



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Biologie des Pferdes

Hämatologie

Dr. Julia Schüttler
Tierärztin

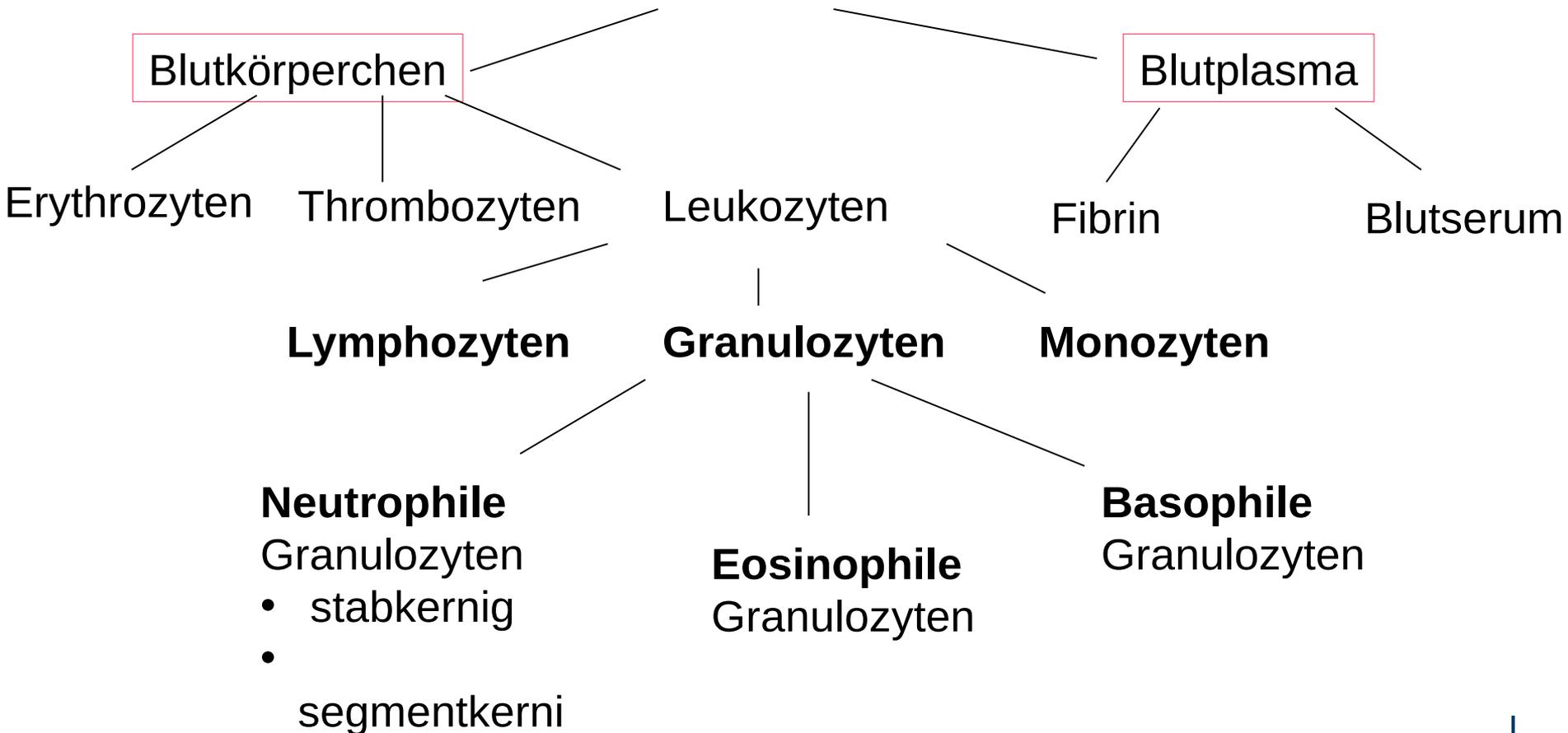


Begriffsdefinition

Die Hämatologie ist die Lehre

- der Physiologie
- der Pathophysiologie
- der Krankheiten des Blutes
- der blutbildenden Organe

Zusammensetzung des Blutes



Zusammensetzung des Blutes

Zelluläre Bestandteile

- Erythrozyten
- Leukozyten
- Thrombozyten

Plasma

- Wasser
- Proteine
- Elektrolyte/Mineralstoffe
- Fette
- Kohlenhydrate
- Aminosäuren
- Hormone
- Enzyme
- Antikörper
- Gerinnungsfaktoren



Aufgaben des Blutes

- Stofftransport
- Stoffaustausch zwischen Organen
- Spezifische und unspezifische Abwehr



Stofftransport

- Wärme
- Gastransport (Sauerstoff und Kohlensäure)
- Stoffwechselprodukte
- Wasser
- Proteine, Fette, Kohlenhydrate
- Hormone, Enzyme, Vitamine
- Blutzellen



Stoffaustausch

- Regulation des Wasserhaushaltes in den Geweben
- Aufrechterhaltung des pH Wertes
- Aufrechterhaltung des onkotischen Druckes

Spezifische und unspezifische Abwehr

- Spezifisch: Antikörperbildung durch Lymphozyten und Plasmazellen
- Unspezifisch: Phagozytose durch Granulozyten und Makrophagen

Eigenschaften des Blutes

- rote Farbe
- klebrig und schmeckt süß  Glukose und Proteine enthalten
- gerinnbar
- undurchsichtig- hoher Zellgehalt
- eng regulierter pH Wert 7,36-7,44



pH: Azidose



pH: Alkalose

- Gesamtblutmenge beträgt beim erwachsenen Haustier 6-8% der Körpermasse

Hämatologische Untersuchung

A



B



Quelle: Klinische Labordiagnostik, 7.Auflage, Kraft/Dürr

Erythropoese

Stimulierung der Erythropoese

- Höhengaufenthalt
- erhöhten Sauerstoffbedarf
- Blutverluste durch Unfall, Operation etc.

... weitere wichtige Bestandteile zur Blutbildung

- Eisen
- Vitamin B 12
- Folsäure
- Erythropoetin (Glykoprotein- gebildet in peritubulären Nierenzellen)



Sinkt der O₂ Gehalt im Nierenparenchym, steigt der Erythropoetin Spiegel im Blut als kompensatorische Maßnahme!!!!

Tierartliche Unterschiede

- unterschiedliche Verhältnisse von zellulären Bestandteilen zu Wasser und den darin gelösten Stoffen  Hämatokrit variabel
- Speziesunterschiede (Hund, Katze, Pferd etc.)

Tabelle 8.1: Typische Referenzbereiche für Erythrozyten-Parameter für verschiedene Gruppen erwachsener Pferde*

Parameter	Vollblut	Jagdpferd	Pony
Hkt (%)	40–46	35–40	33–37
Erythrozyten ($\times 10^{12}$ / l)	7,2–9,6	6,2–8,9	6,0–7,5
Hb (g / dl)	13,3–16,5	12,0–14,6	11,0–13,4
MCHC (g / dl)	34–36	34–36	33–36
MCV (fl)	48–58	45–57	44–55
MHC (pg)	14,1–18,1	15,1–19,3	16,17–19,3

*Angepasste Daten, die vom Clinical Pathology Diagnostic Service, Department of Clinical Veterinary Science der Universität Bristol zur Verfügung gestellt wurden.

- Altersunterschiede

(z.B. Hundewelpen : 5. Lebenstag Hkt 26%, 28. Lebenstag 36 %)

Tierartliche Unterschiede- Aussehen und Größe der Erythrozyten

species	RBC count	Morphology	PCV	MCV	MCHC
DOG	5.5-8.5		37-55	60-77	32-36
CAT	5.0-10.0		24-45	39-55	30-36
COW	5.0-10.0		24-46	40-60	30-36
SHEEP	8.0-16.0		24-50	23-48	31-38
GOAT	8.0-18.0		19-38	15-30	35-42
HORSE	6.5-12.5		32-52	34-58	31-37

Figure 3.6. The shape, size, and number of erythrocytes varies considerably between species. The MCHC, however, is fairly similar between species.

