Anatomie und Physiologie des Pferdes

Lagebegriffe:

kranial -->	Kopf	--> = *„in Richtung ... weisend“*
kaudal -->	After	
dorsal -->	oben (Rücken)	
ventral -->	unten (Bauch)	
lateral -->	Rückgrat	
medial -->	nach außen	

<u>am Kopf:</u>

rostral -->	zur Nase
dorsal -->	zum Rücken, nach oben

proximal -->	nach oben
distal -->	nach unten

Der Schwerpunkt des Pferdes befindet sich in etwa auf Höhe des Zwerchfells.

Anatomie des Muskels

1. <u>glatte Muskulatur</u>
   kleine spindelförmige Zellen, Zellkern in der Mitte der Zelle
   -> Verdauungsorgane, Lunge, Geschlechtsorgane, Haut, Gefäßwände, Pupille, Afteröffnung, Harnröhre
   Besonderheit: kein durchgängiges Sarkolemm (Zellmembran), nur teilweise; pinselartige Ausstülpungen (Nexen)
   Enervation: vom vegetativen Nervensystem über das Rückenmark, eine Nervenbahn für mehrere Muskelzellen (-> Nexen!!)
2. <u>quergestreifte Muskulatur</u>
   sehr große Zellen, mehre randständige Zellkerne, komplettes Sarkolemm
   A-Streifen: anisoton -> dunkel
   I-Streifen: isoton -> hell
   Zelle kann elektrische Ströme nicht weiterleiten, jede einzelne Zelle muss enerviert werden -> motorische Endplatte. Enervation ist motorisch und somit zentral gesteuert. Im Sarkoplasma ist das Myoglobin, der Farbstoff, der den Muskel rot färbt. Im Gegensatz sieht glatte Muskulatur weiß aus. Die Mitochondrien in der Muskulatur sind die Sarkosomen, sie haben die gleiche Funktion. Muskelzellen bilden Muskelbündel. Sarkolemm -> Sarkomysium, Perimysium = Zusammenfassung mehrerer Muskelzellen, Epimysium = Muskelbündel mit Bindegewebsumhüllung um den Muskel.
   Sehnen gibt es nur bei quergestreifter Muskulatur: 1 Ursprungssehne und 1 Ansatzsehne.
   Muskelformen: bauchig, einköpfig, zweiköpfig, einfach gefiedert, mehrfach gefiedert, breiter Muskel mit Sehneneinlagerungen
3. <u>Herzmuskulatur</u>
   verzweigte Zellen, enthalten 1-2 im Zentrum gelegene Zellkerne, komplettes Sarkolemm, unter dem Mikroskop sogenannte „Glanzstreifen“, enthält sehr viel Myoglobin, das Sarkolemm leitet den Nervenimpuls weiter.

Vegetatives Nervensystem:
N. sympaticus
N. parasympaticus

Schleimbeutel
Schleimbeutel befinden sich an den Stellen, wo eine Sehne über einen Knochen zieht (Bsp. Stollbeule am Ellenbogen). Sie sind von zwei Membranen umgeben: Membrana fibrosa und Membrana synovialis. Der Schleimbeutel um die Sehne wird Sehnenscheide genannt. Die Flüssigkeit im Schleimbeutel ist die Synovia.

Bindegewebe
Straffes Bindegewebe stellen die Fascien dar. Alle Muskeln werden von Bindegewebe (= Fascien) umgeben. Es gibt die oberflächliche und die tiefe äußere Rumpffascie (Bsp. Hautzucken gegen Fliegen bei Erregung der oberflächlichen Rumpffascie). Die tiefe Rumpffascie drückt die Muskulatur an das Skelett (das tiefe Blatt), überzieht den gesamten Körper. Innere Rumpffascie im Rumpf.

Sesambeine
Hilfseinrichtungen an Gelenken. Das größte Sesambein ist die Kniescheibe. Sesambeine sind knöcherne Gebilde, in Sehne eingelagert. An den Fesselgelenken: Gleichbeine. Das Strahlbein ist auch ein Sesambein. Sesambeine verhindern, dass Sehnen den Gelenksack beschädigen.

Drosselvene
-> Drosselrinne. Vena jugularis externa. Dort findet in den häufigsten Fällen die Blutabnahme statt. Pulskontrolle an der Halsschlagader ca. 1 Handbreit über Buggelenk.

Physiologie des Muskels
siehe: v. Engelhardt, Breves: Physiologie der Haustiere, Enke Verlag.

Die Muskulatur ist das größte Organsystem des Säugetiers und hat einen Anteil von ca. 42 % am Körpergewicht, davon sind ca. 1 kg glatte und 0,3 kg Herzmuskulatur. Der Energieverbrauch der Muskulatur in Ruhe beträgt ca. 25 %, dasgleiche gilt für den Sauerstoff-Verbrauch -> Stützmotorik, Zielmotorik, Wärme, Atmung, Kreislauf.

Feinbau des Muskels
Muskel > Faserbündel > Muskelfaser > Myofibrillen > Sarkomere > Aktin und Myosin

An den Z-Scheiben sitzen die Actinfilamente fest, dazwischen liegen die Myosinfilamente. Von Z zu Z = Sarkomer. Myosinfilament mit Myosinköpfchen, dick, ca. 1000 pro Sarkomer. Actin: dünn, ca. 2000 pro Sarkomer, 2-Ketten des globulären G-Actin bilden eine „Perlenkette“, plus regulatorische Proteine. Der Myosinkopf hat Bindungsstelle für Actin. Der Troponinkomplex braucht zur Aktivierung Calcium ($Ca\ 2^{+}$) -> aktiviert Actin, Myosinköpfchen können andocken. Rekrutierung: Es werden ... Muskeleinheiten aktiviert -> Steuerung der Muskelkraft. Muskelzellen müssen erregt werden, um zu reagieren, auch hier baut sich ein Aktionspotenzial auf, verläuft über das Transverselle System ins Innere.

Ca 2+ ist im L-System konzentriert -> Ca-Speicher
elektrisches Signal -> chemisches Signal -> motorische Antwort -> motorische Endplatte -> Transmitter ACTH -> Muskelfaser

Querbrückenzyklus „Gleiten“
Muskelspindeln: sensorische Elemente, messen die Muskellänge, Erfassung Veränderung, haben Verbindung zum Rückenmark
Muskelenergetik => ATP: Ionenpumpen, „Weichmacherwirkung“, Glykogen, 33 % mechanische Energie; Rest: Wärme

Muskelfasertypen

Typ I s = slow; rot, viele Mitochondrien, geringe anaerobe Kapazität, geringe Kraft, hohe Ausdauer, leicht erregbar

Typ II a f = fast; resistant to fague, mittelgroße Innervation, intermediär

Typ II b fast, fatigable, „weiß“, anaerob, wenig Mitochondrien, schnelle Ermüdung, hohe Kraftentwicklung

ATP-Quellen: ATP, Kreatinphosphat, anaerobe Glykolyse, oxidativer Stoffwechsel

Muskelermüdung bei langandauernder, schwerer Arbeit
Zusätzlich Leistungslimitierend: HMV, Blutvolumen, Hb-Konzentration, Elektrolyte
Folgen: periphere Ermüdung, Ermüdung an der motorischen Endplatte, zentrale Ermüdung, Transmitter-Verarmung, Abnahme Endplattenpotenzial, Motivationsverlust

periphere Ermüdung
Pi hoch, Kraftabnahme in den Myofilamente, saurer pH, Ca 2^+ niedrig, CrP niedrig, ganz am Ende auch ATP niedrig -> Muskelkrämpfe, erhöhte Temperatur

Muskelkater
durch hohe Kraftbelastung -> Risse in den Z-Scheiben, Microtraumen -> Kraftverlust; Eiweissabbau, Ca-Verlust, Histamin, Prostaglandin-Ansammlung -> Lokale Ödeme, Schwellung, Schmerz => Schlechte Durchblutung, Schmerzverstärkung => reflektorische Verspannung => schlechte Durchblutung, Schmerzverstärkung => ...

Physiologie des Knochens

99 % des gesamten Ca 2^+ ist im Knochen gespeichert.

Funktionen des Knochen:
Stützfunktion, Schutzfunktion, Speicherorgan, Knochenmark

Knochenbestandteile

stratum corticale (80%)	Rinde, außen
stratum spongiosum (20%) der	Knochenmark, innen, weiß und rot (wichtig für die Bildung Blutzellen aus Stammzellen

BSU = bone structural units (typische Strukturelemente)

corticalis	Osteone (mit Gefäßkanal und Kittlinie), rund
spongiosa	Hemiosteone (flache Struktur, feines Netz bildend, K nochentrabekel, abgegrenzt durch Kittlinie)
BSU	entstehen durch Knochen Remodellierung

Zusammensetzung Knochen

Frische Kochen

8 % Wasser — 92 % Trockensubstanz

65 % Hydoxylapatit [Ca10(PO4)6(OH)2] — 35 % organische Matrix

90 % Kollagen (Typ I) — 10 % Nicht-Kollagen

(75 % Syntheseproduziert von Osteoblasten, 25 % Plasmaproteine)

Zellen des Knochens

Osteoklasten abbauend, ryffled border -> Bürstensaum, groß (ca. 100 mym), vielkernig, lysosomale Enzyme, Carboanhydrase II, Abstammung von hämatopoetischen Zellsystem

Osteoblasten aufbauend, ausgeprägte Proteinsynthese, einkernig, asymetrisch, Abstammung von System der Stromazellen des Knochenmarks

Osteocyten

= Knochenzellen. Liegen zwischen den Lamellen in kleinen Knochenhöhlchen. Durch zahlreiche feinste Fortsätze stehen sie miteinander in Verbindung. Die inneren Zellen stehen mit den Gefäßen des Haversschen Kanals in Verbindung. Wichtigstes Mineral der Interzellularsubstanz ist der Hydroxylapatit, der in Kristallform eingelagert ist. Das Skelettsystem ist Mineralstoff-Reservoir. Einlagerung von Mineralien in die Interzellularsubstanz wird als Mineralisation bezeichnet. Die Kristalle haben Nadelform.

Knochenbelegzellen

„lining cells", aus Osteoblasten weiter differenziert -> Osteocyten: von Knochen umgeben
-> lining cells: auf Knochenoberfläche
knochenerhaltend, Osteocyten-Knochenbelegzellen-Komplex: wichtig für die Ca-Homöostase, Adaption an mechanische Stimuli. Belastung wirkt positiv auf den Knochenerhalt und -aufbau.

Osteon

Zentral der Havers´sche Kanal mit einem Blutgefäß. Um diesen sind verschiedene Speziallamellen mit unterschiedlichem Verlauf der kollagenen Fasern in der Grundsubstanz. Man unterscheidet flache von steiler gewickelten Lamellen. Die flach gewickelten Lamellen sind auf Druck, die steil gewickelten auf Zug belastbar. Infolge der Kombination der beiden Lamellentypen in einem System wird dieses für die verschiedensten Beanspruchungen widerstandsfähig.

Volkmannscher Kanal

Horizontal verlaufende Gefäßkanäle. So wie Haverscher Kanal.

Kompakta = Corticalis

„Rinde" des Knochens, befindet sich unter dem Periost (= Knochenhaut). Diese besteht aus den Knochenzellen und der von diesen gebildeten, lamellenförmig angeordneten Interzellularsubstanz. Außen und innen liegen die sogenannten Generallamellen. Um die Blutgefäße sind die Speziallamellen oder Havers´schen Lamellen gelegen, die durch die Schaltlamellen verbunden werden. Die parallel zur Knochenoberfläche verlaufenden Blutgefäßkanäle der Knochen werden als Haverssche Kanäle bezeichnet.

Knochenumbau

- **Remodeling:** kontinuierlich, lebenslang; Aktivierung -> Resorption -> Formation
- **Modeling:** Formveränderung des Knochens an einer bestimmten Stelle -> Wachstum

Regulation des Knochenumbaus

lokale Regulation durch Cytokine, Prostaglandine und Wachstumsfaktoren.
systemische Regulation durch Parathormon, Calcitriol, Calcitonin, Östrogen und Glucocorticoide. Parathormon und Calcitriol stimulieren Knochen-Resorption. Calcitriol auch Differenzierung von Osteoblasten und Osteoclasten. Calcitonin hemmt Knochen-Resorption (auch Östrogen).

Endokrine Regulation

Nebenschilddrüse mit Calcium sensiblen Rezeptoren — **Parathormon (PTH)**
Schilddrüse — **Calcitonin**
Niere -> Exkretion und Resorption von Calcium
-> Aktivierung von Vitamin D Hormon — **Calcitriol, Calcidiol**
Dünndarm:aktive Calcium-Resorption
Knochen: Calcium-Speicher

Calcium-Homöostase Besonderheiten Pferd

- sehr niedrige Calcidiol- und Calcitriolkonzentrationen im Blutplasma
- trotzdem sind Rachitis und Osteomalazie beim Pferd eher selten
- Rolle des Vitamin D-Hormonsystems für die Calcium-Homöostase beim Pferd muss noch definiert werden

Pathophysiologische Aspekte

-> Osteoporose, Vitamin D-Mangel, Calcium-Mangel, Hyperparathyreodismus, Osteitis [Knochenentzündung, Immobilisation (Knochenmassenverlust)].

