobachtete ihre Bewegung in den Kapillargefäßen des Schwanzes der Froschlarve (1665). Er kannte auch schon die Lymphozyten. Mit den weißen Zellen hat sich einige Jahrzehnte später besonders der Engländer Hewson beschäftigt. Dann trat ein gewisser Stillstand in der Erforschung des Blutes ein, bis die Arbeiten Virchows über die Leukämie (1845) den Anlaß gaben, wieder eifriger hämatologische Studien zu treiben. Es seien die Entdeckung Neumanns, daß beim Erwachsenen das rote Knochenmark Blutzellen bildet, und die Arbeiten des Arztes und Biologen Ehrlich erwähnt. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts wurden auch die ersten Geräte und Methoden zur Blutzellenzählung und zur Hämoglobinbestimmung entwickelt und die Färbeverfahren verbessert. Unter den vielen Forschern auf diesem Gebiet sei noch Pappenheim genannt, weil er eine eigene Zeitschrift für das inzwischen groß gewordene Forschungsgebiet der Hämatologie gründete. Im Jahr 1904 erschien sie zum ersten Mal unter dem Titel „Folia haematologica“.

3. Phylogenie des Blutes

Unter Phylogenie versteht man die Entwicklung der Lebewesen im Laufe der Erdgeschichte. Wir wissen, daß das Blut ebenfalls eine Entwicklung zu seiner heutigen Organisationshöhe durchlaufen hat. Bei manchen Wirbellosen treten bereits gelbrote bis rote Körperflüssigkeiten auf, z. B. bei einigen Schnecken und Muscheln. Die Färbung kommt durch das kupferhaltige Hämocyamin, das sich bei stärkerem Sauerstoffgehalt bläulich färbt. Das Blut weist hier einen einfachen Bau auf, denn dieser Blutfarbstoff ist unmittelbar gelöst und nicht an bestimmte Zellen gebunden. Aber einige Wirbellose besitzen auch bereits das eisenhaltige Hämoglobin, das aber zunächst noch direkt in der Körperflüssigkeit gelöst ist, z. B. Regenwurm, Blutegel, manche Insekten. So gibt es bei den Wirbellosen nur selten farbstofftragende Zellen, meist ist die Blutflüssigkeit hier zellfrei oder enthält nur farblose Zellen. Der Unterschied zwischen Hämocyamin und Hämoglobin besteht darin, daß das erstere Kupfer und das andere Eisen enthält. Außerdem hat das Hämoglobin ein fast 20mal größeres Bindevermögen für Sauerstoff. Der feinere chemische Bau des Hämoglobins bei den einzelnen Typen der Lebewesen weist Abweichungen auf.

Erst bei den Wirbeltieren ist das Blut durch seinen Aufbau aus verschiedenen Formelementen und die Bindung des Hämoglobins an be-

stimmte Zellen komplizierter gestaltet und kann daher hier erst als Organ oder als Gewebe, wie man es vorher tat, bezeichnet werden. Niedere Wirbeltiere besitzen meist verhältnismäßig wenig rote Blutzellen, die groß, eiförmig und kernhaltig sind, z. B. hat der Frosch 230 000 in $1 \mu\text{l}$ Blut. Auch die roten Zellen der Vögel sind noch kernhaltig, zeigen aber eine größere Anzahl von 1 bis 4 Millionen in $1 \mu\text{l}$, was in dem größeren Sauerstoffbedürfnis innerhalb des Stoffwechsels der Vögel begründet liegt. Erst bei den Säugetieren fällt der Kern der roten Blutzellen weg, die frühere Eiform wird zur Scheibe mit einer Delle in der Mitte. Die Anzahl ist bei den einzelnen Gruppen unterschiedlich, teilweise abhängig von der Höhenlage, in der das Säugetier lebt. So hat das Murmeltier im Sommer 7 Millionen, das Lama über 10 Millionen rote Zellen in $1 \mu\text{l}$. Auch die Normalzahl des Menschen kann im Hochgebirge auf 8 Millionen in $1 \mu\text{l}$ steigen. Die Delle tritt erst nach Kernverlust ein, während die kernhaltigen roten Zellen rund bzw. kugelig sind. Bei den weißen Blutzellen können wir die Unterschiede in den Entwicklungsstufen nicht so gut beobachten. Unsere kurze phylogenetische Betrachtung zeigt uns, daß auch das Blut eine Entwicklung von einfacher zu höherer Organisation zeigt. ($1 \mu\text{l} = 1 \text{mm}^3$).