Quelle: Clinical Pathology for the veterinary team , Dial and Rosenfield; 2010



Lebensdauer der Erythrozyten

- Hund 120 Tage
- Katze 70 Tage
- Rind 160 Tage
- **Pferd 140-150 Tage**
- Schwein 62 Tage



Lebensdauer der Erythrozyten

- Hund 120 Tage
- Katze 70 Tage
- Rind 160 Tage
- **Pferd 140-150 Tage**
- Schwein 62 Tage



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Das weiße Blutbild

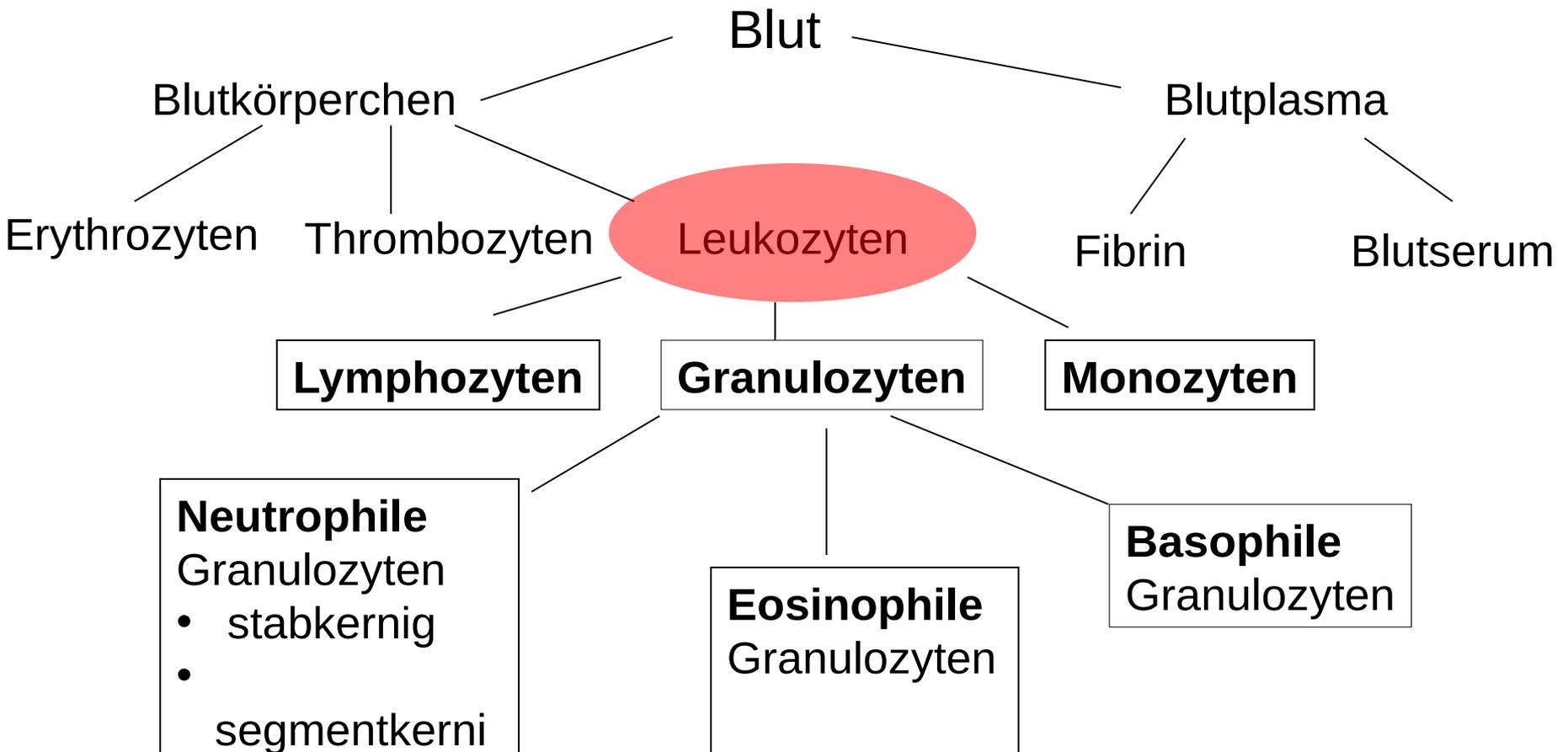


Gründe zur Untersuchung des Weißen Blutbildes

- Verlaufskontrolle
- Therapiekontrolle
- Vorsorgeuntersuchung
- Immer eine Momentaufnahme eines Bewegungsflusses von Zellen

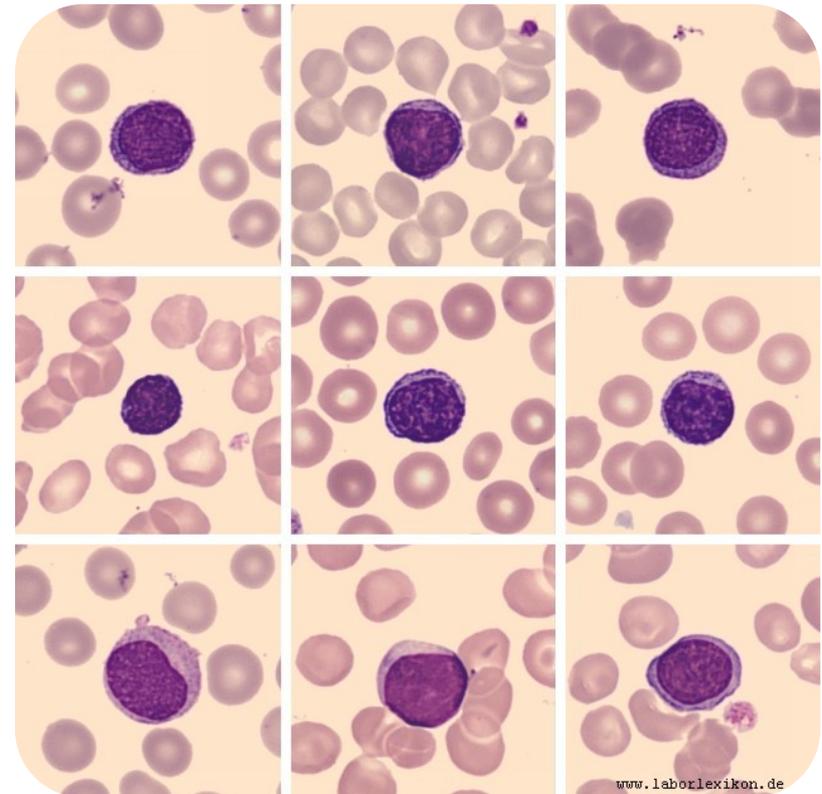
- Große Schwankungen der Leukozytenzahlen durch Blutdruckschwankungen
- Hoher Blutdruck- viele Zellen im zentralen Blutstrom
- Niedriger Blutdruck- Marginalisierung der Zellen im Blutstrom

Übersicht



Vorstellung der einzelnen Blutzellen- **Lymphozyten**

- Spezifische Abwehr
- große Lymphozyten (10-18 μ m)
- kleine Lymphozyten (6-10 μ m)
- B-Lymphozyten und T-Lymphozyten
- Großer Kern, schmaler Zytoplasmasaum
- Lebenszeit von Stunden bis zu Jahren
- Verhältnis B-zu T-Lymphozyten 1:5



<http://www.laborlexikon.de/images/Heama-Lymphozyten%20combination.jpg>

Vorstellung der einzelnen Blutzellen- B-Lymphozyten- **Aufgaben**

(B= Bursa Fabricii und Bone marrow)

- Bildung von Antikörpern
- Nach Antigenkontakt- Differenzierung zu B-Gedächtniszellen
- Differenzierung zu Plasmazellen



- Größe : 10-20 μm
- oval bis rundliche Gestalt
- exzentrisch gelegener Kern
mit Radspeichenstruktur
- Zytoplasma tiefblau mit perinukleärer Aufhellung
- Lebensdauer :Wenige Wochen
- Jede Plasmazelle produziert 1 spezifischen AK