Platte Knochen

Bsp.: Schulterblatt, Becken, Rippen
Spongiosa Knochengebälk -> ist mit Knochenmark gefüllt.
Corticalis Wand

Runde Röhrenknochen

Bsp.: Zehe, Röhrbeine
Aufbau äußere und innere Generallamelle, dazwischen Speziallamelle, mit Havers`schen Gefäßen und Volkmann Gefäße in Osteocyt
Struktur Osteon
Schaltlamelle Füllsubstanz
Mitte der Röhrenknochen: Diaphyse
bei Jungtieren: rotes Knochenmark (in der Mitte des Knochens)
adulte Tiere: gelbes Knochenmark

Spongiosa

An beiden Enden der Röhrenknochen befindet sich geflechtartiger Knochen, die bei kleinen und platten Knochen den gesamten Innenraum einnimmt. Die Hohlräume der Spongiosa sind mit rotem Knochenmark ausgefüllt, das im Gegensatz zu dem in der Markhöhle die Fähigkeit zur Blutbildung behält. Die Spongiosa kann Bälkchen- oder Plättchenstruktur haben. Die Bälkchen oder Plättchen sind nach dem Verlauf der Druck und Zuglinien ausgerichtet. Sie gewährleisten maximale Belastbarkeit bei minimalem Materialaufwand und geringem Gewicht.

Knochenmark

Das Knochenmark besteht aus retikulärem Gewebe, in das Stammzellen für die roten und weißen Blutkörperchen und die von ihnen gebildeten Tochterzellen eingelagert sind.
Rotes Knochenmark: stark durchblutet.
Gelbes Knochenmark: Fettmark.

Periost = Knochenhaut

stratum fibrosum
stratum cambium

- von Gefäßen durchzogen
- mit Nervenzellen

pneumatische Knochen
Bsp.: Stirnhöhlen, Nasennebenhöhlen, Oberkiefer, Schädel = belüftete Knochen

Wie wird Größenwachstum beeinflusst?
Genetik, Bewegung, Fütterung

Zur Altersbestimmung bei jüngeren Pferden werden die Epiphysenfugen verwendet, weil zwischen 1 ½ und 3 ½ ist die sichere Altersbestimmung per Zahnaltersbestimmung nicht möglich ist.

Gelenke
Unechte Gelenke haben keinen Gelenkspalt
echte Gelenke haben einen Gelenkspalt

unechte Gelenke: Verbindung Schulterblatt mit Brustkorb durch Muskel (M. Seratis ventralis) = Sägemuskel (großer Rumpfträger)

echte Gelenke
- Knochenenden mit hyalinen Knorpel
- Gelenkkapsel
- Gelenkbänder
- Bsp. Schiebegelenke, Walzengelenk, Scharniergelenk, Schraubengelenk, Schlittengelenk, Zapfen-Radgelenk, Sattelgelenk, Kugelgelenk, Ellipsoidgelenk

Das Pferd kann keine Rotationsbewegungen an Hüfte und Schulter durchführen, weil die Innen- und Außenbänder zu stark sind.

Schultergliedmaßen
- Scapula: **Schulterblatt** mit Rabenschnabel Fortsatz und Schulterblattgräte
  Schlüsselbein fehlt komplett
- **Buggelenk**: Schultergelenk (echtes Gelenk) Kugel
  Gelenkpfanne vom Schulterblatt
- **Oberarmknochen** – Humerus
- **Ellbogengelenk** (zusammengesetztes Gelenk)
  Walze mit Führungsrinne und Führungskamm (modifiziertes Walzengelenk)
  Scharniergelenk, reines Wechselgelenk
- **Elle und Speiche** zusammen, Elle ist wenig ausgeprägt
- **Vorderfußwurzelgelenk** oder Carpalgelenk mit Erbsenbein (Os accessorium)
  Walzengelenk, unterstes ist ein straffes Gelenk, 1. und 2. mit Gelenkspalt, 3. Gelenkspalt (straff)

Mittelhand
- Mittelhandknochen: **Röhrbein mit Griffelbeinen**
- **Fesselgelenk** (Scharniergelenk) mit **Gleichbeinen** (Sesambein)

Zehe
- **Fesselbein**
- **Kronbein** mit **Krongelenk** (Sattelgelenk)
- **Hufbein** mit **Hufgelenk** (Sattelgelenk)
- **Strahlbein** auf Hufgelenk, Teil der Hufrolle

Becken

Darmbein und Darmbeinschaufeln **Os ilium**
Sitzbein (kaudal) und Sitzbeinhöcker **Os ischii**
Schambein (Schambeinkamm = scharfe Kante -> kann Geburtshindernis sein) **Os pubis**

- Beckengliedmaßen sind über dem Beckengürtel mit der Wirbelsäule verbunden
- **Beckenboden = Symphyse** (dort fügen sich die beiden Knochen des Beckengürtels zusammen)
- **Symphyse** besteht aus Faserknorpel und verkürzt sich mit der Zeit
- **Beckengürtel** = **Kreuzbein**, **Beckenknochen** und **Symphyse**
- Östrogen führt zur Aufweichung der Gelenke -> das Becken weicht bei der Geburt auseinander

Das Becken des Pferdes mit seinem geraden Beckenboden sowie den niedrigen Pfannenkämmen und Sitzbeinhöckern ist für den Ablauf der Geburt günstig => Hüftgelenkspfanne aus allen drei vereint. Kreuzdarmbeingelenk: straffes Gelenk ohne Beweglichkeit, aber mit geringer Nachgiebigkeit.

Beckengliedmaße

- Verbindung von Becken und Beckengliedmaße ist das **Hüftgelenk** (**Kugelgelenk**, aber fast nur Wechselbewegung)
- **Oberschenkelknochen = Femur**
  Außenseite: großer Umdreher
  medial: kleiner Umdreher
  dritter Umdreher
  Der Oberschenkelknochen ist der mächtigste Knochen des Körpers.
- **Kniegelenk** (**Walzengelenk**)
- **Kniescheibengelenk** (**Schlittengelenk**) kranial
- **Kniescheibe = Patella**
- **Schienbein = Tibia**; hat plane Gelenkfläche und passt so nicht zum Femur, darum sind zwischen Femur und Tibia zwei Menisken und zwischen den Menisken zwei **Kreuzbänder** (verhindern das zu weite entfernen von Tibia und Femur
  unten: Gelenkfläche der Tibia zum Rollbein
- **Meniskus**: faserknorpelige Scheiben (wie Mandarinen) als Gelenkpuffer
- **Kreuzbandriss:** kann beim Pferd <u>nicht</u> operiert werden, weil es zu stark/ dick ist und kein Sehneneigenmaterial zur Verfügung steht
- **Wadenbein = Fibula**; kurz stäbchenförmig;
- **Tarsalgelenk** setzt sich zusammen aus:
  Rollbein (Schraubengelenk) kranial
  Fersenbein (kaudal, Zehenspitzengänger) Os tarsi centrale
  4 Tarsalknochen Os tarsale primum bis quartum T1 bis T4
  Beim Pferd sind T1 und T2 verschmolzen – 6 Knochen
- **Röhrbein** mit zwei **Griffelbeinen** Os metatarsale tertium und Os metatarsale quartum
- **Fesselgelenk** *s. Vordergliedmaße*

Sondereinrichtungen des Bewegungsapparates

Fesseltrageapparat

- Gleichbeine werden durch musculus interossesus = Fesselträger fixiert
- Zwischen den Gleichbeinen ist ein Band das dafür sorgt, dass Gleichbeine nicht auseinander gedrückt werden = Zwischengleichband
- gerades Sesambeinband (= gerades Gleichbeinband) zieht an das Kronbein

Heilige Dreifaltigkeit des Pferdefußes

1. Fesseltrageapparat
2. Zehenbinde
3. Hufrolle

Zehenbinde

- tiefer Teil der äußeren Rumpffascie = Fascia pedis; wie Strumpf über alles, drückt gegen den Knochen (darüber dann Haut und Knochen)
- Fesselringband = Fascienverstärkung im Bereich der Gleichbeine, Beugesehenen werden in Rinne der Gleichbeine gedrückt, damit Sehnen beim Umknicken nicht rausspringen können
- Im Bereich der Fesselbeuge = Vielze-Fesselplatte (Fascienverstärkung); Beugesehne wird an Fesselbein gebunden
- Sohlenbinde (im Bereich Strahlbein) drückt tiefe Beugesehne auf Strahlbein
- Fascienverstärkungen!

Hufrolle

a) tiefe Beugesehne
b) Hufrollenschleimbeutel
   c) Strahlbein
   ci) Hufbein

- Hufrollenerkrankung durch Loch im Strahlbein, bis Strahlbein auseinander bricht -> sofort absteigen!! Hohe Warscheinlichkeit das die tiefe Beugesehne reißt! => schlachten!!
- Hufrollenschleimbeutel: ist schiffchenförmig über dem Strahlbein und zwischen Strahlbein und tiefe Beugesehne

Verhakung der Kniescheibe

Kniescheibengelenk (patella)

Schildern = Ruhestellung der hinteren Gliedmaßen. Ausruhen der langen Sitzbeinmuskulatur. Kann nur das Pferd! Am Kniescheibengelenk sind **drei** gerade **Kniescheibenbänder** (beim Menschen nur eins). Gleitbahn, in der Patella rauf und runter fahren kann. Beim Beugen wird die Kniescheibe nach unten gezogen, durch Strecksehne des Kniegelenks.
Patellarmechanismus: arretieren des Knies, keine Bewegung mehr möglich = **Ausrenkung der Kniescheibe**. Pferd kann Patellarmechanismus willentlich wieder normal machen. Funktioniert das nicht, Pferd einige Schritte rückwärts gehen lassen. Ab einem Alter von vier Jahren sollte der Tierarzt eines der Kniebänder trennen (das Innere). Nicht mehr selber zurückgehenlassen. Ist das mediale Band durchtrennt, kann das Pferd nicht mehr in Ruhestellung stehen (auf diesem Bein).

Schildern hat zwei Aufgaben:
a) Arretieren des Kniegelenks
b) **Spannsägenkonstruktion**: An Tibia vorn und hinten eine Sehne zwischen Knie und Sprunggelenk aus: **Griffe** = Femur + Fersenbeinhöcker, **Hohn** = Tibia und **Sehnen = Blatt und Schnur der Säge.**

Parallelogramm: durch synchrones laufen des Knies und des Sprunggelenks -> Pferd kann ganzes Körpergewicht auf dem Bein tragen, da beide Funktionen Gewicht tragen. Sehnen brauchen weniger Energie als „rote“ Muskeln – also nicht anstrengender. Am operierten Bein fällt Patellarmechanismus aus; andere Gliedmaße kann nicht mehr entlastet werden, Pferd muss sich dann immer hinlegen, sonst kann es die Hinterhandmuskulatur nicht mehr entspannen. Je älter das Pferd, desto problematischer wird dies, da sich Pferde dann nicht mehr so gerne hinlegen (haben Angst wieder aufzustehen). Es kommt zu Leistungsabfall.

