

► **Merke**

► **Merke:** Blutserum ist Blutplasma ohne Fibrinogen.

Zelluläre Bestandteile

Zu den Blutzellen gehören:

- **Erythrozyten** für den Sauerstofftransport,
- **Thrombozyten**, die in der Blutstillung eine wichtige Rolle spielen,
- **Leukozyten** zur immunologischen Abwehr.

In der Labordiagnostik wird meist Serum zur Bestimmung von Hormonen, Enzymen u. a. eingesetzt.

Zelluläre Bestandteile

Zu den Blutzellen gehören:

- **Erythrozyten (rote Blutzellen)**, die für den Sauerstofftransport aus der Lunge in die peripheren Gewebe und Abtransport eines Teiles vom Kohlendioxid in umgekehrter Richtung verantwortlich sind;
- **Thrombozyten (Blutplättchen)**, die Bestandteil der Blutstillung (Hämostase) sind, und
- **Leukozyten (weiße Blutzellen)**, welche die immunologische Abwehr übernehmen.

► **Merke**

► **Merke:** Im Verhältnis kommt nur ein Leukozyt auf 1000 Erythrozyten.

Der prozentuale Anteil der Blutzellen am Blutvolumen ist der **Hämatokrit (Hkt)**.

Der prozentuale Anteil der Blutzellen am gesamten Blutvolumen ist der **Hämatokrit (Hkt)**, der – abhängig von Geschlecht und Lebensalter – bei ca. 44% liegt.

2.2.2 Blutbildung (Hämatopoese)**Hämatopoetische Stammzelle**

Alle Zellen des Blutes stammen von einer gemeinsamen **multipotenten hämatopoetischen Stammzelle** ab, die die Fähigkeit besitzt, sich in jede Blutzelle zu entwickeln.

2.2.2 Blutbildung (Hämatopoese)**Hämatopoetische Stammzelle**

Alle Zellen des Blutes stammen von einer gemeinsamen **multipotenten hämatopoetischen Stammzelle** ab, die die Fähigkeit besitzt, sich in jede Blutzelle zu entwickeln. Experimentell können aber u. a. auch Muskel-, Herz-, Leber-, Nieren- und Knochenzellen aus dieser Stammzelle erzeugt werden. Sie befinden sich nur in sehr kleiner Zahl im roten Knochenmark und kommen in noch geringerer Zahl im strömenden peripheren Blut vor. Sie ähneln morphologisch den Lymphozyten (S. 155), können aber aufgrund der Expression charakteristischer Zelloberflächenmoleküle (z. B. CD34) von diesen unterschieden werden. Eine wichtige Eigenschaft der multipotenten Stammzelle zur Aufrechterhaltung der Hämatopoese ist ihre **Fähigkeit sich zu reduplizieren**, d. h. sich selbst zu erneuern. Durch Teilung entstehen sowohl neue multipotente als auch oligopotente Stammzellen, deren weitere Entwicklungsmöglichkeiten schon eingeschränkt sind, die sich aber noch in verschiedenen Richtungen differenzieren können. Jede weitere Differenzierung schränkt die Vielfalt der Entwicklungsmöglichkeiten weiter ein.

Die multipotente Stammzelle besitzt die **Fähigkeit sich zu reduplizieren**, d. h. sich selbst zu erneuern. Durch Teilung entstehen sowohl neue multipotente als auch oligopotente Stammzellen.

Die Blutbildung wird durch hämatopoetische Wachstumsfaktoren reguliert. Ein Beispiel hierfür ist **Interleukin-3 (IL-3)**, ein multipotenter Wachstumsfaktor, der die Proliferation und Differenzierung verschiedener Entwicklungslinien einschließlich der thrombozytären, erythrozytären, granulozytären und monozytären Reihe stimuliert. Andere Wachstumsfaktoren wirken nur auf einzelne Entwicklungslinien wie z. B. **Erythropoetin**, das die Entstehung der Erythrozyten fördert.

Die Blutbildung wird durch hämatopoetische Wachstumsfaktoren reguliert.