Vorstellung der einzelnen Blutzellen- T-Lymphozyten- Aufgaben

- **T- Lymphozyten**

T-Helferzellen

- ✉ aktivieren andere Immunzellen über Zytokine

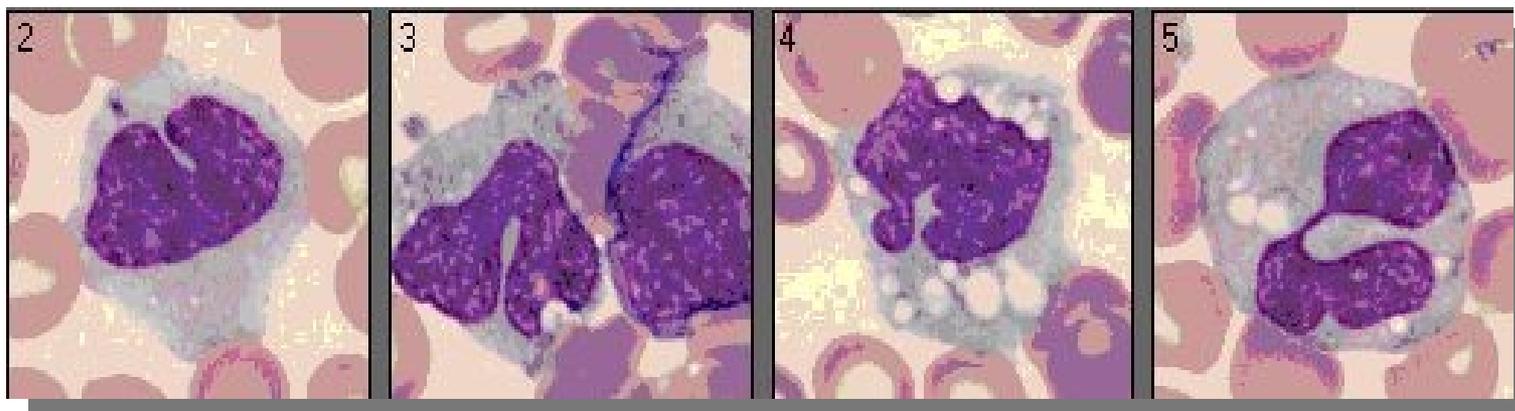
T-Killerzellen

- ✉ Abtötung von infizierten oder tumorös entarteten Zellen

T-Suppressorzellen

- ✉ verhindern eine Überreaktion des Immunsystems
- ✉ verhindern die Entstehung von Autoimmunkrankheiten

Vorstellung der einzelnen Blutzellen- **Monozyten/ Makrophagen**



labtestsonline.de

- Größe: 14-22 μm
- Kern vielgestaltig von nieren- bis hufeisenförmig
- Zytoplasma schieferblau + Vakuolen oder phagozytiertes Material
- Lebensdauer im Blut 6-12h, dann
- Gewebeübertritt Makrophagen („ große Fresszellen „)
- Makrophagen mit einer Lebensdauer von Wochen bis Monaten



Vorstellung der einzelnen Blutzellen- Monozyten- **Aufgaben**

- Im Blut **zirkulierende** Zellen
- Zerstörung körperfremder Substanzen  **Phagozytose**, sowohl intrazellulärer, als extrazellulärer Erreger
- Präsentation von **Antigenen** (Bestandteilen von Infektionserregern) für Lymphozyten
- Regulation des Eisenspeichers in Form von **Hämosiderin**
- Regulation von **Entzündungsreaktionen** durch Freisetzung von Botenstoffen sogenannten Interleukinen
- Antivirale Wirkung durch **Produktion von Interferon**

Vorstellung der einzelnen Blutzellen- neutrophile Granulozyten

- Neutrophile Granulozyten
 - Segmentkernige
 - Stabkernige
- Basophile Granulozyten
- Eosinophile Granulozyten

Vorstellung der einzelnen Blutzellen- neutrophile Granulozyten

Stabkerniger neutrophiler Granulozyt (Jugendliche Zellen)

- Größe: 9-14 μm
- Kern gebogen und stabförmig
- Lebensdauer Blut: 6-12h
- Lebensdauer Gewebe: 2-4 d
- Aufgabe: Phagozytose von Krankheitserregern

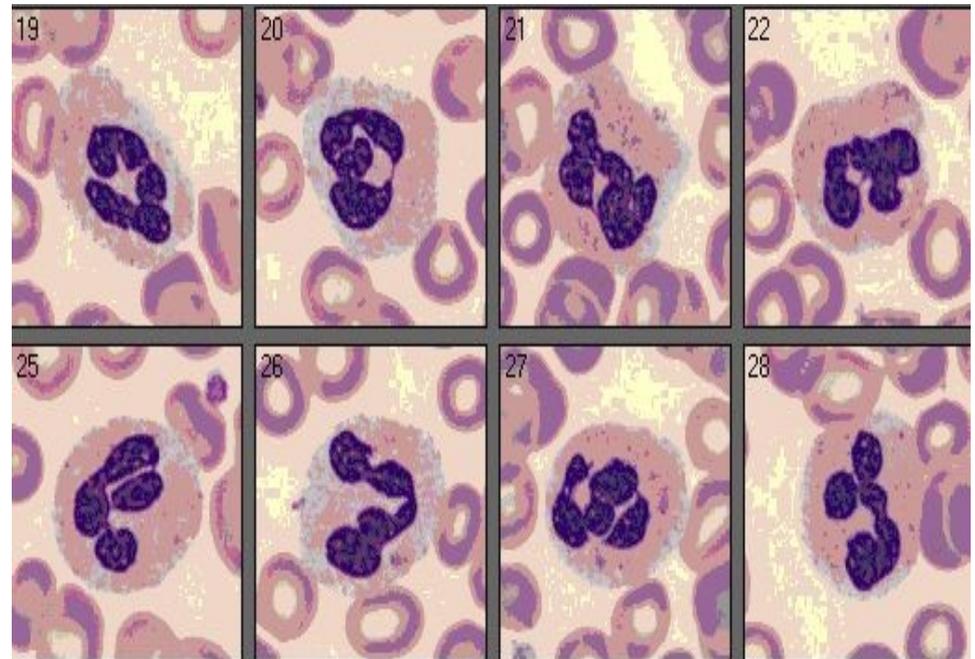


www.labtestsonline.de

Vorstellung der einzelnen Blutzellen- neutrophile Granulozyten-

Segmentkerniger neutrophiler Granulozyt (ältere Zellen)

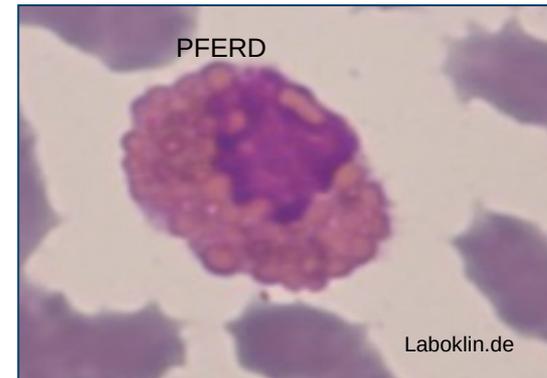
- Größe: 9-13 μm
- Kern mit Einschnürungen (Rosenkranz), segmentierter Kern
- Lebensdauer Blut: 6-12h
- Lebensdauer Gewebe: 2-4 d
- Aufgabe: Phagozytose von Krankheitserregern