Der Pferdehuf

- **Kronrand** = Übergang Fell – Huf
- **Saumsegment**
- **Hufwand** beweglich (Trachtenteil)
  unbeweglich (Zehenspitze)
- **Tragrand** (Harthorn)
- **weiße Linie** (Weichhorn)
- **Hufsohle** (Harthorn) wird unterbrochen durch **Strahldreieck** (Weichhorn)
- **Hufwand** macht Bogen zur **Eckstrebe;** Eckstrebe verbindet sich mit Sohle, beweglicher Anteil ist zuständig für den Hufmechanismus
- **Hufflederhaut**: auf der Innenseite kleine Plättchen (zur Vergrößerung der Oberfläche) -> so bleibt Hornkapsel am Huf „kleben“ (bei Hufrehe: Flüssigkeit zwischen Plättchen und Lamellen -> Ablösen der Hornkapsel)

Hufmechanismus

- mit Belastung: nach innen gewölbte Fläche wird fast plan
- Kronsaum verengt sich
- Strahldreieck wird breiter -> Veränderung der Pulsation;
- passive Venenpumpe: in Hangbeinphase wird Blut aus dem Huf gedrückt, in Belastung strömt Blut in den Huf

Schädel

- **Oberschädel** (pneumatisiert)
- **Gehirnschädel**
- **Angesichtsschädel** (mit Nasenknochen, am Ende Nasentrompete)
- **Zähne**
  a) Schneidezähne (hören auf zu wachsen) Zange, Mittelzahn, Eckzahn
  b) Backenzähne (wachsen ständig nach) Prämolaren und Molaren
- **Unterschädel** oder Unterkiefer (nicht pneumatisiert)
  mit Unterkieferästen (zwei Stück)
  zwei Backenteile mit Kiefergelenk (Walzengelenk)

Wirbelsäule

- **Halswirbelsäule 7 Halswirbel**
  [1. Wirbel = Atlas (flügelförmig), 2. Wirbel = Axis (mit v-förmigem Dornfortsatz, 3. Wirbel: größter Wirbel und 7. Wirbel: kleinster Wirbel]
- **Brustwirbelsäule 18 Brustwirbel**
  [2. bis 9. Brustwirbel: Verlängerung der Dornfortsätze = **Widerrist**]
- **Nackenband** findet Ansatz an die Dornfortsätze, dort befindet sich ein Schleimbeutel (= Widerristschleimbeutel). Wenn das Kopfeisen zu eng ist, kann der Sattel auf den Schleimbeutel drücken. Bei einer Entzündung wandert der Eiter nach unten in den Brustbereich.
- **Rippen**: sind gelenkig verbunden
  Tragerippen (8): die wahren Rippen, sind durch Gelenke mit dem Brustbein verbunden. Ihre Beweglichkeit ist eingeschränkt und sie dienen vor allem zur Stütze der Brustwand. kranial
  Atmungsrippen (10): falsche Rippen, finden nur indirekt Anschluß an das Brustbein, indem sich ihre Knorpel zum Rippenbogen zusammenlegen. Sie haben einen viel größeren Bewegungsspielraum und dienen der Erweiterung des Brustkorbs und der Atmung.
- **Brustbein**: hat knorpeligen Fortsatz (= Habichtsknorpel), sollte nicht weit herauskommen, gegenüberliegend am Brustbein
  Beweglichkeit der Brustwirbelsäule lässt nach kaudal nach.
- **Lendenwirbelsäule 6 Wirbel**

unbeweglich, sehr stark eingeschränkt, horizontale Querfortsätze, letzte drei Lendenwirbel
-> Nervus ischiaticus

- **Kreuzbein** **5 Wirbel**
  ganz starr
- **Schwanzwirbel** **15 bis 21 Wirbel**

Muskulatur

- Kopf
  Kaumuskel (musculus maseter)
  Abstand zwischen Kaumuskel und Atlasflügel = Ganaschenfreiheit
- Halsmuskel
  Drosselrinne: Oberarmkopfmuskel (musculus brachiocephalis)
  musculus sternocephalicus
- Muskelkörperseitenwand
  Kapuzenmuskel (musculus trapezius)
  dreiköpfiger Muskel
  vorne musculus bizeps
- Muskeln an der Vordergliedmaße
  Muskeln vom Oberarm bis an das Karpalgelenk = Strecker des Karpalgelenks, dazwischen lange Zehenstrecker bis ans Hufbein: m. Extensor digitalis communis -> Hufbein, m. Extensor digitalis lat. -> Kronbein, wenn die langen Sehnen durchtrennt sind, spricht man von der Kußhandstellung
- Vorderseite: Streckmuskeln
- Rückseite: Beugemuskeln
  zwei kurze Beuger und zwei lange Zehenbeuger: m flexor digit superflexor -> Kronbein, m flexor digitalilis prof -> Hufbein
- Mittelhand
  breiter Rückenmuskel
  langer Rückenmuskel (unter dem breiten Rückenmuskel)
  beide tragen zusammen mit den Bauchmuskeln das Reitergewicht
- Bauchmuskeln (4) hier oft Muskelkater
- Hinterhand
  Kruppe: Kruppenmuskulatur oder Guitalenmuskeln
  lange Sitzbeinmuskulatur
  a) lat.: m bizeps femoris
  b) med.: m semitendinosus
  c) med.: m semimembranosus
  = Motor der Fortbewegung!!
- Hintergliedmaße
  Muskeln der Sprunggelenke beugen (3)
  zwei Muskeln = Strecker, ziehen runter, die Beckengleidmaße: m extensor digitalis longus -> Hufbein, m extensor digitalis lateralis -> Kronbein
  Rückseite: kurze Muskeln (2)
  Lange Zehenbeuger: m flexor digitalis superf -> Kronbein, m flexor digitalis prof -> Hufbein
- Vorder- und Hintergliedmaße
  Fesselträger (musculus interosseus): auf der Rückseite des Röhrbeins vom Karpalgelenk bis zu den Gleichbeinen – rein sehnig geworden – im Zusammenhang mit dem Fesseltrageapparat zu betrachten
  gerades Sesambeinband (musculus interosseus): zieht das Gleichbein an, und Zwischengleichbeinband sorgen dafür, dass das Pferd nicht auf den Boden durchtreten kann
  =>Fesseltrageapparat
  wenn die Gleichbeine brechen/ reißen -> Bärentatzigkeit

Nerven

- Kopfbereich
  pneumatisierter Nebenhöhlenbereich
  Kieferhöhle an Backenzähnen
  Stirnhöhle
  Kieferarterie
  Nerven (3) am Angesichtsschädel (Achtung mit hannoverschem Reithalfter -> Nerven können absterben)
  Angesichtsnerv an der Ohrspeicheldrüse (Halfterschanlle nicht an dieser Stelle!) Merkmale bei Druck: hängende Lider, Mundwinkel, Nüstern
- Vordergliedmaße
  Nerv unterhalb der Schulterblattgräte (nervus suproscabularis)
  Verletzung am Nerv = abplatten
  Nervus radialis (oben am Vorderbein) führt zur Kußhandstellung bei Lähmung
- Hintergliedmaße
  Nervus fibularis: bei Quetschung keine Zehenstreckung mehr möglich

Vegetatives Nervensystem
Sympaticus
Parasympaticus
enterisches Nervensystem

Knorpel

Auf dem Schulterblatt: Schulterblattknorpel
Zehenballen: Strahlenpolster
Hufknorpel: Ballenpolster
Kastanie: Rest der großen Zehenballe
bei Ponys: am Fesselgelenk Sporn im Kötenbehang -> gehört zum Ballenpolster

Puls messen

- unter der Schweifrübe
- Fesselarterie am Fesselkopf (von oben auf die Gleichbeine drücken)
- zwischen Röhrbein und Griffelbeinen (hinten außen)
- Arterie am Unterkiefer - Kieferarterie
- an der Körperarterie am Buggelenk

Physiologie Herz-Kreislauf

Aufgaben Kreislauf

- Durchblutung (pO2, pCO2, pH)
  Osmolalität -> Bezugsgröße kg
  Osmolarität -> Bezugsgröße l
- Transport von Blutzellen, Immunglobuline, Nährstoffe, Atemgasen, Metaboliten, Hormonen und Stoffwechselprodukte
- Aufrechterhaltung des hydrostatischen Druckes in den Kapillaren (Interstitium getrennt durch Basalmembran und Endothel vom Blut); Druck = Kraft/Fläche; Druckabfall durch Schock, Austrocknung und Blutverlust
- Regulation von Salz- und Wasserhaushalt, Thermoregulation, Abwehrvorgänge, Immunantwort

Funktion Herz

RA rechter Vorhof A = Atrium
LA linker Vorhof
RV rechter Ventrikel

LV linker Ventrikel

Lungenarterie = Arteria pulmonalis
A. = Arteria
Sauerstoffanreicherung = Arterialisierung
Aorta: große Arterie
Klappen befinden sich am Übergang vom Vorhof zum Ventrikel, Aortenklappen, Pulmolarklappen

Klappeninsuffizienz = Klappenschließunfähigkeit
Klappenstenose = Verengung
Das Herz ist ein Hohlmuskel.

Interkardiale Regulation der Herzfrequenz (Erregungsbildung- und leitungssystem)

Sinusknoten	liegt am Eingang Hohlvenen
AV-Knoten	mittig, zwischen Ventrikeln und Vorhöfen
His-Bündel	Herzscheidewand
Tawara-Schenkel	Herzscheidewand
Purkinje-Fasern	Herzscheidewand

=> modifizierte Muskelfasern

Die Zeit der Änderung der Potenzialdifferenz zeigt die Autonomie an (Ca und Na sind wichtig). Wenn die Änderung spontan ist, handelt es sich um eine autonome Zelle oder Schrittmacherzelle. Der Sinusknoten ist der primäre Schrittmacher. Die Geschwindigkeit der spontanen Depolarisation ist am schnellsten im Vergleich zu den anderen, dann der AV-Knoten, der etwas langsamer ist.

Refraktärzeit = Zeit, in der eine Zelle nicht erregbar ist
absolut: gar nicht erregbar, Na-Kanäle geschlossen
relativ: mit starken Reizen erregbar

Arbeitsmyokarp = Arbeitsmuskulatur (nicht autonom)
Der Parasympaticus wirkt negativ chronotrop, dromotrop und inotrop.
Der Sympaticus wirkt positiv chronotrop, dromotrop und inotrop.

Sympaticus	schneller, Belastungssituationen, Stress
Parasympaticus	langsamer, Ruhe

Chronotrop	Herzfrequenz
dromotrop	Geschwindigkeit der Erregungsüberleitung
inotrop	Kraft der Kontraktion

Herzzeitvolumen = Schlagvolumen x Herzfrequenz
HMV = Herzminutenvolumen
HF Pferd zwischen ca 40 (Ruhe) und 240 (max. HF)
Schlagvolumen -> Steigerung durch Training oder Hypertropie
Bradikadie = Abnahme der Herzfrequenz

Frank-Sterling-Mechanismus

1895	Spannungsentwicklung des Herzmuskels hängt von seiner Vordehnung ab
1899	Muskeln, die gedehnt werden reagieren bei der nächsten Kontraktion mit einer erhöhten Kraft => autoregulative Anpassung (passiv)

Bei Überdehnung nimmt die Schlagkraft wieder ab. Ziel: Anpassung des Schlagvolumens ohne HF-Änderung, gleiche Förderleistung im rechten und linken Herzen

Anatomie des Herzens

Herzbeutel

- bei allen Tieren ausgebildet, kann wie Schürze ums Herz herumziehen, ist Herz angepasst
- Funktion: hält Herz in Brusthöhle fest, sonst würde Herz pendeln
- verwachsen mit Aorta, Brustfell, Brustwand (-> aufgehängt wie „punching ball"), mit dem Herzen im Bereich der Herzkranzgefäße verwachsen
- hat **3 Schichten**:
  außen: einschichtiges Plattenepithel (genau wie **Brustfell = Serosa**)
  mitte: stabile Schicht (= Fibrosa), dickste Schicht
  innen: einschichtiges Plattenepithel der Serosa (**Epicart = Herzserosa**) kann sezernieren und resorbieren
- Herzbeutelflüssigkeit: ca 1-2 ml vorhanden, bei mehr als 5 ml Erkrankung -> drückt aufs Herz = Herztamponade
- mögliche zweite Funktion: Begrenzung des Wachstums der Herzmuskulatur (nicht einengend), nicht bewiesen, aber warscheinlich

Aufteilung des Herzens

- **2 Herzvorkammern**, dazwischen pulcus pulminaris
- **Herzbasis,** aus Bindegewebe und 4 fibriosen Ringen
  a) zwischen Vorhof und Kammer (2x)
  b) um tropus pulmonaris
  c) um Aorta
- **Herzknorpel** (halbmondförmig) lagert Herzbasis ein (-> kann bei ganz alten Pferden zu Knochen werden)
- unterer Bereich: **linke Kammer, rechte Kammer** (kleiner) -> ist größer, da hier Aorta „rauskommt"
- **Segelklappen**: links valba licuspidalis
  rechts valba aricuspidalis
- halbmondförmige Klappen: valbulae semilunaris

Klappen

- zwischen Vorkammer und Kammer
- mit Sehnenfäden sind Klappen mit Herzmuskel verbunden -> Anspannung mit Kontraktion verhindern Rückfluss des Blutes in die Vorkammer

Schichten im Herzen (von außen nach innen)

- Epikart: einschichtiges Plattenepithel
- Myokart: Herzmuskulatur
- Endokart: einschichtiges Epithel = Endothel (= Auskleidung der Adern)
- Steuerung durch vegetatives Nervensystem -> Herzfrequenz

Sinusknoten: in der rechten Herzkammer = wichtigster Knoten über Vorhöfe an
AVA-Knoten: verstärkt Reiz
Atrio-Ventriculär-Knoten: nimmt elektrische Spannung der Vorhöfe auf -> Weiterleitung über His-sches Bündel, Tawara-Schenkel und Purkinje-Fasern in Herzspitze -> Verteilung an der Wand der Herzkammern

Systole = Kammerkontraktion
Diastole = Kammererschlaffen
Herzspitzenstoß der Diastole am besten zu fühlen im Bereich der 4. bis 6. Rippe oder Brustbeinbereich (hinterm Ellbogen)

Gefäße

Aufbau in drei Schichten

a) atrentzia (aus serösem Überzug oder zwischen den Muskeln, Bindegewebe)
b) media (aus elastischen und glatten Muskelzellen, sehen gelblich aus, da großer Anteil an elastischen Fasern, bei Herzfernen Gefäßen mehr glatte Muskulatur (-> rote Färbung)
c)intima (= endothelan; anschließend Basalmembran zwischen intima und media)

Unterschied zwischen Arterie, Vene, Lymphgefäße

Arterien haben keine Klappen. In Venen und Lymphbahnen sind Klappen (= intervenikaturen) vorhanden.