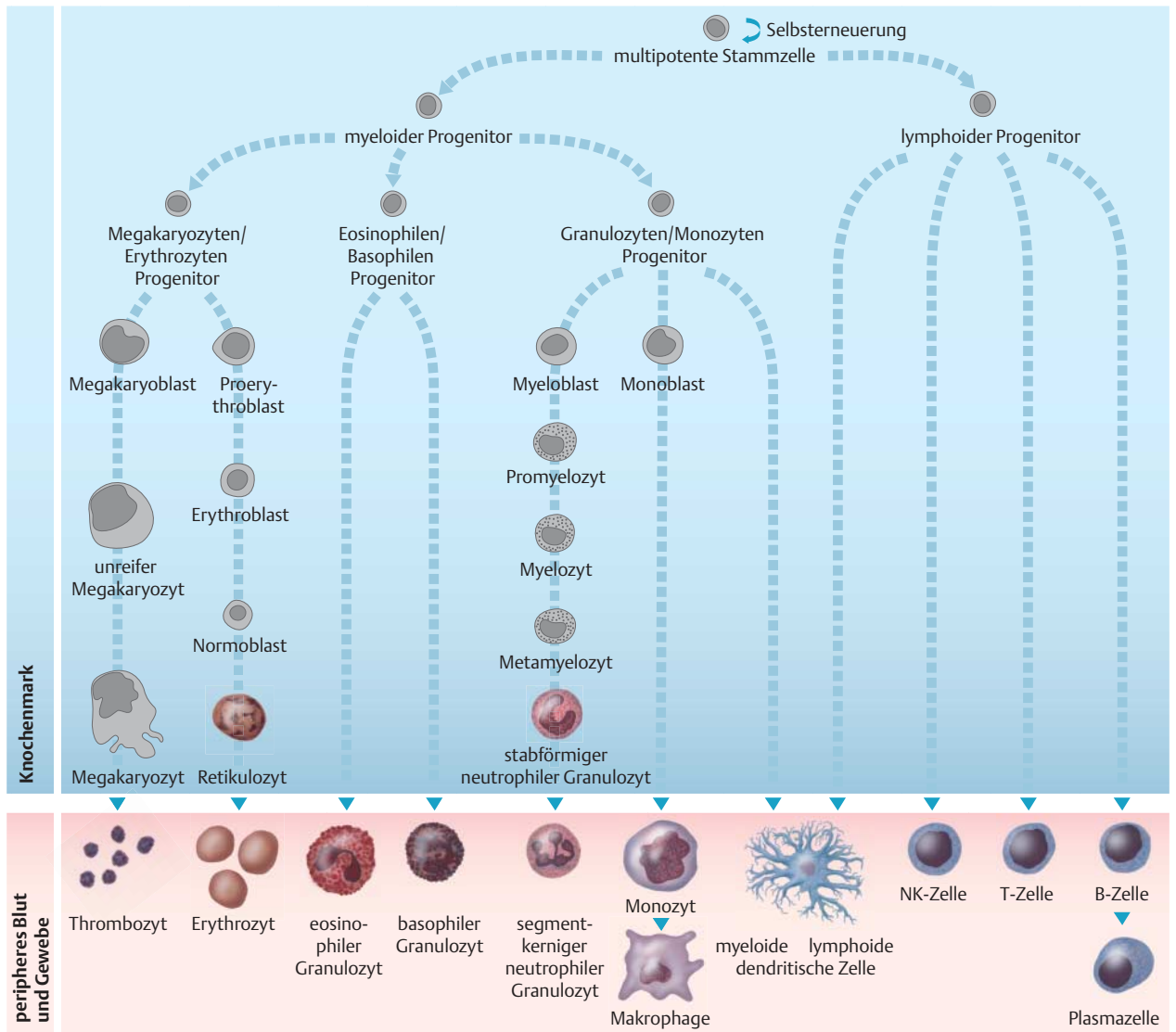
Es gibt spezifische Entwicklungsreihen für die einzelnen hämatopoetischen Zellen (Abb. B-2.1).

Zu Entwicklungsreihen s. Abb. B-2.1.

► **Merke**

► **Merke:** Teilungsfähige Vorstufen einer Zellreihe werden durch die Endung „-blast“ von reifen Formen mit der Endung „-zyt“ unterschieden.

B-2.1 Proliferation und Differenzierung der hämatopoetischen Stammzelle



Nicht alle Entwicklungsreihen sind komplett dargestellt.

* Eine geringe Anzahl von Retikulozyten und stabkernigen neutrophilen Granulozyten sind auch im peripheren Blut nachweisbar.

► **klin,k:** Prinzipiell können in allen Zellreihen auf jeder teilungsfähigen Stufe maligne (böartige) Differenzierungsstörungen auftreten. Betrifft dies die Vorläuferzelle eines Leukozyten, die dann zunächst das Knochenmark, bei starker Vermehrung auch das Blut überschwemmt, spricht man von einer **Leukämie**.

Ort der Blutbildung

Der Ort der Blutbildung wechselt mehrere Male in der pränatalen Entwicklung und läuft z.T. parallel in verschiedenen Organen (Tab. B-2.2). Beim Erwachsenen ist der Hauptbildungsort der Blutbildung das Knochenmark.

► **Merke:** Neben der Blutbildung spielt das Knochenmark als Reifungs- und Proliferationsort von B-Lymphozyten (S. 155) eine zentrale Rolle im Immunsystem.

◀ **klin,k**

Ort der Blutbildung

Der Ort der Blutbildung wechselt pränatal mehrmals (Tab. B-2.2).