labtestsonline.de

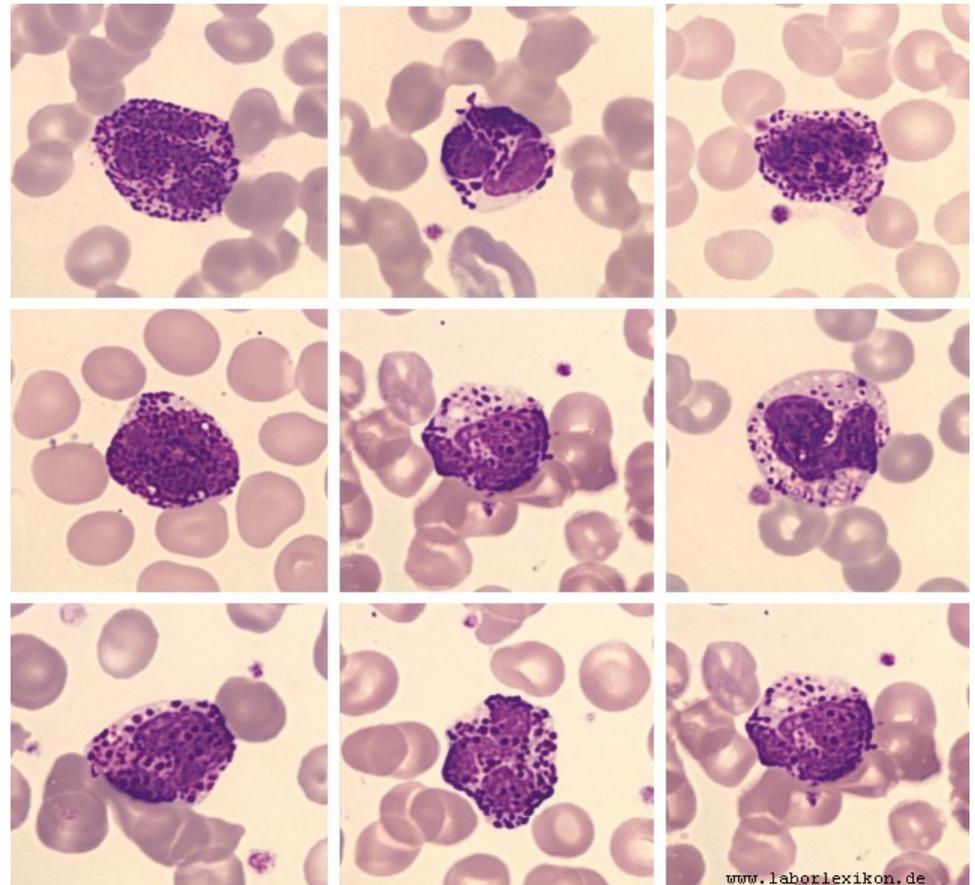
Vorstellung der einzelnen Blutzellen- **eosinophile Granulozyten**

- Größe: 14-20µm
- eosinophile (rötliche) Granula besonders deutlich beim Pferd
- Lebensdauer Blut: 6-12h
- Lebensdauer Gewebe: 2-4 d
- Aufgabe: Phagozytose



Vorstellung der einzelnen Blutzellen- **basophile Granulozyten**

- Größe: 10-18 μm
- Basophile (Bläuliche) Granula
- Lebensdauer Blut: 6-12h
- Lebensdauer Gewebe: 2-4 d
- Aufgabe: Phagozytose



www.laborlexikon.de



Ursachen für Blutzellveränderungen

Neutrophilie

- Aufregung, Furcht , Geburt (physiologisch)
- Infektionskrankheiten
- Intoxikationen
- Tumoren
- Überempfindlichkeitsreaktionen
- Myeloische Leukämie

Neutropenie

- Virale Infektionskrankheiten (starker Verbrauch)
- Sepsis
- Schock
- Blutdrucksenkung
- Verminderte Produktion durch Knochenmarkerkrankung



Ursachen für Blutzellveränderungen

Eosinophilie

- Allergien
- Parasitosen (Würmer, Flöhe, Milben etc.)

Eosinopenie

- Infektionskrankheiten in der Anfangsphase
- Stress
- Kortikosteroidtherapie



Ursachen für Blutzellveränderungen

Lymphozytose

- Physiologisch bei Jungtieren
- Infektionen in der Heilphase
- Chronische Infektionskrankheiten
- Lymphatische Leukämie

Lymphozytopenie

- Akuter Stress
- Akute Infektionskrankheiten
- Chemotherapie
- Immunsuppressive Therapie

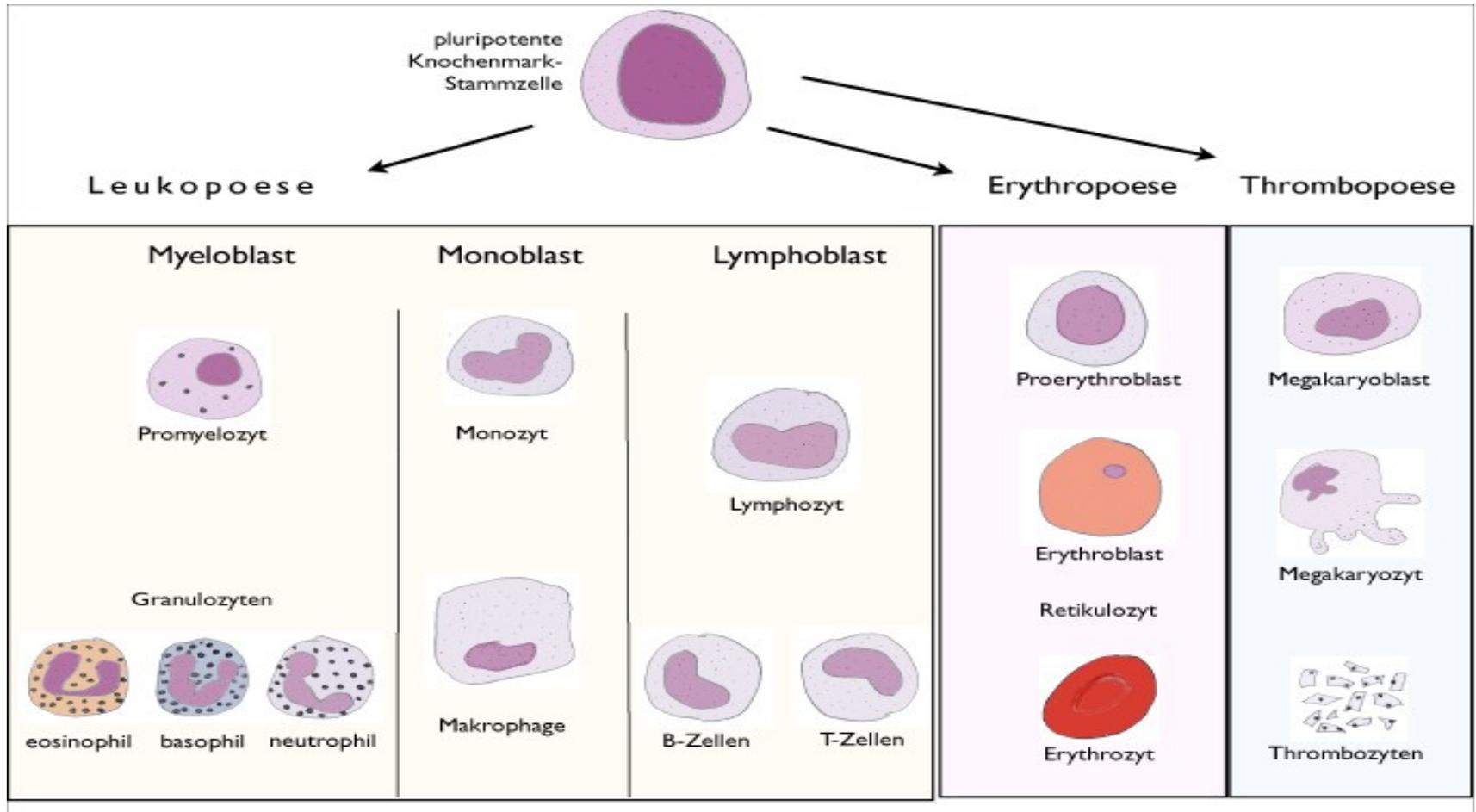


Ursachen für Blutzellveränderungen

Monozytose

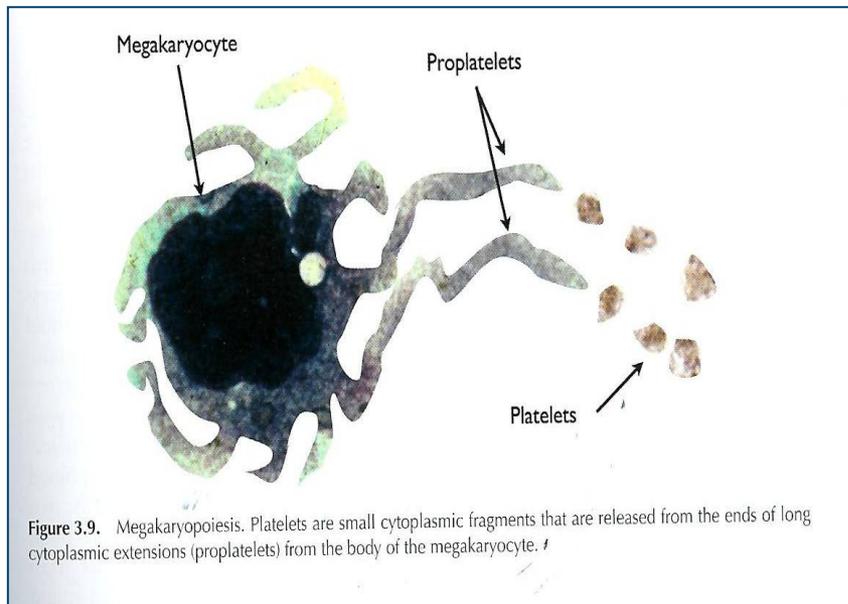
- Akuter Stress
- Infektionen in der Heilphase
- Chronische Infektionskrankheiten
- Kortisontherapie