Aorta

aorta toratika -> aorta abdominalis
Brustaorta mündet in Bauchaorta. Blutdruck verändert sich je nach Belastung.

Windkesselfunktion

der herznahen Gefäße. Muskulatur wird durch Blutaufnahme gedehnt -> will in Ausgangslage zurück -> schiebt Blut weiter. Je weiter weg vom Herzen, desto kleiner werden die Arterien (rot) -> Arteriden -> Kapillarsystem (z.B. im Huf) nur bei Basalmembran und intima.

Kapillaren

transportieren Nährstoffe, kleine Lymphozyten, Sauerstoff, gehen über in venöse Kapillaren
venöse Kapillaren: Lymphsystem saugt Bestandteile, die aus dem Kapillarsystem ausgetreten sind auf und transportieren sie zurück zum Herzen.
Venöse Kapillaren -> Venolen (kleine media) -> Venen (wieder „normal“ im Aufbau)
Untere und vordere Hohlvene führen zum Herzen, münden in den rechten Vorhof des Herzens

Lymphsystem

= offenes System (Gefäßsystem: geschlossenes System)
Abtransport der Fettmoleküle erfolgt über das Lymphsystem -> in der Drosselvene wird Fett in den Blutkreislauf gegeben. Venöses und Lymphsystem verlaufen parallel.

Zirkulationsregulation

Nur die zur Zeit wesentlich wichtigen Organe werden gut durchblutet, beim Rest wird gespart.
Sperrvenen und Sperrarterien regeln das -> Anastromoren (3 Arten). Ist die zweite Möglichkeit den Blutfluss zu steuern. Führen das Blut an ausreichend durchbluteten Organen vorbei.
Arteriovenöse Anastromoren: am gesamten Verdauungs- und Geschlechtstrakt
kleiner Kreislauf: Lungenkreislauf
großer Kreislauf: Körperkreislauf

Nomenklatur

Arterien: immer vom Herzen weg
Venen: immer zum Herzen hin
aber Vorsicht: die Lungenvene führt arterielles Blut (sauerstoffreichster Blutabschnitt!)

Physiologie der Atmung

Thorax = Brustkorb; Retraktionskraft = zusammenziehende Kraft des Lungengewebes (Elastizität)

Ruheatemfrequenz verschiedener Haus- und Labortiere

- kleine Tiere haben eine hohe Atemfrequenz und große Tiere eine niedrige
- kleine Tiere brauchen pro kg mehr Sauerstoff als große Tiere
- kleine Tiere haben einen größeren Wärmeverlust -> höheren Stoffwechsel -> benötigen mehr Sauerstoff

Compliance – wichtiger Faktor, der Vitalkapazität beeinflusst. Bei hoher Protonenkonzentration -> schlechte Sauerstoffbindung. Der Bikarbonat-Puffer ist einer der wichtigsten Puffervorgänge im Körper. -> Bohr-Effekt

Transport der Atemgase CO2
Transportformen: relative Quantitäten
5 % in physikalisch gelöster Form
5 % als Carbamio-Hämoglobin
90 % als Bicarbonat

Zelluläre Atmung = innere Atmung
Mitochondrium = Energiewerte der Zelle; oxidativer Stoffwechsel
Oxidative Phosphorilierung
Atmungskette -> ATP

Regulation der Atmung – Aufgaben
- Anpassung der Ventilationsgröße an die jeweilige Stoffwechsellage
- O2, CO2-Partialdruck, pH-Wert im arteriellen Blut auf vorgegebenen Werten halten
- Atemtiefe und Atmungsgrenze aufeinander abstimmen
- Modifikationen des Atmungsrhythmus z.B. bei Lautäußerungen, Husten, Hecheln
- => komplexe mehrfach kontrollierte Regelmechanismen

Verteilung respiratorischer Neurone im Hirnstamm
- Atemzentrum im Stammhirn in verschiedenen Neuronengruppen
- macht basalen Atemrhythmus
- Begriff „Rhythmusgenerator“ besser als „Atemzentrum“
- der Rhythmusgenerator bewirkt einen basalen Atemrhythmus, der durch Atemreize modifiziert wird

Zusammenspiel der Atemreize
- Mechanorezeptoren in Lunge und Thorax
- Chemorezeptoren
- Mechanorezeptoren im Bewegungsapparat -> sind in der Regel gleichzeitig aktiviert
- Mechanorezeptoren und Chemorezeptoren sind auch in Ruhe aktiv, Mechanorezeptoren des Bewegungsapparates nur bei Belastung

Lungendehnungsreflex
„Hering Breuer Reflex“ - mechanische Regulierung der Atmung
- Sauerstoffmangel löst geringeren Atemreflex aus als eine zu hohe CO2-Konzentration
- unter normalen Umständen gibt es keinen Sauerstoffmangel i.d.R. stets ausreichend da
- CO2-Anstieg ist Problem, mit dem der Körper stets zu kämpfen hat
- pH-Wert ist an den CO2-Wert gebunden

periphere Chemorezeptoren
- sitzen nicht in der Lunge, sondern in den abführenden Gefäßen des Herzens
- der Regelkreis der chemischen Atmungsregulation besteht aus dem Atemzentrum, den Atemmuskeln, dem arteriellen Blut und den Chemorezeptoren

Efferenzen: zu Muskeln führende Neurone
Afferenzen: zum Gehirn führende Neurone

Übersicht Herz-Kreislauf
- zwei Kreisläufe: Lungenkreislauf und Körperkreislauf
- nur oxidativer Stoffwechsel
- Vorhöfe zum Sammeln des Blutes
- eigentliche Pumpleistung nur in den Kammern
- linke Kammer größer und dickwandiger als rechte Kammer, da Kammer mit einem Schlag das Blut durch den Körperkreislauf „schicken" muss
- in den kapillaren Austauschgefäßen wird der Sauerstoff vom Hb entladen

Allgemeines zum Herz -Kreislauf
Gewicht Herz ca. 4 – 5,5 kg
Herzfrequenz (HF) in Ruhe: 40 pro min, bei max Belastung: 240 / min (Steigerungsfaktor 6)
Schlagvolumen (SV) in Ruhe ca. 1000 ml, bei max Belastung ca 1700 ml (Steigerungsfaktor 1,7)
Herzzeitvolumen (HZV): HF * SV = HZV
bei Ruhe 40 * 1 = 40 l/min
bei max. Belastung 240 * 1,7 = 408 l/min (Steigerungsfaktor 10)
Blutvolumen

Aufgaben des Kreislauf
- Durchblutung der Gewebe um ein geeignetes Milieu der Gewebeflüssigkeit aufrecht zuhalten (z.B. Osmolarität, pO2, pCO2, pH)
- Transport von Blutzellen, Nährstoffen und deren Metaboliten, Atemgasen, Stoffwechselprodukten, Immunglobulinen und Hormonen
- Aufrechterhaltung des hydrostatischen Drucks in den Kapillaren
- Beteiligung am Salz- und Wasserhaushalt, an der Thermoregulation, Abwehrvorgängen und Immunantworten

Hämodynamik
anatomische Einteilung: kleiner und großer Kreislauf
Aufteilung des Herzzeitvolumens

Herzgefäße	5 %
Gehirn	12 %
Muskeln	16 %
Leber	7 %
Darm	22 %
Nieren	17 %
Haut, Skelett	8 %
Euter, Uterus	13 %

funktionelle Einteilung

Hochdrucksystem	mittlere BD > 20 mm Hg
Niederdrucksystem	mittlere BD < 20 mm Hg

Kreislaufabschnitte
Arterien -> Arteriolen (glatte Muskulatur) -> Kapillaren -> Venolen (postkapillär) -> Venen

Ohm´sches Gesetz R = U/I I = Volumen/Zeit I = delta P/R

Druckdifferenz P: treibende Kraft zur Überwindung des Strömungswiderstandes, Anfang/Ende
Strömungswiderstand R: beruht auf der inneren Reibung der Flüssigkeit (-> Radius!)
Kontinuitätsgesetz: Die Stromstärke ist in allen Gefäßabschnitten konstant!

Hämatokritwert (%) liegt beim Pferd bei 40 - 45 % -> 40 bis 45 % des Blutes sind Blutzellen
= Verhältnis Blutzellen/ Blutplasma -> Viskosität!
(Infarkt, Thrombose)

Dopingrelevanz
Höhentraining -> Synthese Erythrocyten (Hormon: Erythropoetin (EPO) wird in der Niere gebildet)
Doping im Pferdesport -> EPO plus Insulin -> mehr Erys -> mehr Glucose in die Zellen

Blutdruck Pferd	normal	120 / 80	
	Arteriosklerose	150 / 110	der diastolische Druck ist erhöht!

Grundphänomene Pulswellen
- Strompuls: pulsatiles Verhalten der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes (schnell/ langsam)
- Druckpuls: pulsatiles Verhalten des Druckes in den Gefäßen (hoch/ niedrig)
- Querschnittspuls: pulsatiles Verhalten des Gefäßquerschnitts (weit/eng)

Incisur = Einschnitt -> Bluthochdruck
systolischer Blutdruck
arterieller Blutdruck
diastolischer Blutdruck
direkte Blutdruckmessung -> „blutig“
indirekte Blutdruckmessung -> Riva-Rocci (RR) -> Messgerät -> beides ungeeignet fürs Pferd

Physiologie der Verdauung

Drei Abteilungen des **Dünndarm**s:
- **Duodenum** (Zwölffingerdarm)
- **Jejunum** (Leerdarm)
- **Ileum** (Hüftdarm)

Drei Abteilungen des **Dickdarm**s:
- **Caecum** (Blinddarm)
- **Colon** (Grimmdarm)
- **Rektum** (Mastdarm)

Beim Pferd findet im Dickdarm die mikrobielle Nachverdauung statt. Es gibt keinen Vorteil der Vorverdauung durch Vormägen. Rohfaserreiche Nahrung macht großen Dickdarm.

Speichelsekretion
- **Speichel hat über 90 % Wasser**
- Zweck: Verflüssigung der Nahrung zum besseren Schlucken; erste enzymatische Verdauung (z.B. Stärke: Brot lange kauen -> schmeckt süß), bei Mensch und Schwein sind Enzyme vorhanden, beim Pferd nicht!
- ca. **5 bis 10 Liter pro Tag** (Mensch: 1 – 1,5 l)
- relative wenig Speichel gegenüber Rind, aber es findet auch keine mikrobielle Vorverdauung statt
- zwei Möglichkeiten der Stimulation:
  a) mechanisch -> Rauhfutter (Dauer, Häufigkeit, Zusammensetzung)
  b) chemisch
- **Speicheldrüsen**: Ohrspeicheldrüse und Unterkieferdrüse => ca 90 %, serös und seromucös, Unterzungendrüse (5 %) seromucös, Lippendrüse (semuc), Backendrüse (serös oder mucös), Mundhöhlenbodendrüse (mucös), Zungendrüse (serös), Gaumendrüse (mucös), Pharynxdrüse (mucös) => Alle zusammen die restlichen 5 % der Speichelproduktion

serös	wässrig
mucös	schleimig
seromucös	Mischung
mucin	Substanzen, die schleimgebend sind

Speichelproduktion
- Steuerung durch Sympaticus (Hemmung) und Parasympaticus (Stimulierung)
- Speichel hat bestimmte Funktionen
- gemischtes Sekret aus Vielzahl von Drüsen
- eher wässrig oder eher schleimig

Zusammensetzung des Speichels beim Pferd in mg/l

Na+	55	
Cl-	50	
K+	15	
Ca2+	13	
HCO3-	50	Bicarbonat

Speichel kann isoton und hypoton sein. **Isoton**: gleiche Osmolarität, wie Körperflüssigkeiten (= Plasma). Hypoton: Osmolarität ist geringer als Osmolarität des Plasmas. Abzulesen an der Zusammensetzung des Speichels.
Osmolarität von Plasma: 300 mosm/l (150- und 150+). Transportphysiologie ist die Grundlage zum Speicheltransport. Natrium, H+ und Bicarbonat werden in den Speichel abgegeben. Dafür gehen Chlorid und Kalium in die Zelle. Abgabe durch Ionenkanäle.