◀ **Merke**

B-2.2

B-2.2 Orte der Blutbildung

Ort der Blutbildung	Zeitraum
Dottersack (S. 84) (megaloblastische Phase)	bis zum 3. Monat: Hauptort der Blutbildung im Embryo
Leber und Milz (hepatolienale Phase)	2.–7. Monat
rotes Knochenmark = Medulla ossium rubra (medulläre Phase)	ab 4. Monat Hauptort der Hämatopoese bei der Geburt

Makroskopisch unterscheidet man **rotes, blutbildendes** (hämoblastisches) und **gelbes, nicht-blutbildendes Knochenmark** (Fettmark).

Makroskopisch unterscheidet man **rotes, blutbildendes** (hämoblastisches) und **gelbes, nicht-blutbildendes Knochenmark** (Fettmark). Zum Zeitpunkt der Geburt handelt es sich fast ausschließlich um rotes Knochenmark, das langsam in gelbes umgewandelt wird. Beim Erwachsenen kommt rotes Knochenmark nur noch in den spongiösen Knochen des Rumpfes (u.a. Wirbel, Rippen, Sternum, Beckenknochen) und in den Epiphysen der Röhrenknochen vor. Das rote Knochenmark macht beim Erwachsenen etwa 1,5 kg aus.

klin:k

► **klin:k**: Die Bestimmung der Verteilung einzelner Differenzierungsstadien blutbildender Zellen im Knochenmarkspunktat (**Myelogramm**), das durch Punktion des hinteren oberen Darmbeinstachels (Spina iliaca posterior superior) gewonnen wird, ermöglicht die Diagnose von **Tumoren des blutbildenden Systems**.

2.2.3 Erythrozyten

Funktion: Die Erythrozyten übernehmen den **Transport von Sauerstoff** und eines Teiles vom Kohlendioxid zwischen der Lunge und den Geweben.

2.2.3 Erythrozyten

Funktion: Die Erythrozyten übernehmen den **Transport von Sauerstoff** zwischen der Lunge und den Geweben. In der Lunge bindet Sauerstoff an den roten Blutfarbstoff (**Hämoglobin**) der Erythrozyten. Nur 0,3% des Sauerstoffes werden im Blutplasma gelöst transportiert. Das in den Geweben produzierte Kohlendioxid wird zu ca. 30% in Form von Carboxyhämoglobin an die Erythrozyten gebunden. Der überwiegende Teil des Kohlendioxids wird im Blutplasma in Form von Bikarbonat zu den Lungen transportiert.

Morphologie: Die reifen Erythrozyten sind in ihrer Größe homogen (Durchmesser ca. **7,7 µm**), besitzen weder Zellkern noch Zellorganellen und sind **bikonkav** geformt. Die im Verhältnis zu ihrem Volumen große Oberfläche kommt dem Sauerstofftransport zugute. Der O₂-bindende Blutfarbstoff **Hämoglobin** verleiht ihnen die rote Farbe.

Morphologie: Die reifen Erythrozyten sind mit einem Durchmesser von durchschnittlich **7,7 µm** außerordentlich homogen. Sie besitzen weder Zellkern noch Zellorganellen und sind **bikonkav** geformt, d. h. sie sind am Rand ca. 2 µm und in der Mitte 1 µm dick. Dadurch erscheint der Erythrozyt im Zentrum heller als in der Peripherie. Aufgrund der bikonkaven Form haben die Erythrozyten im Verhältnis zu ihrem Volumen eine große Oberfläche, was dem Sauerstofftransport zugute kommt. Die rote Farbe der Erythrozyten beruht auf dem Gehalt an Sauerstoff-bindendem Blutfarbstoff, dem **Hämoglobin** (Hb), der 90% der Trockensubstanz der Zelle ausmacht.

Die Erythrozyten beziehen Energie aus dem **anaeroben Stoffwechsel**.

Trotz des Mangels an Zellorganellen sind die Erythrozyten metabolisch aktiv (120 Tage Lebensdauer!). Sie beziehen ihre Energie aus dem **anaeroben Stoffwechsel** (s. Lehrbücher der Biochemie).

In der Zellmembran der Erythrozyten befinden sich **Glykoproteine (Blutgruppenantigene)**, z. B. ABO-System). Erythrozyten besitzen eine enorme **Verformbarkeit**.

In der Zellmembran der Erythrozyten befinden sich **Glykoproteine**, von denen etwa 240 **Blutgruppenantigene** darstellen, die in 29 verschiedene Systeme eingeteilt wurden (z. B. ABO- und Rhesusfaktor-System). Um sich durch die nur 3–4 µm weiten Kapillaren zu quetschen, müssen sich die Erythrozyten stark verformen können. Für diese enorme **Verformbarkeit** und die Aufrechterhaltung der bikonkaven Form wird die Zellmembran durch ein spezielles Zytoskelett verstärkt.