Das Knochenmark- der unendliche Pool neuer Zellen



Quelle: Wikipedia

Abschnürung eines Thrombozyten von einem Megakaryozyten im Knochenmark



Quelle: Clinical Pathology for the veterinary team , Dial and Rosenfield; 2010

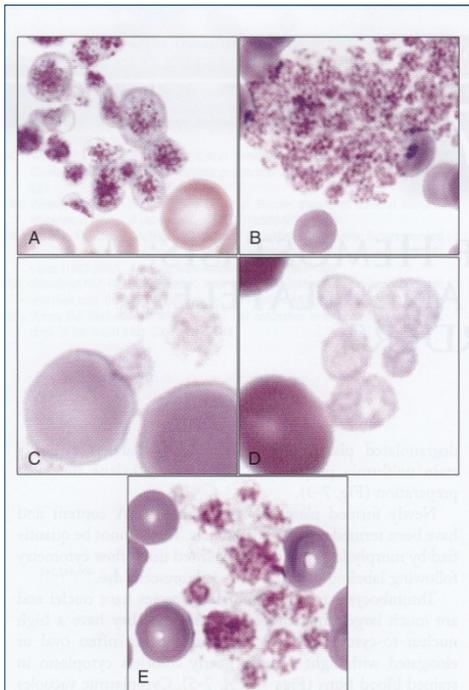
- Thrombozyten entstehen durch Abschnürung des Zytoplasmas von Megakaryozyten
- Sie werden dann in den Blutstrom entlassen



Thrombozytenentstehung

- Für die Megakaryopoese existiert kein Speicherpool, wie für die Myelopoese
- Es existiert ein Proliferations- und Reifungskompartiment
- Zahl der Thrombozyten im peripheren Blut hängt direkt von der Zahl der Megakaryozyten im Knochenmark ab

Eigenschaften der Thrombozyten



- Größe: 2-4 μm
- kernlos
- Lebensdauer 4-6 Tage
- Zirkulieren im Blutgefäßsystem am Rande des Blutstromes
- ✉ ohne Aggregation
- färben schlecht mit Giemsa, besser Diff Quick!!!!
- Aufgabe: Blutgerinnung

FIGURE 7-1

Normal platelet morphology in stained blood films from domestic animals. **A**, Aggregate of platelets in blood from a dog. Wright-Giemsa stain. **B**, Aggregate of platelets in blood from a cow. Wright-Giemsa stain. **C**, Three pale-staining platelets in blood from a horse. Wright-Giemsa stain. **D**, Five platelets in blood from a horse. Diff-Quik stain. **E**, Aggregate of platelets in blood from a cat demonstrating the presence of large platelets and the variation in platelet size that is characteristic of this species. Wright-Giemsa stain.

Thrombozytenanzahl im Blut

■ Thrombozytenzahl		
	Zellen/ μ l	G/l
Hund	150 000–500 000	150–500
Katze	180 000–550 000	180–550
Pferd	90 000–500 000	90–500
Rind	300 000–800 000	300–800
Schaf	280 000–650 000	280–650
Ziege	350 000–650 000	350–650
Schwein	220 000–620 000	220–620



Aufgaben der Thrombozyten

primäre Hämostase

- Vasokonstriktion
- Anhaftung der Thrombozyten am defekten Gefäßendothel
- Adhäsion
- Aggregation der Thrombozyten untereinander und Aktivierung nach dem Schneeballprinzip
- Aggregation
- rasche Bildung eines labilen Gefäßverschlusses
- es folgt eine Stabilisierung des Blutpfropfes durch die sekundäre Hämostase



Labordiagnostik

- Messung klinisch relevanter Substanzen im Blut (Serum, Plasma, Vollblut)
- Einteilung nach chemischen Eigenschaften
 - Proteine (Albumin, Enzyme...)
 - Ionen (Elektrolyte)
 - Kohlenhydrate
 - Lipide
- Klinische Interpretation
 - Zumeist an Organsystemen orientiert
 - Leberfunktion (AST, ALT...)
 - Nierenfunktion (Harnstoff, Kreatinin...)
 - Aber: Mögliche Überschneidungen und Wechselwirkungen!



Labordiagnostik

- Bewertung immer abhängig vom klinischen Bild

Wie stark weicht der Wert vom Referenzintervall ab?

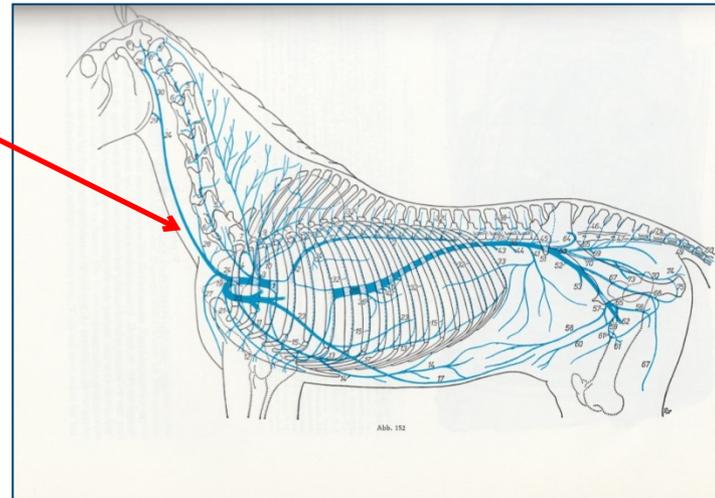
Was sagen die abweichenden Werte über das Krankheitsgeschehen aus?

Blutentnahme

Pferd: V.jugularis externa



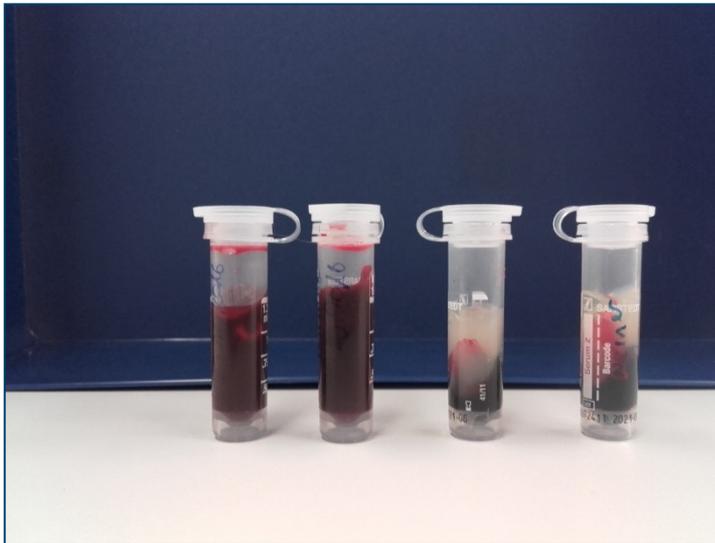
Quelle: Julia Schüttler



Quelle: Anatomie der Haustiere Band III, Auflage; 2. Auflage 1984

Hund: V. cephalica antebrachii

Präanalytik- Analytik





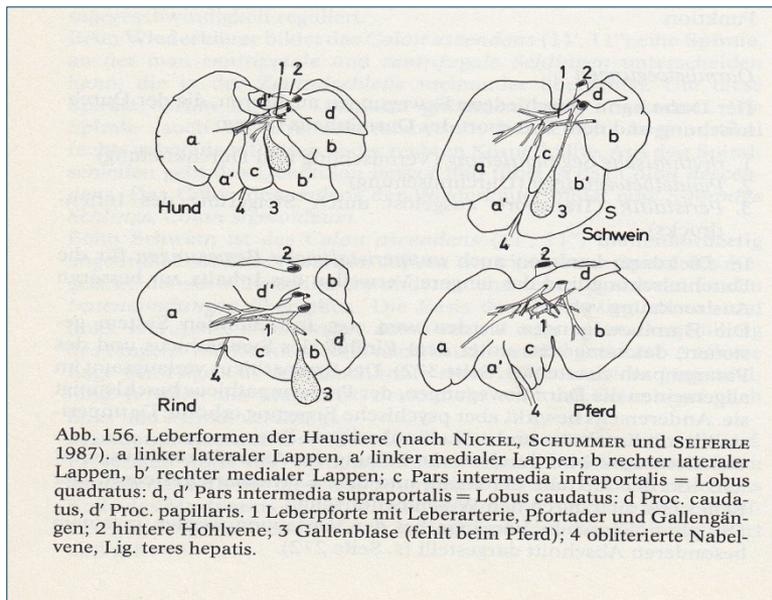
Blutserum und Blutplasma

- **Plasma**
- 90 % Wasser
- 6-8 % Proteine
- Salze
- Puffersubstanzen
- + Gerinnungsfaktoren