Motorik des Gastointestinaltrakts (GIT)

Dünndarm

enterisches Nervensystem
- **Bauchhirn** = Teil des vegetativen Nervensystems, 10 bis 100 Mio. Zellen, von Ösophagus bis Rektum
- Plexus myentericus (zwischen äußerer Längsmuskelschicht und innerer Ringmuskelschicht -> Muskelaktivität -> Bewegung
- Plexus submucosus (zwischen Schleimhaut und Muskulatur) -> Mucosafunktionen -> Absorption

Wandaufbau GIT ind drei Schichten
- dünne Haut (= Serosa) Bindegewebsschicht, feucht, Verschieblichkeit gegen andere Organe wird gewährleistet
- Muskulatur
- Schleimhaut: von außen nach innen, Darm in der Mitte hohl!
- **Serosa -> Muskulatur -> Schleimhaut -> Darminhalt**

Enterisches Nervensystem (Verschaltung des peristaltischen Reflexes)
- Motorische Aktivität von oral nach aboral
- peristaltische Welle beginnt oben und wird fortgeleitet -> Nahrungsbewegung nach unten (Trichter wird gebildet und wird nach aboral geschoben)
- stationäre Kontraktionen: dienen der Durchmischung der Nahrung, rhytmische Segmentierung durch Ringmuskulatur
- Pendelbewegungen: Darm hängt an der Serosa, durch Kontraktionen der Längsmuskulatur, dient der Durchmischung
- Übergeben durch Antiperistaltik (von aboral nach oral) -> Kontraktionen

Motorik des GIT: Magen

Pylorus	Magenausgang
Fundus	Magenspeicher: tonische Kontraktionen
Corpus	
Antrum	Magenpumpe -> phasische Kontraktionen

Erschlaffung des Magenspeichers
- mechanische Reize im Pharynx: **1. Rezeptive Relaxation** -> wirkt aufs Vagus-Zentrum -> hemmende Vagusfasern (NANC-Hemmung) -> Relaxation des Magenspeichers
- Nahrung führt zu Dehnung -> Spannungsrezeptoren -> wirkt aufs Vagus-Znetrum -> **2. Adaptive Relaxation**
- Nährstoffe passieren Pylorus -> CCK -> **3. Feedback Relaxation**

Fluss von Chymus aus dem Speicher
- tonische Kontraktion der Fundusregion
- peristaltische Welle (Pumpe des Speichers) pumpt Chymus in die Corpusregion
- Rückfluss und Zufluss aus dem Speicher
- Sammlung des Chymus im proximalen Antrum

Funktion der Magenpumpe: drei Phasen
1. Phase des Vorschubs: Kontraktion des proximalen Antrums -> Füllung des distalen Antrums
2. Phase der Entleerung: Kontraktion des mittleren Antrums -> transpylorischer Fluss mit Rückfluss
3. Phase der Rücktreibung und Zerkleinerung: Kontraktion des distalen Antrums -> düsenartiger Rückfluss mit Zerkleinerung -> terminales Antrum

Magenentleerung: Zusammenspiel entero-gastrischer Reflexe und intestinaler Hormone

Motorik des GIT: Dünndarm
elektrische Aktivität:
- **ICC**: Interstitial cells of Cajal (Nervenzellen = Schrittmacherzellen)
- Schrittmacherpotenziale der ICC sorgen für langsame elektrische Wellen „slow waves“
- Die Potenziale werden über „gap junctions“ der glatten Muskelzellen in aboraler Richtung weitergeleitet
- Grundeigenschaften aller elektrischen Zellen: Ruhepotenzial (unerregt); Aktionspotenzial (erregt)
- wenn Schwellenpotenzial erreicht ist, folgt ein Aktionspotenzial solange bis Schwellenpotenzial wieder unterschritten ist.
- Kontraktionskraft des Muskels hängt ab von der Höhe wie Aktionspotenzial überschritten werden (Anzahl der Spikes pro Zeiteinheit ist abhängig von Kraft)

Ausbreitungsgeschwindigkeit von peristaltischen Kontraktionswellen im Darm (cm/s)
ca. 1 bis 7 oder 8 cm pro Sekunde

Die drei häufigsten Kontraktionsformen des Dünndarms:
- peristaltische Wellen
- stationäre Kontraktionen
- Kontraktionsgruppen

Regulation der Dünndarmmotorik über vago-vagale Reflexe und das ENS
In der Darmwand befinden sich sensorische Neurone, die an das Vagus-Zentrum melden. Vago-vagale Reflexe wirken widerum auf Interneurone in der Darmwand, die in Wechselwirkung von integrierenden Schaltkreisen und Programm Schaltkreise auf Motoneuron wirken => Enterische

Nervensystem. Motoneurone steuern die Kontraktionsmuster. An der Darmwand zum Darmlumen sitzen Peptide (CCK) und Rezeptoren, die die Glucose-Osmolarität, Aminosäuren und Fettsäuren wahrnehmen, die dann ins Blutsystem geschleust werden.

Die interdigestive Motorik besteht aus drei Phasen
Die Phasen 1 und 2 sind im Verhältnis zu Phase 3 deutlich länger. Der interdigestive Zyklus beginnt mit Phase 3. Kräftige Magenkontraktionen und peristaltische Wellen befördern den Chymus in aborale Richtung. Es kommt zu einer Ansammlung von Chymus im Duodenum. Phase 3 bezeichnet immer die aborale Wanderung des Chymus ausgelöst durch Kontraktionen. Gleichzeitig wandert der Chymus auch ins Jejunum und Ileum. Die Phase 1, die nachfolgend eintritt, ist von einer motorischen Ruhe von Magen und Dünndarm gekennzeichnet. In Phase 2 kommt es zu einer kräftigen Magenkontraktion und zur Segmentation von Duodenum mit einzelnen peristaltischen Wellen. Das Jejunum befindet sich zu diesem Zeitpunkt in Phase 1 und das Ileum in Phase 3.
Je nach Futter sind die Kontraktionsmuster unterschiedlich.

Mittlere Verweildauer von flüssigen und festen Futterbestandteilen im gesamten Magen-Darm-Kanal beim Pferd

	Gewicht (kg)	Flüssigkeit (h)	Feste Partikel (h)
Pellets	170	67	94
Heu	210	20	25

Motorik des GIT: Funktionen des Dickdarms
- Gärkammern und Fermetation
- Wasserresorption und Kotbildung

Vier Kontraktionsformen:
- peristaltische und antiperistaltische Wellen
- aboral wandernde Segmentationskontraktionen
- Haustreubewegungen
- aboral laufende Riesenkontraktionen
- => ausgeprägte tierartliche Unterschiede!

Funktionen des Magens
Schematische Darstellung verschiedener Areale der Magenschleimhaut.
Cutane Schleimhaut = drüsenlos
Cardiadrüsenzone
Fundusdrüsenzone
Pylorusdrüsenzone

Die Sekretion des Magensaftes
- besteht aus Sekreten einzelner Drüsen
- das Sekret der Fundusdrüsenzone ist ein vollständiges Sekret in allen anderen Zonen nur teilweise Inhaltsstoffe

Aufbau einer Fundusdrüse
- Einstülpung in die Tiefe
- mucos: Schleim, mit Bicarbonat als Puffer, hat Schutzfunktion
- Salzsäure wird benötigt um das Pepsinogen zu Pepsin zu wandeln, das dann Proteine zersetzt
- Salzsäure senkt den pH-Wert zur Proteinfällung
- Pepsinogen = Beginn der chemischen Verdauung
- weder KH noch Fette werden im Magen durch körpereigene Enzyme zersetzt, nur Proteine!
- Enzyme können Proteine am Ende und in der Mitte „angreifen“

- Pepsin (Endopepiose) spaltet in der Mitte

Mechanismus der HCl-Sekretion der Belegzellen (Zelle in polarisierter Form)
CA = Carboanhydrase (strikt intrazelluläre Enzymatik)

$$HCO_3^- + H^+ \overset{CA}{\Longleftrightarrow} CO_2 + H_2O$$

=> H+ verbindet sich mit Cl- zu HCl

Chlorid gelangt durch Anionenkanäle ins Darmlumen. Bicarbonat wird aus der Zelle herausgepumt, dafür Chlorid in die Zelle, das dann mit den vorhandenen Hydronium-Ionen im Darmlumen Salzsäure bildet. Im Magen kann ein pH-Wert von ca. 2 erreicht werden, stark sauer. Bedeutung in der Pharmakologie: Entwicklung von Protonenpumpenhemmern -> Produktion der Magensäure wird gehemmt. Magenübersäuerung ist total weit verbreitet -> v.a. Mensch und Kleintiere

Nervale und hormonale Regulation der HCl -Sekretion der Belegzellen
G-Zelle: wird durch Narhrung aktiviert (AS und Peptide). Gastrin wirkt positiv auf Belegzellen, ebenso auf die ECL-Zelle. G-Zelle wird zusätzlich durch GRP (Gastrin-Releasing-Peptid) aktiviert. G-Zelle wird gehemmt durch Somatostatin ausgehend von der D-Zelle. Nervus Vagus wirkt über Ganglien auf G-Zelle und ECL-Zelle, die auch Einfluss auf die Belegzellen hat. Das durch die Histamin induzierte Aktivierung der Belegzellen gebildete Hcl aktiviert bei einem pH unter 3 die D-Zelle.

Regulation der Pepsinogen-Sekretion der Hauptzellen (Prochymosin-> Laab)
AC = Adenylatcyclase
DAG = Diacylglycerin
ER = Endoplasmatisches Reticulum
IP3 = Inosidtriphosphat
PIP2 = Phosphatidylinositaldiphosphat
PKA = Proteinkinase A
PKC = Proteinkinase C
PLC = Phosphokinase C

Funktionen der Magensekrete
- Salzsäure: pH 1 bis 4, bacterizide Wirkung, Proteinfällung, Aktivierung von Pepsinogen
- Pepsin: Endopeptidase, pH-Optimum pH 1 bis 3, v.a. Peptidbindung von aromatischen AS
- Chymosin: Caseinverdauung (Labgerinnung)
- Lysozym: Beteiligung an Zellwandverdauung von Pansenbakterien
- Gastrale Lipase: pH-Optimierung pH 3 bis 7, hydrolysiert Triacylglycerine
- Intrinsic-Faktor: Glykoprotein, wichtig für alle die ideale Aufnahme von Vitamin B12
- Mucus: 0,5 bis 1 mm dicke Schleimschicht, Schutz vor Magensäure

3 Phasen der Magensaftsekretion
a) cephale Phase: Bsp. Für einen bedingten Reflex, speichelfluss bei Anblick von „Essen“
b) gastrale Phase: vornehmliche Steuerung des Magensaftes über den Magen selbst
c) intestinale Phase: Sekretion wird vom Darm gesteuert
    a) zeitlich vor
    b) während
    c) zeitlich nach der Nahrungsaufnahme

Funktionen des Dünndarms und seiner Anhangsdrüsen
- Schleim- und Bicarbonat-Sekretion der Brunner´schen Drüsen
- Bicarbonat-Sekretion des Duodenalepithels
- Schleimsekretion der Becherzellen

- Chlorid-Sekretion der Lieberkühnschen Krypten/ Drüsen (möglicher Ursprung einer Diarroeh)

Sekretion der Brennerschen Drüsen
- turbo-alveoläre Drüsen in der Submucosa
- Bicarbonat und Schleim zum Schutz des Duodenalepithels
- Schleim: Exocytose
- Bicarbonat: Cl-/ HCO3- - Austauscher
- Stimulation durch Parasympaticus, Hemmung durch Sympaticus
- leaky high junction: Zellzwischenraum mit bestimmter Durchlässigkeit

Sekretion der Lieberkühnschen Drüsen
Ausschnitt aus Darmwand – Epithel streckt sich nach innen in den Darm = Darmzotte. Zotte entsteht aus Lieberkühnscher Krypte. **Krypte = Regenerationszone**; von Zotte werden Zellen abgegeben, in den Zotten sowohl Arterien, Venen, Kapillaren -> Sauerstofftransport

Lymphgefäße
Zellen wandern entlang der Zotte von der Regenerationszone nach oben -> Dauer ca. 5 bis 7 Tage. Im oberen Bereich haben Zellen vor allem adsorptive Aufgaben (Funktionen) im unteren Bereich haben Zellen Aufgabe der Sekretion.