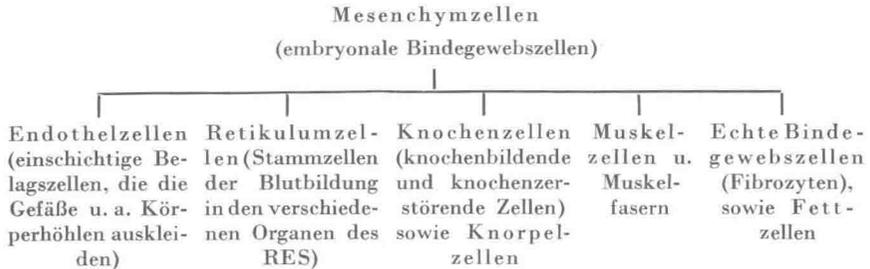
4. Ontogenie des Blutes

Unter Ontogenie verstehen wir die Entwicklung, die jeder Organismus in seinem Leben durchläuft, streng genommen von der befruchteten Eizelle bis zu seinem Tod. Da wir auf die Entwicklung der einzelnen Blutzellen in den entsprechenden Abschnitten noch etwas näher eingehen, sollen hier zunächst einige allgemeine Gesichtspunkte erwähnt werden. Auch sei besonders darauf hingewiesen, daß die Erforschung der Blutbildung noch nicht restlos abgeschlossen ist und die Meinungen der Fachleute in mancher Hinsicht auseinandergehen. Darauf sind auch Unterschiede bei den Darstellungen in verschiedenen Werken zurückzuführen.

Wir wollen nun die Ontogenie des Blutorgans bei den höheren Tieren und dem Menschen in großen Zügen verfolgen. In der frühen embryonalen Entwicklung unterscheiden wir, wie aus der Biologie bekannt ist, drei Keimblätter: Ektoderm, Entoderm und Mesoderm, das äußere, innere und mittlere Keimblatt. Das sind bestimmte Zellschichten bzw. Zellgruppen, auf die sich nach der Keimblätterlehre alle Organe zurückführen lassen. Ein Teil des mittleren Keimblattes wird zu sternförmigen, locker gelagerten Zellen, die sich aus dem Verband der anderen Zellen ablösen. Diese sternförmigen Zellen bilden das embryonale Bindegewebe, das

die beiden Zoologen O. und R. Hertwig mit dem Namen Mesenchym bezeichneten. Diese Mesenchymzellen sind u. a. letztlich die Grundlage für die Blut- und Gefäßbildung, so verwickelt die Vorgänge auch sonst sein mögen. Aus der Übersicht I geht hervor, welche anderen Zellen

Übersicht I: Wichtige Zellarten, die vom Mesenchym abstammen



und Gewebe noch aus dem Mesenchym entspringen. Man nimmt an, daß vereinzelte Reste dieses embryonalen Bindegewebes als „schlummernde Mesenchymzellen“ auch für später noch im Körper erhalten bleiben. Darauf ist zurückzuführen, daß sie sich auch noch beim Erwachsenen im Bedarfsfalle an der Neubildung von Blutzellen und Gefäßzellen beteiligen können. Das gestaltet die Bildungsvorgänge teilweise noch komplizierter.

Diese Mesenchymzellen bilden im Alter von 12 Tagen epithelartige Zellwucherungen in Form kleiner Hohlräume, die nach innen Flüssigkeit absondern und die dann als Blutinseln bezeichnet werden. In dieser Flüssigkeit schwimmen die primitiven Blutzellen, die aus den die Wand der Hohlräume bildenden Zellen, Endothelzellen genannt, ausgegliedert werden. Über die Einzelheiten besteht noch keine restlose Klarheit. Diese primitiven Blutzellen, als Blutstammzellen bezeichnet, besitzen noch keinen roten Blutfarbstoff, sondern sie bilden ihn erst nach und nach; sie werden embryonale Megaloblasten oder auch primäre Erythroblasten genannt. Die erste Bezeichnung erscheint besser, da sie nach Kernverlust die embryonalen Megalozyten bilden, die im Embryonalstadium zunächst nur vorhanden sind. Unter Megalozyten verstehen wir, wie wir noch sehen werden, überdurchschnittlich große rote Blutzellen.

Allgemein kann man weiterhin sagen, daß sich die Blutinseln nach und nach zusammenschließen und so das Blutgefäßsystem entstehen lassen. Dieser Zeitraum dauert ungefähr zwei Monate und wird mesoblastische

Bildungsperiode genannt, sie geht in der Dotteranlage vor sich, also außerhalb des eigentlichen Keimlings (Embryoblast).

Gegen Ende des zweiten Embryonalmonats findet die Bildung neuer Blutzellen in der Leber statt, nachdem die vorher entstandenen Megalocyten nach und nach aufgelöst worden sind. Diese hepatische Blutbildungsperiode, in der bereits normale rote Blutzellen, Erythrozyten oder Normozyten genannt, gebildet werden, dauert nur kurz und wird im vierten Monat durch die hepato-lienale Periode fortgesetzt, in der neben der Leber auch Milz und Thymus an der Blutbildung beteiligt sind. Ab 5. bis 6. Monat beginnt die myeloische (medulläre) Periode, in der das Knochenmark zur wichtigsten Blutbildungsstätte wird, zunächst noch von der Milz unterstützt. Das fetale Hämoglobin (HbF) hat jedoch einen etwas anderen chemischen Bau als das Hämoglobin des Erwachsenen (HbA), wie wir später noch lesen werden.