- **Serum**
- = Plasma ohne Gerinnungsfaktoren
- Gewinnung durch Zentrifugieren nach vollständiger Gerinnung

Die Leber als Stoffwechselorgan

- Zentrales Stoffwechselorgan
- Protein-, Fett- und Zuckerstoffwechsel
- Stoffwechselreaktionen unter Beteiligung von Enzymen

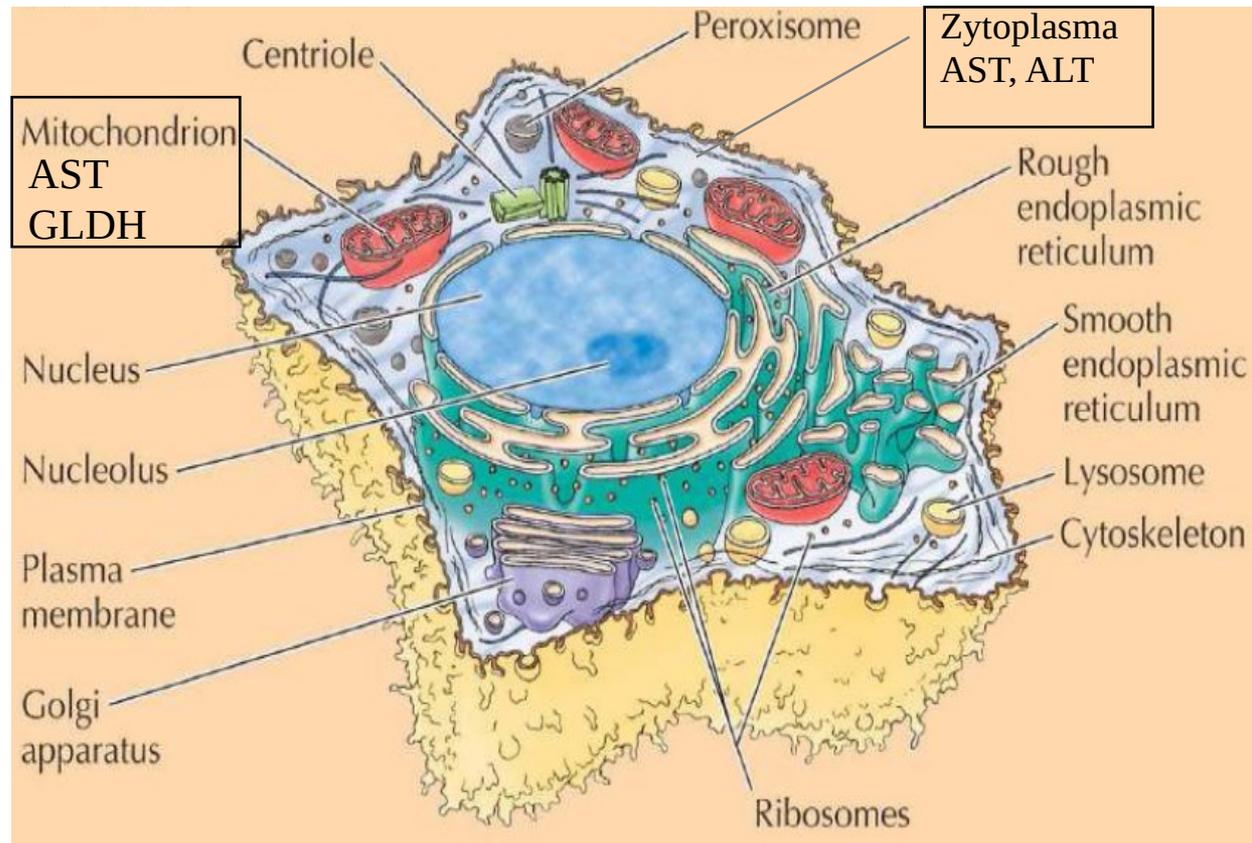


- „Entgiftung“
- Gallensäureproduktion

Quelle: Anatomie der Haustiere Band III, Auflage; 2. Auflage 1984

Zellintegrität

AST
GLDH





Leber – ALT (GPT)

- Alanin-Amino-Transferase
- Leberspezifisches Enzym
(Hund, Katze, Primaten, Pfd.+ Rd. keine Bedeutung)
- ALT ist **im Zytoplasma** vorhanden
 - Erhöhung im Serum bei Leberzellschädigung
 - Enzyminduktion (z.B. Medikamente)
- ALT **in**: Hepatitis chronisch, akut; Nekrose oder Degeneration der Leberzellen, Lebertumor, Leberabszess; Endokrinopathien wie D.M., M. Cushing, Hypo- und Hyperthyreose

Leber – AST (GOT)

- Aspartat-Amino-Transferase
- Vorkommen in Leber, Muskel, Herzmuskel, Niere, Gehirn, Erythrozyten
- AST ist **in Zytoplasma und Mitochondrien** vorhanden
 - Geringe Erhöhung des Serumspiegels bei Membranschädigung
 - Deutliche Erhöhung des Serumspiegels bei Zellnekrosen



Leber – AST (GOT)

- Pferd, Rind und Schwein  hohe AST Aktivität in den Hepatozyten  „klassischer Leberwert“
- Indikationen: Hd., Ktz., Rd., Pfd., Schw.:
 - Leberscreening
 - Vorkommen und Grad der Leberzellzerstörung
 - Verlaufskontrolle Hepatopathie
 - Myopathie
- **ASTin**: Hepatitis chronisch, akut; Nekrose oder Degeneration der Leberzellen, Lebertumor, Leberabszess; Myopathien unterschiedlicher Genese



Leber - GLDH

- Glutamat-Dehydrogenase
- Leberspezifisches Enzym
- Liegt in den Mitochondrien der Leberzellen vor
- Höchste Aktivität bei zentrolobulär gelegenen Hepatozyten
- Erhöhung bei Schäden im Zentrum der Leberläppchen (hier niedrigste Sauerstoffspannung)
 - Herzleistungsschwäche
 - Sauerstoffmangel

Leber - GLDH

- Indikation:
 - Vorkommen und Grad der Leberzellzerstörung
 - Verlaufskontrolle der Hepatopathie
- **GLDHin:** Hepatitis chronisch, akut; Nekrose oder Degeneration der Leberzellen, Lebertumor, Leberabszess; Hypoxie im zentrolobulären Bereich



Leber – Gamma- GT

- Gamma-Glutamyltransferase
- Membrangebundenes mikrosomales Enzym
- Kommt in Niere, Leber, Pankreas, Darm
- Cholestasemarker bei Pferd und Rind
- Lokalisation der Gamma-GT in Gallengangsepithelien und Hepatozyten

- Indikation
 - Hepatopathie-Cholestasemarker
- Gamma-GT**in**: intra- und extrahepatische Cholestase, akute und chronische Hepatitiden, Lebertumoren, Pankreatitis, Pankreastumoren



Leber - Albumin

- Synthese in der Leber
- Gleichgewicht von Abbau und Neusynthese angestrebt
- Beteiligt am Transport von Substanzen durch das Blut
- Aufrechterhaltung des kolloidosmotischen Drucks im Blut
- Klinisch bedeutend zumeist zu niedriges Albumin
 - Verluste bei Nierenversagen (Glomerulonephropathie- selten Pfd.), Darmerkrankungen...
 - Eingeschränkte Neubildung in der Leber
 - Ergüsse wie Peritonitis, Pleuritis beim Pferd selten!
- Albumin**in**: Dehydratation