E-coli Bakterien
enterotoxischer E-coli -> Diarroeh
- sind imstande über Rezeptor vermehrt Na+ - Abgabe -> mehr Wasser
- gleiches gilt für die Cholera-Bakterien
- ETEC: macht wässrigen Durchfall
- EHEC: macht blutigen Durchfall -> nicht pasteurisierte Milch

Exokrines Pankreas (Bauchspeicheldrüse)
- **Pferd 30 bis 35 l Bauchspeichel am Tag** (Rind: 10-15 l)
- Abgabe in den Darm
- HCO3- Konzentration ca 60 mmol/l
- Verdauungsenzyme aus den Acinuszellen
- Peptidasen: Trypsinogen, Chymotrypsinogen, Proelastase
- Nucleasen: Ribonuclease, Desoxyribonuclease
- Amylase (Stärkeabbau)
- Lipase: Lipase, pro-odipase, pro-Phospholipase, Cholesterinesterase
- Bicarbonat aus Gangzellen
- endokrin: Abgabe ins Blut (Insulin, Glykagon)
- Fette, Eiweiße, KH können abgebaut werden
- Nährstoffe werden auseinander gebaut und anders wieder zusammengesetzt, da sonst das Immunsystem greifen würde und auf Dauer die Nährstoffe bekämpfen und zerstören würde.
- Pankreas Sekret enthält Cocktail an abbauenden Enzymen für alle Arten ist etwas dabei zur Aufspaltung
- Galle produziert Säure, die die Oberflächenspannung herabsetzt, dass sie leichter aufgespalten werden kann. In der Gallenflüssigkeit sind keine Enzyme!!
- weitere Verdauungsenzyme stammen aus dem Darm (membranständige Enzyme des Darmepithels)
- Exokrines Pankreas für Regulation zuständig

Anatomie des Verdauungstraktes

Maulhöhle mit Zähnen

Zahnaufbau

- **Zahnschmelz** (Emaille) härtestes Element
- **Zahnbein** mit Kulperhöhle in der Mitte = **Dentin**
- **Zahnzement:** Verbindung zwischen Dentin und Knochen
- **Zahnkrone** -> Zahnhals -> Zahnwurzel

Hengstzähne = Canini = Hakenzähne

Kommen auch bei Stuten vor, aber brechen in der Regel nicht durch das Zahnfleisch

Schneide- und Backenzähne

mit **Kunden (Schneidezähne)**, **schmelzfaltig (Backenzähne)**: Schmelzbecher ist eingestültpt -> Dentin und Schmelz ist eingestülpt; bei Backenzähn enseitliche Einstülpungen. Nach dem Durchbrechen haben Backenzähne Einstülpung nach innen -> verschwindet durch Abrieb mit dem Gegenspieler -> „glatte“ Oberfläche entsteht im Lauf vieler Jahre!
Bei Rinder halbmondförmige Kunden, beim Pferd eher mäanderförmige Ausprägung.

Zahnformel Fohlen

3id	3Pd	id: Schneidezähne im Kiefer
----------		Pd: Prämolare dicidure (werden gewechselt)
3id	3Pd	

Bei Fohlengebiss werden Prämolare abgeworfen. Beim Neugeborenen brechen am 6. Tag die Zangen durch. Mit 6 Wochen brechen die mittleren Schneidezähne durch und mit 6 Monaten die Eckzähne.

Zahnwechsel

2,5 Jahre	Zangenwechsel	
3,5 Jahre	Mittelzahnwechsel	
4,5 Jahre	Eckzahnwechsel	=> die **Inzisiven = Milchzähne** werden gewechselt!

Jeweils ein halbes Jahr später treten die Zähne in Reibung und die Kaufläche entsteht.

Kundenlänge Schneidezähne:

Unterkiefer	6 mm
Oberkiefer	12 mm

Aufgrund des **Abriebes ca. 2 mm pro Jahr**!! Durch den Abrieb verschwinden zunächst die Kunden des Unterkiefers und später die des Oberkiefers jeweils von innen nach außen.

6 Jahre	Zangen Unterkiefer
7 Jahre	Mittelzähne Unterkiefer
8 Jahre	Eckzähne Unterkiefer
9 Jahre	Zangen Oberkiefer
10 Jahre	Mittelzähne Oberkiefer
11 Jahre	Eckzähne Oberkiefer

Zahnformel erwachsenes Pferd

3i	1C	3P	3M
3i	1C	3P	3M

Nach 11 Jahren ist keine eindeutige Altersbestimmung anhand der Zähne mehr möglich.

Der Wolfszahn
Rudiment des P1. Das Pferd hat drei Prämolare. Durchbruch mit 3,5 Jahren. Sitzen an der Stelle, an der das Gebissstück im Maul liegt und sollten deshalb entfernt werden. Müssen nicht ausgeprägt sein, können aber vorkommen, auch bei Stuten. Zahnwachstum nach dorsal führt zu Verkantung der Zahnkronen beim Versuch des Ziehens.

Maulhöhle = Caecum oris
- begrenzt durch Lippen, Backen, weichen und harten Gaumen
- harter Gaumen von Kieferplatte unterlagert
- weicher Gaumen = Gaumensegel -> verantwortlich fürs Kehlkopfpfeifen durch Abklemmen des nervus larungens vecurrens (beim Menschen dann Schnarchen) -> Stimmbandatmung
- Nerv gefährdet bei langem Hals, bei chronischer Bronchitis (da geschwollenen bronchialen Lymphknoten, Nerv abklemmen)

Zunge
- Zungenspitze
- Zungenkörper
- Zungenbasis (= Zungengrund)
- wird gehalten von 3 Zungenbeinknochen
- Verbindung von Zungenbasis zum Kehlkopf und zur Schädelbasis
- Geschmacksknospen: 5 verschiedene sind ausgeprägt -> süß, salzig, sauer, bitter, scharf (=Zungendrüsen)

Speicheldrüsen
- Ohrspeicheldrüse (langula parotis)
- Unterkieferdrüse (i.d.R. Von Ohrspeicheldrüse verdeckt) -> liegen zwischen Kieferwinkel und Atlas – dürfen nicht gequetscht werden (Ganaschenfreiheit)
- Backendrüsen (unregelmäßig in Backe verteilt, relativ klein)
- Unterzungendrüse

Rachen = Farenz

Speiseröhre = Vorderdarm
- liegt normalerweise auf der Luftröhre, in Höhe der ersten Rippe liegen die beiden nebeneinander-> Engpass: hier entsteht die Schlundkopfverstopfung (= Notfall, da Speiseröhre krampfen und auch platzen kann)
- Schlundkopfverstopfung: es wird weiterhin Speichel abgeschluckt, füllt auf Dauer die Speiseröhre und kann in die Luftröhre fließen -> Bakterien in der Lunge -> Lungenentzündung
- 2ter möglicher Engpass im Bereich des Zwerchfells
- 3te kritische Stelle ist die Einmündung von Speiseröhre in den Magen: der Cardia-Muskel verhindert, dass Chymus in die Speiseröhre zurückfließen kann

Magen
- Eingang und Ausgang liegen dicht beieinander, je voller der Magen, desto näher sind Eingang und Ausgang beieinander (Rübenschnitzel lange genug einweichen!)
- Bereich unter der Speiseröhre = Cardiabereich
- große Magenwölbung = Fundusbereich
- Bereich zum Ausgang = Pylorusbereich/ Pförtner
- innerer Aufbau: Vormagenbereich ist drüsenfrei (pars proventricularis), hinterer Bereich: drüsentragend (pars ventricularis); beide Teile werden von einer Schleimhautfalte (margo plicatus: Grenze zwischen drüsenfreier und drüsenhaltiger Schleimhaut) getrennt
- **Fassungsvermögen: ca. 12 bis 15 Liter**

Dasselfliegenlarven
Kleine gelbe Eier im Spätsommer/ Herbst am Fell und an den Beinen, werden abgeleckt/ abgeknabbert und die Larven lagern sich im drüsenfreien Bereich ab. Bohren sich in die Schleimhaut und ernähren sich von Blut. Die Schleimhautfalte zwischen drüsenfreier und drüsenhaltiger Magenschleimhaut ist das bevorzugte Siedlungsgebiet der Dasselfliegenlarven.

Enddarm

Dünndarm – Gesamtlänge ca. 12 bis 15 m

1. **Zwölffingerdarm (Duodenum)**
   - vom Magenausgang liegt hochversal und rechts in der Körperseite
   - trägt viele Drüsen
   - hat große Oberfläche (durch Falten und Mikrobilien und Darmzotten) 200 fache Vergrößerung
2. **Leerdarm (Jejunum)**
   - längster Abschnitt
   - gut verschieblich (passt in viele Nischen) => Kolikgefahr!!
   - am Gekröse aufgehängt
3. **Hüftdarm (Ileum)**
   - geht über in den Blinddarm
   - sehr muskulöser Abschnitt, da er den Chymus in den Blinddarm hochdrücken muss
   - Zotten werden weniger, aber insgesamt viel mehr Muskulatur
4. **Blinddarm (Caecum)**
   - entspringt kaudal, zeigt nach kranial, lässt sich in drei Abschnitte unterteilen
   a) Basis (Kopf)
   b) Corpus
   c) Blinddarmspitze (liegt auf Schaufelknorpel)
   - bei allen anderen Tieren liegt der Blinddarm genau anders herum!
   - vier Bandstreifen: hier verlaufen die Gefäße, Nerven und Lymphbahnen
   - Ersatz für die Vormägen, hier findet die Rohfaserverdauung statt

Dickdarm – Gesamtlänge ca. 10 m
Grimmdarm (Colon)

- hat aufsteigenden, querverlaufenden, abfallenden Anteil
- Anteile liegen frei in der Bauchhöhle, können sich umeinander drehen
- normal: doppelte Hufeisenforn
- querverlaufender Grimmdarm am Magen vorbei
- absteigender Grimmdarm hat zwei Bandstreifen
- Colon geht über in den Mastdarm (Rectum), dieser widerum beschließt mit dem After

Gekröse
Der Darm ist am Gekröse aufgehängt, wie der Magen.
Gekröse = dorsale Aufhängung an dorsaler Bauchwand
Das Gekröse besteht aus einem Zwei-Schichten-Plattenepithel, das durch Bindegewebe, in dem Venen, Arterien und Lymphbanen verlaufen, miteinander verbunden ist. Es beginnt am Magen und endet am After und führt Nerven und Blutbahnen an den Darm heran. Das Gekröse kann Wasser abgeben (Bauchhöhlenflüssigkeit: seröse Flüssigkeit, hell-bernsteinfarben). Bei einem gesunden Pferd ca. 1 Eierbecher voll Wasser in der Bauchhöhle. Die **Bauchhöhlenflüssigkeit** dient dazu, dass Darmabschnitte aneinander vorbeigleiten können und nicht miteinander verkleben. Kann auch resorbiert werden. Wichtig zum Beispiel bei Leberzerbiose. Bei Bauchfellentzündung (Zenetonitis) ist viel „Wasser“ im Bauchraum. Bei mehr als 50 ml spricht man von Bauchhöhlenwassersucht. Bei jungen Tieren kann die Narkose in die Bauchhöhle gespritzt werden. Wirkt genauso schnell wie injiziert. -> Indikator für hohe Resorptionsrate. Das Bauchfell hat direkten Kontakt zum Gekröse.

Leber ca. 5 bis 6 kg
- liegt oben rechts am Zwerchfell
- chemische Fabrik (Umwandlung der Nahrungsfette, -eiweiße, etc. In körpereigene Stoffe (Fette, Eiweiße, Kohlenhydrate, ...)
- Das Pferd hat keine Gallenblase
- Gallenflüssigkeit wird ständig in den Darm abgegeben, es muss immer Chymus im Darm sein, der Gallenflüssigkeit aufsaugt
- wird nicht genug gefüttert, kann Gallenflüssigkeit in den Magen zurückfließen und Geschwüre verursachen
- auch Reh und Rotwild haben keine Gallenblase (sofort entfernen, sonst alles bitter!)

Bauchspeicheldrüse
- zwei unterschiedliche Sekretformen
- Verdauungssäfte (Pepsin, Pepsinogen)
- Insulapparat (Insulin, Glykagon)
- Es ist nicht bekannt ob Pferde Diabetis bekommen können

Anatomie des Atmungstraktes

Nüstern
- oben Nasenknorpel
- Nasentrompete oder falsche Nüstern
- Nasenscheidewand trennt Nasenhöhle in zwei Abteilungen
- Nasenmuscheln dienen der Oberflächenvergrößerung in der Nasenhöhle an Scheidewand angelagert, dienen Vergrößerung der Geruchsfläche
  oberster Gang: Riechgang
  zweiter Gang: Sinusgang
  dritter Gang: Atmungsgang (liegt auf Gaumen auf)
- Nasennebenhöhlen sind zuständig für anfeuchten und Reinigung
- im **Atmungsrachen (= Farenz)** werden die verschiedenen Luftströme wieder zusammengeführt
- **Verbindung Maulhöhle zum Innenohr (= eustachische Röhre)** sorgt für Druckausgleich
- Luftsack an eustachischer Röhre; Vermutung: Luftsack so groß, damit das arterielle Blut gekühlt wird, damit das Gehirn nicht überhitzt wird, weil der Kopf häufig unten ist.
- Ohrspeicheldrüse liegt außen auf dem Luftsack. OP mittlerweile durch Atmungsgang möglich, früher von außen; von unten versucht, dabei große Gefahr der Verletzung der Ohrspeicheldrüse

Kehlkopf
- „Deckel“ muss aufrecht sein und an Gaumensegel anliegen, damit Pferd atmen kann
- 4 Knorpel: Kehldeckel
- Stimmtasche: begrenzt durch Stimmlippe (bei Hund, Katze, Pferd)
- bei enger Stimmritze -> hohe Töne
- bei weiter Stimmritze -> tiefe Töne

Luftröhre
- begrenzt durch Luftröhrenringe, Anzahl ca 50 bis 60
- aus Knorpel (elastische Fasern)
- Enden überlagern sich, werden von Muskel (Luftröhrenmuskel) zusammengehalten
- Hustenreflex bei Erkältung, da Schleim am Atmungsepithel „kitzelt“
- bei Dämpfigkeit: vereiterte Lunge, Eiterbröckchen lagern sich in Luftröhre ab -> sehr schwer abzuhusten