Im siebenten Monat stellt die Milz ihre Bildung roter Zellen größtenteils ein und erzeugt zusammen mit Thymus und Lymphknoten nur noch weiße Zellen von der Art der Lymphocyten, von denen wir später noch hören werden. Bei der Geburt ist das gesamte Knochenmark rot und blutbildend (hämoblastisch oder hämopoetisch). Im Verlauf der ersten Lebensmonate bzw. Lebensjahre verliert das Mark einiger Knochen diese Fähigkeit und wandelt sich durch Fetteinlagerung in das sogenannte Fettmark um. Beim Erwachsenen finden wir dann rotes, blutzellenbildendes Mark besonders in Brustbein, Rippen, Wirbeln, Schulterblatt, Enden des Schlüsselbeins, Schädelbasis, Schädeldach. Die übrigen Knochen, soweit nicht pneumatisch (lufthaltig), enthalten gelbes Fettmark, so die großen Röhrenknochen der Gliedmaßen. Bei krankhaften Zuständen, d. h. wenn das rote Knochenmark in der Blutzellenbildung versagt, ist das gelbe Knochenmark in der Lage, innerhalb weniger Tage die Blutzellenbildung aufzunehmen und sich in rotes zu verwandeln. Das würde also bedeuten, daß es sich in eine frühere Entwicklungsstufe zurück verwandelt, auf der es sich bereits einmal befunden hat. Dieser Vorgang ist ein gutes Beispiel für die Regulationsfähigkeit des Organismus.

Auf einige Einzelheiten der Bildung der verschiedenen Blutzellen werden wir später eingehen. Jedoch geht aus diesem ontogenetischen Überblick hervor, daß das embryonale Blut gewisse Unterschiede gegenüber dem Erwachsenen-Blut aufweist. Die oben gemachten Ausführungen gelten für den Menschen; bei einigen Säugetieren liegen die Verhältnisse ein wenig anders in der Hinsicht, daß kernhaltige rote Blutzellen bis zur Geburt vorkommen können.

5. Aufgaben des Blutes

Ehe wir auf die Zusammensetzung und den Bau des Blutorgans näher eingehen, verschaffen wir uns eine allgemeine Übersicht über die vielfältigen Aufgaben des Blutes. Es ist, wie wir wissen, das Transportorgan des Körpers und befähigt, durch seinen Aufbau und seinen Kreislauf ein Mittler zwischen Organen und Geweben zu sein. Innerhalb enger Grenzen zeichnet es sich durch die Gleichmäßigkeit (Konstanz) seiner Zusammensetzung aus, die nicht von irgendwelchen Zufällen, z. B. von der Ernährung, abhängig ist, sondern dauernd durch sich selbst und mit Hilfe anderer Organe, z. B. Niere, reguliert und kontrolliert wird. Diese Gleichmäßigkeit ist für das normale Geschehen des Stoffwechsels in Organen, Geweben und Zellen von großer Bedeutung. Wir wollen die wichtigsten biologischen Aufgaben (Funktionen) in ihren Grundzügen überblicken.

Ernährungsfunktion. Das Blut transportiert Nährstoffe von den Stellen ihrer Aufnahme (Resorption) oder Speicherung überall dorthin, wo diese in den Organen und Geweben benötigt werden, z. B. Traubenzucker, Fette, Aminosäuren.

Entgiftungsfunktion. Das Blut bindet und entfernt Abbauprodukte verschiedenster Art von den Stellen ihrer Entstehung und schafft sie dorthin, wo die Entgiftung, z. B. in der Leber, und die Ausscheidung erfolgt, das wäre besonders durch die Nieren. Als Beispiel sei der Harnstoff genannt.

Atmungsfunktion. Der in der Lunge aufgenommene Sauerstoff wird den Zellen und Geweben zugeführt, wo er zur Verbrennung der Nahrungsstoffe gebraucht wird. Das entstandene Kohlendioxid wird zur Lunge zurückgeführt und durch diese nach außen abgeschieden.

Abwehrfunktion. Das Blut befördert und bildet Abwehrstoffe (Antikörper) und ist zu mancherlei Abwehrmaßnahmen bei Infektionen der verschiedensten Arten aktiv befähigt.

Steuerungsfunktion. Diese zeigt sich im Transport der Absonderungen (Hormone) der Drüsen mit innerer Sekretion (inkretorische oder endokrine Drüsen). Diese Hormone, die sofort in das Blut abgegeben werden, haben die Eigenart, nicht immer an der Stelle ihrer Entstehung, sondern meist an ganz anderen Orten im Körper zu wirken, wohin sie durch das Blut transportiert werden, z. B. das Adrenalin der Nebenniere, das Thyroxin der Schilddrüse.

Wärmeausgleichsfunktion. Die durch die Verbrennung der Nahrungsstoffe in den Zellen und Geweben und durch die Muskeltätigkeit entstehende Wärme wird durch das Blut gleichmäßig im Körper verteilt und besonders dem Wärmeabgabeort, der Haut, zugeführt.

Pufferungsfunktion. Das Blut ist in der Lage, Säuren und Basen, die