Leber - Gallensäuren

- Gallensäuren
 - Synthese erfolgt in Hepatozyten aus Cholesterin
 - Sekretion mit Gallenflüssigkeit
- „Enterohepatischer Kreislauf“
 - Teilweise Rückresorption über das Ileum
- Veränderte Serumspiegel durch...
 - Normal: Fettreiche Nahrung (Anstieg nach 2-4 Stunden)
 - Krankhaft: Gallenstauung (intra- oder posthepatisch)



Lebererkrankungen, Symptome

- depressives Verhalten
- Koma
- gelbe Schleimhäute
- Koliken
- Blutgerinnungsstörungen
- Hautprobleme



Ursachen

- degenerative Leberveränderungen
 - Schimmelpilze
 - Schwermetalle (Blei)
 - Pflanzenschutzmittel
 - Formaldehyd (Sägespäne)
- Leberentzündungen
 - Bakterien
 - Leberegel



Leber - Bilirubin

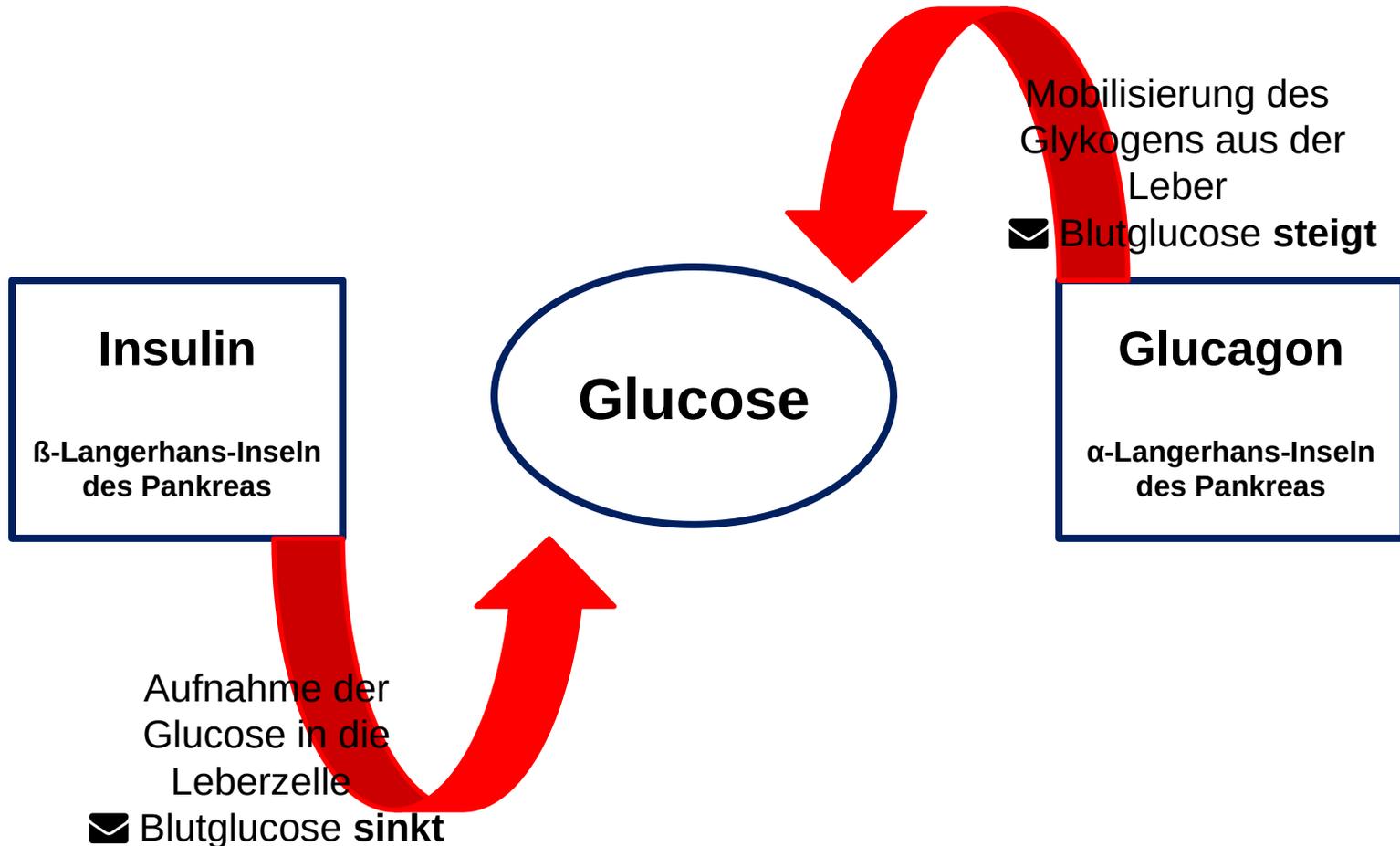
- Entstehung durch Abbau der Erythrozyten
 - > 80 % Abbau von Hämoglobin
 - Bis zu 20 % Abbau von Myoglobin
- Bindung an Glucuronsäure ➡ Wasserlöslichkeit
- Klinisches Symptom: Ikterus (= Gelbfärbung)
 - Entstehung prä-, intra- oder posthepatisch



Leber - Cholesterin

- Chemisch gesehen ein Steroid
 - Grundbaustein für Steroidhormone und Gallensäuren
- Synthese im Organismus oder Aufnahme mit der Nahrung
- Klinisch relevant zumeist Abnahme des Serumspiegels
 - Lebererkrankungen: Veresterung gestört, Synthese sinkt
- Krankheitsbedingte Erhöhung des Serum-Cholesterins
 - Schilddrüse: Hypothyreose senkt Stoffwechselaktivität
 - Morbus Cushing/Cortisontherapie

Leber – Glucosestoffwechsel





Leber – Glucose I

- Sicherste Ergebnisse bei Blutentnahme am nüchternen Tier
- Höhere Werte durch Nahrungsaufnahme, Stress (v.a. Katze)
- Referenzbereiche:
 - Hund/Katze 55-120(125) mg/dl
 - Mensch 80-120 mg/dl
 - Pferd 50-90 mg/dl
 - Rind 40-60 mg/dl
- Serum/Plasma besser geeignet als Vollblut
 - Erythrozyten: Energiegewinnung über Glykolyse
daher Natrium Citrat Röhrchen!

Leber – Glucose II

Hyperglykämie

- Diabetes mellitus
- Morbus Cushing (auch Cortisongabe)
- Hyperthyreose

Hypoglykämie

- Hyperinsulinismus (z.B. Insulinom)
- Lebererkrankungen (Leberzirrhose etc.)
- Morbus Addison
- Hypothyreose



Alkalische Phosphatase

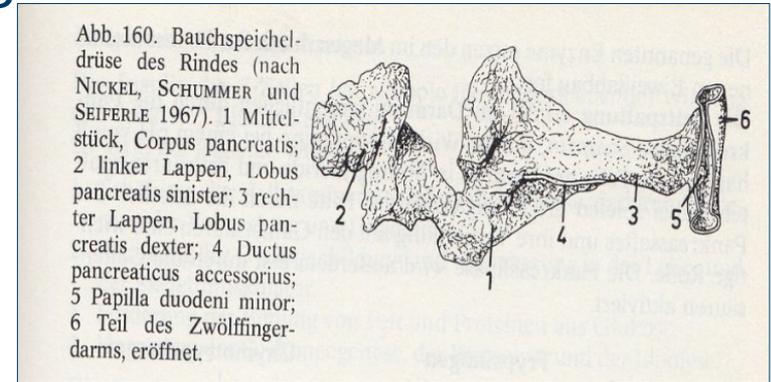
- Liegt in fast allen Geweben vor (Leber, Galle, Knochen, Darm)
- Unterschiedliche Aktivität nachweisbar
- Osteoblasten enthalten viel AP

- Mehrere verschiedene Enzyme vorhanden
 - In der Leber Aktivierung von AP-Synthese durch Kortikosteroide
 - Hitzestabile AP (induziert durch Cortison: Denaturiert bei 65°C)

- Klinische Bedeutung:
 - Anstieg der AP bei Cholestase und Tumoren möglich, Pferd: Darmschäden-Entzündungen, Parasiten)
 - Aber: Durch Skelettwachstum bei Jungtieren Werte erhöht!