Auskleidung der Brusthöhle
- einschichtiges Plattenepithel

- zwei Brustfellsäcke, stoßen zusammen = Mittelfell (mediastinum), hier findet sich das Herz
- Luftröhre teilt sich auf in die 2 Hauptbronchien
- Luftröhre liegt im Brustfell (= serosa), damit Lunge nicht an Rippenwand -> Mittelfell
- Pneumothorax: wenn Unterdruck in einer der beiden Brustfellröhren verloren geht kollabiert die Lunge (beim Pferd eher selten)

Lunge
- schwach gegliedert in zwei Lappen
  a) spitzer Lappen
  b) Zwerchfellslappen
- optisch getrennt durch Herzausschnitt, Anhangslappen auf der rechten Seite
- Lunge wird von Bronchien durchzogen, Ausläufer der spitzen Bronchien gehen über in Parenchym (Alveole, Alveolargänge)
- Lunge = tubulo-alveoläre Drüse
- Interstitium: unter dem Plattenepithel liegt Bindegewebe, das in Lunge ausstrahlt
- bei Husten auf 2 oder 3 Ringe der Luftröhre drücken (oben ansetzen) bei Hustenreiz ist Qualität feststellbar, kranke Pferde haben sofort einen Reiz
- bis zum 15. Rippenbogen ca geht die Lunge „nach hinten“ - in Ruhe, bei gesundem Tier

Physiologie der Atmung

Definition der Atmung
- äußere Atmung (kein Kontakt mit Zelle)
- innere Atmung (Kontakt mit Zelle)

aüßere Atmung
Ventilation = Bewegung der Luft durch die Atemwege ohne Gasaustausch ; Teil der äußeren Atmung, Luft in Lunge rein und wieder raus
Alveoläre Diffusion = Sauerstoff und Co2 Austausch mit dem Blutkreislauf

Organisation der Atemwege
- Bronchien verzweigen
- ab 16te Aufteilung Veränderung der Struktur und Änderung Name nicht mehr Bronchiole sondern Alveolen
- nicht die gesamte Lunge ist für Gasaustausch zuständig (nur der hintere Teil)

Funktionen der Atemwege
- Luftleitung
- Reinigung der Luft
- Erwärmung und Anfeuchtung der Luft, wichtig für die Schleimhäute
- Gasaustausch
- beteiligt an der Regulation des Säure-Basen-Haushalts

Reinigung der Luft – Mukoziliäre Clearance
Aufbau der Bronchialschleimhaut:
- Zilien arbeiten mit hoher Schlagfrequenz (m/ sec) den Staub wieder Richtung Nase
- Flimmerepithel
- Staub bleibt an Schleimhaut kleben -> Abtransport über Zilien
- Becherzellen produzieren den Schleim

Nutzen des anatomischen Totraums
- Totraum = nicht am Gasaustausch beteiligte Anteile der Atemwege
- Erwärmung der Atemluft, insbesondere im Bereich der Nasenmuscheln

- Reinigung der Atemluft (Partikel kleben auf Schleim und werden mit diesem durch den Flimmerstrom aufwärts befördert (Husten, Niesen)
- Wasserdampfsättigung der Atemluft (47 mmHg)
- Thermoregulation: Wärmeabgabe durch Konvektion und Verdunstung, insbesondere durch Hecheln (größtenteils Totraumventilation)
- Phonation

Funktionelle Elementareinheit der Lunge – der Acinus = Ort des Gasaustausch
Alveole mit Gas – Wasser – Grenzphase = Acinus
Alveole: Aufbau wie Weintrauben, enge Verflechtung von Alveolen und Gefäßen, die Gefäße umschließend

Morphologische Grundlagen: Die Lungenventilation
- die **Einatmung (Inspiration)** ist ein aktiver Vorgang durch die Kontraktion der Inspirationsmuskeln (Zwischenrippenmuskel, Zwerchfell) nach cranial
- die **Ausatmung (Expiration)** ist unter Ruhebedingungen passiv und erfolgt vor allem durch die elastische Retraktionskraft der Lunge nach caudal
- Sie endet in der Atemruhelage, in der alle Atemmuskeln entspannt sind
- aus der Atemruhelage kann mit Hilfe der Expirationsmuskulatur weiter so lange ausgeatmet werden, bis der Thorax nicht weiter verkleinert werden kann (maximale Expirationslage)
- beim Pferd ist die Expirationsmuskulatur auch bei der ruhigen Ausatmung aktiv

Dämpfigkeit
Bei Dämpfigkeit geht das aktive Einatmen, aber nicht das passive Ausatmen. Das Pferd nimmt die Bauchmuskulatur zu Hilfe um das Zwerchfell nach vorne zu drücken. Die Muskulatur wächst, eine Dampfrinne entsteht. Folge einer chronischen Lungenerkrankung.

Inspirations- und Expirationsmuskeln
- thorakale Inspirationsmuskeln ziehen die Rippen nach cranial
- thorakale Expirationsmuskeln ziehen die Rippen nach caudal
- galoppieren unterstützt die Ausatmung; im Galopp atmet das Pferd in der gleichen Frequenz wie Galoppsprung (Zahl der Galoppsprünge = Atemfrequenz)
  Schwebephase: ausatmen
  Streckphase: einatmen

Ventilation und Lungenvolumina

Atemzugvolumen	6 l	
luspiratives Reservevolumen	12 l	
Expiratives Reservevolumen	12 l	=> Vitalkapazität!!

Residualvolumen ca 1,5 l bleibt immer in der Lunge und verhindert verkleben und hilft „neue“ Luft schneller anzuwärmen.

Beeinflussung der Vitalkapazität
- Körpergewicht und -größe
- Geschlecht
- Körperposition
- Trainingszustand
- Alter (Elastizität, Thoraxbeweglichkeit)

Die Vitalkapazität ist nicht standardisierbar, wegen der vielen Einflussfaktoren. Es ist kein Vergleich der verschiedenen Individuen möglich.

Atmungsmechanik
Druck-Volumen-Beziehung mit elastischen und viskösen Atmungswiderständen
- elastische Widerstände (**Compliance = Elastizität von Lunge und Thorax**)
  Oberflächenspannung an der Gas-Wasser-Phasengrenze der Alveolen: surfactant
- visköse Widerstände: nur wirksam wenn die Atemluft strömt, Gewebswiderstand (nicht elastisch)
  Resistance = Strömungswiderstand der Atemwege

Anteile der elastischen und viskösen Komponenten an der Atmungsarbeit
Bei etwa gleich bleibender gesamter Atmungsarbeit für Konstante und Volumen mit zunehmender Atemfrequenz (1/m), steigt die visköse Arbeit (Resistance) bei zunehmender Atemfrequenz und die elastische Arbeit sinkt (Compliance) bei zunehmender Atemfrequenz.

Compliance = Elastizität von Lunge und Thorax
= Volumendehnbarkeit der Lunge
- Beweglichkeit der Rippen
- Elastizität der Atemmuskulatur
- Elastizität des Lungengewebes
- Elastizität der Alveolen
- der Umfang und die Ausdehnung der Lunge bestimmt die Vitalkapazität!
- Elastische Retraktion der Lunge und des Thorax ermöglicht die passive Expiration
- bei entspanntem Thorax (Atemruhelage nach normaler Ausatmung) zusätzliche Ausatmung nur mit Zuhilfenahme der Rippenmuskulatur und des Zwerchfells
- Interpleuraler Druck während Inspiration und Exspiration; bei Inspiration herrscht Unterdruck; bei Expiration wird der Unterdruck geringer
- Bedeutung des Surfactant für die Elastizität der Alveolen = Oberflächenaktive Substanzen (Gemisch aus 10 % Proteinen und 90 % Lipiden), die die Oberflächenspannung in den Alveolen vermindern

Pathophysiologische Bedeutung der Compliance
- eine pathophysiologische Verminderung der Compliance („Volumendehnbarkeit“) der Lunge und/ oder des Thorax wird restriktive Lungenfunktionsstörung genannt
- Vorkommen z.B. Lungenfibrose, Pleuraverwachsungen, Verletzungen des Thorax, Lungenentzündung, schmerzhafte Prozesse im Thorax oder Bauchraum
- **Fibrose = bindegewebige Verhärtung der Lunge**

Visköse Atemwiderstände : Strömungswiderstand
- für laminare Luftströmung gilt analog zum Ohmschen Gesetz I = U*R
- R = Resistance = Strömungswiderstand der Atemwege
- Hagen-Poiseuille-Gesetz
- eine kleine Änderung im Durchmesser des Atemweges hat große Auswirkungen auf den Strömungswiderstand
- Halbierung Radius: 16-facher Widerstand
  Verdopplung Radius: 1/16 facher Widerstand

Steuerung der Weite der Bronchien
Bronchiodilatation: Sympaticus -> Adrenalin -> Fluchtreaktion => Weitung der Bronchien
Bronchokonstriktion: Schlaf, Ruhe, Kälte, Entzündung (Prostaglandine), Allergie (Histamin), Irritationsreflex (Staub) => Verengung der Bronchien -> Reflexartiger Schutz
Sympaticus -> Flucht
Parasympaticus -> Ruhe, Erholung

Steuerung der Weite der Bronchien über die Dicke der Schleimhaut
-> Husten, chronischer Husten -> Widerstand steigt

Pathophysiologische Bedeutung der Resistance
- eine Erhöhung der Resistance kennzeichnet obstruktive Lungenfunktionsstörungen (Dämpfigkeit)
- Vorkommen z.B. bei RAO (recurrant airway obstruction) auch COPD (chronic obstuctive pulmonary disease) Asthma bronchiale, Bronchitiden -> Folge obstruktiver Lungenfunktionsstörung: verminderter Gasaustausch bei vermindertem Lungenvolumen

Transport der Atemgase – Alveolo-kapillare Barriere
Dicke < 1 ym
große Fläche -> Gasaustausch abgeschlossen, wenn das Blut die Lunge verlässt.
Haupttransportform für O2 ist die Anheftung an Hb (Hämoglobin) im Erythrozyt

Schichten der Alveole(-wand)
Plasma -> Kapillarendothel -> Interstitium -> Alveolarepithel (vom Erythrozyt -> Alveole)
Kapillare: kleinstes Blutgefäß
Epithel = „Haut“
Endothel = Innenauskleidung
Plasma = körpereigene Flüssigkeit

Hydronium und Bikarbonat bilden Kohlensäure.

Atemgasfraktionen und Partialdruck

	O2	CO2
Inspirationsluft	20,9	0,03
alveoläres Gemisch	14,0	5,6
Expirationsluft	16,0	4,0

Transport der Atemgase: Sauerstoff
Hämoglobin setzt sich zusammen aus vier Häm-Ketten; jedes Häm kann ein O2-Molekül transportieren -> erstes O2 das andockt verändert die Struktur des Häm -> alle anderen haben es leichter

Sauerstoff-Bindungskapazität des Blutes

Hämoglobin	Oxygenation	Oxyhämoglobin
Hb + 4 O2	---------->	Hb(O2)4

Theoretisch: 1mol Hb bindet max. 4 mol O2; Rechnung: 4 * 22,4 / 64,5 [ml/g] => 1,39 ml O2 pro 1g HB
Praktisch: -> 1,34 ml O2 pro 1 g Hb (Hüfner-Zahl)
Hb Konzentration im Blut ~ 150 g/l => 200 ml O2 pro Liter Blut
Besonderheit beim Pferd: Milz kann Erythrocyten ausschütten, das Sauerstofftransport sprunghaft ansteigt.

O2-Bindungskurve des Myo- und Hämoglobins
S-förmige Kurve für Hämoglobin und Myoglobin. Myoglobin hat nur eine Kette -> kein Umbau!

Effektoren der O2 – Affinität des Blutes
- pH
- Temperatur
- CO2 -Wert (Partialdruck)

- => bestimmen die Festigkeit der Bindung
- Partialdruck CO2 steigt, pH sinkt, Temperatur steigt -> Hämoglobin gibt Sauerstoff leichter ab
- Partialdruck CO2 sinkt, pH steigt, Temperatur sinkt -> Hämoglobin nimmt gut auf, gibt schwer ab, wenn Parameter in diese Richtung -> in der Lunge

Konformationsänderung betrifft Grundempfindlichkeit des Hämoglobins. Mit Muskulatur und Lunge sind die beiden Extreme genannt!

Allosterischer Effektor
lagert sich an Hämoglobin an – vermindert Bindungskapazität des Hämoglobins an Sauerstoff

Geschlechtsorgane

Eierstock (Ovar) mit Eierstocktasche
Größe einer Kastanie, außen die Gefäße, im Zentrum das Parenchym -> Eizellen, an der Ovulationsgrube sind keine Gefäße, dort bildet sich auch der Gelbkörper (bei Mensch: Parenchym außen, Gefäße innen)

KB = Künstliche Besamung
wenn Eizelle in Ovulationsgrube zu sehen ist, muss besamt werden

Primär-
Sekundär- Follikel
Tertiär-

Hormone: Östrogen, LSH; 24 – 48 Stunden vor Ende der Rosse besamen

Im weiten Teil des Eileiters (Ampulle) findet die Befruchtung statt.

1. Phase **Corpus rubrum:** die Follikelhöhle wird mit Blut aufgefüllt
2. Phase **Corpus luteum** (Gelbkörper): Follikelhöhle wird mit Fettzellen etc aufgefüllt, Gelbkörperausbildung
3. Phase **Corpus album (**weiß): fällt zurück in den Eierstock, Resorption, Platz wird frei für nächsten Tertiärfollikel

   bei Befruchtung: Corpus Gravidatis -> Corpus Luteum

Eileiter

Eileitertrichter, Ampulle (weiter Abschnitt, Befruchtung), Isthmus (enger Abschnitt), Eileiterepithel mit Flimmerhärchen -> schlagen Richtung Uterushorn

Im Eileiter befindet sich die befruchtete Eizelle bis zum stadium der Morula. Die Uterusschleimhaut ist flächenförmig, ein Uterushorn wird tragend, bei Zwillingsträchtigkeit sind beide Uterushörner tragend. Ultraschall ist ab dem 16. Tag möglich. Ab dem 3. bis 4. Monat sollte keine Rektaluntersuchung mehr gemacht werden. Die Uterushörner sinken in die Bauchhöhle ab. Der Uterus liegt nun direkt auf der Bauchwand. Kurz vor der Geburt bewirken die Stellwehen das Anheben des Uterus durch die glatte Muskelzellen im Gebärmutterband. Der Zeitpunkt der Geburt ist beim Pferd nur durch die Harztropfen feststellbar. Zum Zeitpunkt der Geburt ist der Muttermund geöffnet, dann setzen die Presswehen ein.

Vagina (Scheidenvorhof)
Drüsen, Ausführungsgang Harnblase, Harnröhre
Bei abfallender Scheide (alten Stuten) kann es zu Urinrückfluss kommen
->Scheidenschmierinfektion -> Tupferprobe

Scheide mit Schamlippen
Klitoris -> Blitzen, Anlocken Hengst
Vollblüter neigen zu Zwillingsträchtigkeiten.
Herpes ist auf dem Vormarsch, auch in der Hundezucht. Deshalb impfen!!

Der Hengst

Geschlechtsfalte, klein, 2 -3 cm, in der Beckenhöhle. Hoden hängt am Keimdrüsenleitband. Hoden wird heruntergezogen, Wanderung, unterhalb der Nieren gebildet, in den Scheidenhautfortsatz. Die Hoden müssen zum Geburtszeitpunkt abgestiegen sein, ansonsten Kryptorchismus „Klopphengst".
Größe Hoden: 8 bis 10 cm

Skrotum
Proc. Vaginalis = Scheidenhautfortsatz = innere Rumpffascie und Bauchfell
äußere Haut, Bindegewebe, Fascie, M. Cremaster: Hodenheber
reagiert auf thermische Reize und Berührung; liegt zwischen Skrotum und Proc. Vaginalis

Hodenarterie und Hodenvene zur „Ernährung" der Hoden. Arterie zieht runter, Vene umwickelt den Hoden wie ein Tauchsieder -> Gegenstromprinzip; arterielles Blut kann leicht heruntergekühlt werden.
Nebenhoden
Kopf, Körper, Schwanz
Schwanz: liegt kapuzenförmig auf dem Hoden, Ort der Fertigstellung/ Produktion der Samenzellen

Samenleiter: abführend bzw. Aufsteigendes Hohlorgan zum Transport der Samenzellen
Samenzellen: sind temperaturempfindlich, müssen gut ernährt werden -> Nährmedien
Ende Samenleiter: akzessorische Geschlechtsdrüsen -> Nährflüssigkeit

akzessorische Geschlechtsdrüsen
Samenleiterampulle, Samenblasendrüse, Prostata/Vorsteherdrüse, Zwiebeldrüse (Nährflüssigkeit, Einstellung pH-Wert (alkalisch)

Ejakulat

pro Ejakulat	40 – 100 ml
aus 1 Sprung	8 – 10 Pailletten

300 000 Samenzellen pro ml +/- 100 000

Peniskopf
Einziehung: spitze Harnsamenröhre -> Tupferprobe von Glanzgrube bei KB-Hengsten (-> EU-Besamungsstation, 14 Tage vor Absamung und 14 Tage nach Absamung)
Penisschaft ist eingelagert ins Prepuzium (Vorhaut), beim Pferd doppelte Falte

Reproduktionsphysiologie des Pferdes

Hormone	hydrophil	Peptidhormone
	hydrophob	Steroidhormone

Peptidhormone: membranständige Rezeptoren, Zielzellen brauchen Membranrezeptoren
Steroidhormone: Rezeptoren im Cytosol oder Kern benötigt
Die Signalkaskade in der Zelle ist die Reaktion der Zelle. Die Dauer ist kurz und amplifiziert, nur so lange, wie das Hormon am Rezeptor ist -> Peptidhormone.
Steroidhormone wirken in der Zelle. Die Wirkung der Hormone ist langfristig und langanhaltend.
-> Zyklus, Gravidität

Östrus = Brunst -> Follikelphase
Ovulation = Eisprung
Ovulation -> Östrus: Gelbkörperphase
Hypothalamus -> Hypophyse -> Ovar
Hypophyse = Hirnanhangsdrüse; hat eine direkte Verbindung zum Hypothalamus
HVL: Gesamtkörper, Schilddrüse, Hoden, Ovar -> GnRH
HHL: Milchdrüse, Uterus, Niere -> Oxytocin
Keine direkte Wirkung der Hypophyse auf: Nebenschilddrüse, Pankreas, Magen-Darm-Trakt, Placenta

GnRH: aus dem Hypothalamus; spezielle hypothalamische Neurone, die pulsatil GnRH sezernieren; Beginn der Sekretion abhängig von Körperoberfläche/ Körpergewicht, Umwelt, Genetik -> wirkt auf die Hypophyse -> Freisetzung von Gonadotropin

Geschlechtsreife
Hengst: 12 bis 19 Monate
Stute: 10 bis 14 Monate (= 1. Rosse)

Feed-Back-Mechanismus
= Rüchkopplung des gebildeten Hormons auf seine eigene Produktion und Sekretion, kann positiv oder negativ ausfallen. Die Pulse sind in der Follikelphase stärker, als in der Gelbkörperphase.
Rückwirkung auf Ausgangsart -> Reflexbogen
LH löst Ovulation aus, aber der Pik kommt erst danach.

Zyklus der nicht tragenden Stute
GnRH reguliert die Synthese, Speicherung und Sekretion von FSH und LH im HVL. In Anwesenheit von Östrogenen sensibiliert GnRH seine Zielzellen im HVL.
Frühe Follikelphase: Synthese von FSH und LH
Späte Follikelphase: Speicherung von FSH und LH
Sekretion noch gehemmt durch Östrogene. Östrogene stimulieren das Einwachsen von Blutgefäßen in den Follikel (Dominanz des reifenden Follikels über den anderen). Bei Erreichen eines kritischen Schwellenwertes für Östrogene im Blut (bei weiterem Wachstum und Reifung Follikel) und gleichzeitigem Anstieg der GnRH-Pulse wird LH in großen Mengen „explosionsartig“ freigesetzt. Follikuläres Östrogen steuert ob und wann die Ovulation eintritt. Ein nicht ovulierender Follikel atresiert. LH-Peak erst nach der Ovulation.

Corpus Luteum
Der Gelbkörper ist 16 bis 18 Tage vorhanden. PGF2a und PGE2 bewirken die Reduktion der Durchblutung der Follikelwand der ovulierten Follikel. Die Follikelzellen bilden sich zu Luteinzellen um. Das Corpus Luteum bildet Progesteron, das Trächtigkeitshormon, hemmt die GnRH Ausschüttung. Der LH-Peak stimuliert autonom die Progesteronsynthese im sich entwickelnden Gelbkörper. Das Signal zur Luteolyse kommt am 14. bis 16. Tag nach der Ovulation

Gravidität
Implantation des Embryos in die Gebärmutterschleimhaut erfolgt erst am 35. Tag nach der Ovulation. **Implantation = Kontaktaufnahme**. Hemmung der Luteolyse durch embryonale Signale.

Hemmung der Luteolyse
Das Signal gibt der Embryo. Der Transport des Signals zum mütterlichen Organismus erfolgt über das Ovar. Dies erkennt das Signal und gibt ein Antwortsignal. Umstellung von Hypophyse, Ovar und Uterus von nicht-gravid auf gravid.

Hormonkonzentration
Progesteron: bis 70. Tag aus Ovar, dann Plazenta
Östrogene: ab 80. Tag aus den Gonaden des Fetus
eCG = equines Choriogonadotropin; 35- bis 150. Tag
Immunregulation während Implantation, Ausbildung akzessorischer Gelbkörper.

Direkte Trächtigkeitsuntersuchungen
- rektale Untersuchung
- rektale und transrektale Sonographie
- vaginoskopische Untersuchung (nur in unklaren Fällen!!)

Indirekte Trächtigkeitsuntersuchung
- Blut-, Blutserum-, Milch- Progesteronbestimmung
- Blutserum-PMSG-Nachweis
- Blutserum-Estronsulfat-Nachweis
- Harn-Estronsulfat-Nachweis
- Harn-Gesamtöstrogennachweis
- Kot-Gesamtöstrogennachweis

Blut etc. Schnelltests ab 18 bis 20 Tage post coitum
=> Progesteron niederig -> sicher nicht trächtig
Progesteron hoch -> „ein bischen schwanger“
-> Nachuntersuchung 2 bis 3 Tage später

Geburt – Hormonale Umstellung Mutter
Anstieg Cortisol -> Geburtseinleitung Fetus
Progesteronabfall
sprunghafter Anstieg -> Östrogen, PGF2a (Plazenta)
Luteolyse – Rückbildung Gelbkörper -> PGF2a
Oxytocin -> Kontraktion (Bildungsort: Hypothalamus)
Progesteron – Schutzhormon, hemmt Kontraktion, wird auch gespritzt bei alten Stuten, unsichere Gravidität
gap injunctions – elektrisch leitende Verbindung zwischen den glatten Muskelzellen
CRT - corticotrope Releasing Faktoren

Phasen der Geburt

Vorbereitungsphase	Harztropfen, Euter
Öffnungsphase	Relaxin (aus der Plazenta)
	Schleimpfropf wird flüssig -> Schleim
Austreibungsphase	
Nachgeburtsphase	

Laktation
Jungtier: gleichmäßige Nahrungsaufnahme, passive Immunität, Mutter-Kind-Beziehung, Aufnahme von Mikroorganismen für Besiedlung des Vormagens und Darmes
Mutter: gleichmäßige Versorgung Jungtier, geringe Anzahl Jungtiere nötig zur Arterhaltung
[Entwicklung Immunsystem erst in den ersten LM]

Morphologie Milchdrüse
Drüsenkörper mit Drüsenparenchym
2 Mammarkomplexe pro Zitze bei der Stute
Milchgänge münden in den Strichkanal

Zitzenzisterne und Drüsenzisterne bilden den Milchspeicher (Zisternenmilch)
Drüsenparenchym mit Alveolen

Laktationsleistung
10 bis 15 kg/ d
1500 – 2600 kg/ Laktation
Laktationsdauer (d): 90 bis 350

Fett (g/l)	19
Laktose (g/l)	62
Casein (g/l)	13
Calcium (g/l)	0,7
Milchserumproteine (g/l)	12

Kolostrum
IG-Transfer

Gruppe I	(Mensch, Kaninchen): Übertragung im Uterus
Gruppe II	geringe Übertragung, Mischform (Maus, Ratte, Pferd)
Gruppe III	(Pferd, Schwein, Ziege, Rind): IgG, IgM, IgA; umfangreiche Endocytose bis 12-24 h pp.

Involution – Rückbildung der Milchdrüse
Euterinnendruck hemmt Sekretion, hemmendes Protein aus Alveolarzellen (Feedback Inhibitor of lactation). Sekretion = autokrine Regulation der Milchsekretion
Mastitis = Euterentzündung
Immunbarriere = zelluläre Abwehr durch neutrophile Granulozyten und Makrophagen, humoral durch Antikörper
mechanische Barrieren = Schließmuskel, Zitzenkanal, elastische Fasern, Kreatinpfropfen (Trockenstehen)
chemische Abwehr = Lactoferrin (eisenbindendes Glucoprotein, antibakteriell, bindet Eisen, hemmt Cytokine), Rind bis zu 1 g/l, Trockenstehen 30 g/l, Kolostrum 3 – 5 g/l, außerdem Enzyme wie Lysozym, Lactoperoxidase für chemische Abwehr