Pankreas - α -Amylase und Lipase

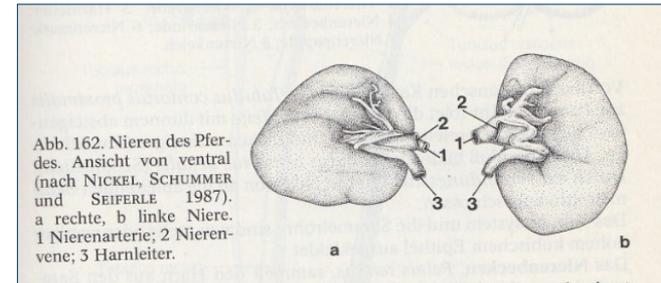
- Pankreasenzyme, Sekretion durch Pankreasanteil
- Lipase
 - Beteiligt an Fettverdauung im Dünndarm
 - Erhöhte Serumwerte bei Pankreatitis/Pankreasnekrose möglich (Pfd. Selten)
 - Aussagekräftig erst ab dreifacher Erhöhung!
- α -Amylase
 - Beteiligt an Kohlenhydratverdauung im Dünndarm
 - Wird auch in Speicheldrüsen und Leber gebildet
 - Serumspiegel nur in Verbindung mit Lipase beurteilbar!



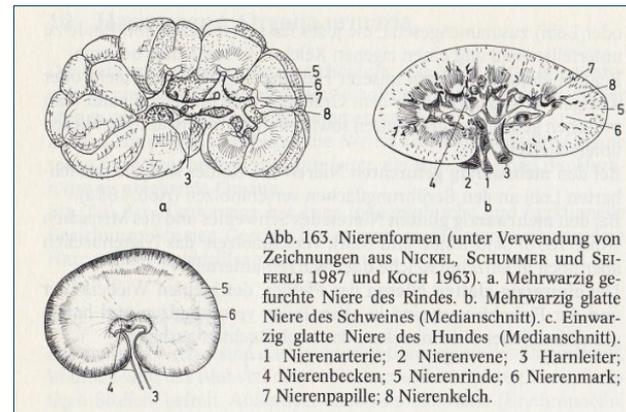
Quelle: Anatomie der Haustiere Band III, Auflage; 2. Auflage 1984

Niere - Nierenfunktion

- Ausscheidung bestimmter Stoffwechselendprodukte
- Harnstoff (in Leber synthetisiert) wird über Nieren ausgeschieden
- „Unselektive“ Filtration:
 - „Alles, was durchpasst, wird durch den Filter gedrückt“
 - Anschließend Rückresorption nach Stoffwechsellage (Elektrolyte...)
- Harnstoff und Kreatinin als „Marker“ für Nierenfunktion



Quelle: Anatomie der Haustiere Band III, Auflage; 2. Auflage 1984



Quelle: Anatomie der Haustiere Band III, Auflage; 2. Auflage 1984



Niere - Harnstoff

- Bei eingeschränkter Funktion der harnbereitenden und – ableitenden Wege sind erhöhte Harnstoffwerte zu erwarten!
- Serum-Harnstoff ist nahrungsabhängig
 - Menge der Nahrung
 - Zusammensetzung der Nahrung (Protein↑)
- Synthese aus Ammoniak in der Leber
 - Grundbaustein NH_3 aus Proteinabbau
 - Erhöhung durch **vermehrte Zufuhr** oder **gestörte Ausscheidung**
 - „Portosystemischer Shunt“: Übertritt von NH_3 in großen Kreislauf



Niere - Kreatinin

- Endprodukt des endogenen Muskelstoffwechsels
 - Serumkonzentration steht in Beziehung zur Muskelmasse
- Nicht nahrungsabhängig!
- Nicht vom Proteinstoffwechsel beeinflusst!
- Vollständige glomeruläre Filtration
 - ✉ ermöglicht zuverlässige Aussage über Nierenfunktion



Einschub Niereninsuffizienz

- **Prärenale** ~
 - Dehydratation, Schock
 - Herzinsuffizienz
 - Hypoalbuminämie (✉ relativer Volumenmangel)
- **Renale** ~
 - Nephropathien
 - Schäden am Glomerulum (✉ mechanischer Funktionsverlust)
- **Postrenale** ~
 - Verlegung der harnableitenden Wege (Harnleiter, Harnblase...)



Gesamteiweiß (GE) und Globuline

- Fast alle Plasma-Proteine stammen aus der Leber
- Ausnahme: Immunglobuline
- Bestimmung erfolgt in der Klinik bei...
 - De- oder Hyperhydratation
 - Durchfall, Erbrechen
 - Niereninsuffizienz
 - Lebererkrankungen
 - In Zusammenhang mit Interpretation des Hämatokrit-Wertes



Gesamteiweiß (GE) II

- Erniedrigt bei:
 - Verminderter Synthese/Aufnahme
 - Mangelernährung
 - Lebererkrankungen
 - Pankreasinsuffizienz
 - Proteinverluste über Niere (Nephropathie) und Darm (Enteropathie)
 - Tumore
- Erhöht bei:
 - Chronische Infektionskrankheiten
 - Chronische Entzündungsprozesse
 - Überschießende Immunreaktion; Hypergammaglobulinämie



Bedeutung der Globuline

- **Physiologisch**
- Produktion durch Zellen des Immunsystems
- Spezifische Abwehrreaktionen gegen Antigene

- **Pathologisch**
- Erniedrigt: Fehlende oder fortgeschrittene Immunreaktion
 - Immunschwäche
 - Verbrauch von Globulinen im Rahmen der Immunantwort
- Erhöht:
 - Allergien (gegen körperfremdes Antigen)
 - Autoimmunerkrankungen (gegen körpereigenes Antigen)
 - Überproduktion durch Plasmazellen Multiples Myelom (Tumor)

Kreatinkinase (CK)

- Muskel-, Herz- und Gehirn-CK
- Gehirn-CK tritt nicht ins Blut über
➔ CK muskelspezifisch
- Klinische Bedeutung:
 - Erhöhung der CK bei Schädigungen der Muskulatur
 - Katze: Oft stressbedingt (z.B. Blutentnahme erst nach Röntgen)
 - Belastungsmypathien (Schweineschlachtung)
 - Muskelschädigung (Rhabdomyolyse)
 - Mangelerkrankungen (Vitamin-E- oder Selenmangel)
 - Kreislaufschock; Zelledegeneration durch Sauerstoffmangel
 - Festliegen der Kühe

Elektrolythaushalt

- Elektrolyte = in Wasser gelöste Salze
- Anionen mit negativer, Kationen mit positiver Teilladung
- Nur Elektrolytgehalt **im Plasma/Serum** messbar

Intrazellularraum (IZR)	Extrazellularraum (EZR) Interstitialflüssigkeit+Plasmawasser
Anteil am Gesamtkörperwasser: 2/3	Anteil am Gesamtkörperwasser: 1/3
v.a. Kalium, Phosphat, Magnesium	v.a. Natrium, Chlorid

**Osmotisches
Gleichgewicht
IZR - EZR**



Elektrolyte - Natrium

- Wichtig für osmotischen Druck (= Osmolalität) in EZR
- Bei erhöhtem Natrium im Blut wird Wasser aus den Zellen gezogen
- Mangel genauso schlecht wie Überschuss
 - Hauptaufnahme als NaCl (=Kochsalz) über Nahrung



Elektrolyte - Kalium

- Resorption im oberen Dünndarm
- Regulation des Kaliumgehaltes in der EZR durch die Niere
 - z.B. Natriummangel  erhöhte Kaliumausscheidung
- Insulin:
 - Kalium aus EZR in IZR
 - Therapeutisch nutzbar bei Hyperkaliämie



Elektrolyte - Chlorid

- Wichtigstes Anion in EZR
- Resorption im Ileum
- Hoher Chloridgehalt in Zellen der Magenwand: HCl-Bildung
- Abweichungen des Chlorid-Gehalts zumeist durch...
 - Flüssigkeitsverlust (Niere, Darm)

Elektrolyte - Calcium

- Messung des Gesamt-Calciums
 - 55% ionisiert **Biologisch wirksames Calcium**
 - 40% an Protein gebunden
 - 5% an organische Säuren gebunden
- Nebenschilddrüse stark an Regulation beteiligt
- Zu viel Vitamin-D  erhöhte Ca-Mobilisierung
- Maligne Tumoren: Anstieg des Calciumgehaltes möglich



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

