

3. Schrifttum

3.1. Anatomie der Geschlechtsorgane der Stute

3.1.1. Lage und Form der Geschlechtsorgane der Stute

Bei der Stute setzen sich die Geschlechtsorgane aus anatomisch und funktionell unterschiedlichen Hauptabschnitten zusammen. Im Einzelnen sind dies die Eierstöcke (Keimzellen bereitende Organe), Eileiter (Keimzellen leitende Organe), Gebärmutter (Keimzellen bewahrendes Organ), Scheide und Scheidenvorhof (Begattungsorgane) mit Scham und Kitzler (BARTMANN, ÜBERMUTH u. WISSDORF, 2002). Der Scham schließt sich nach kranial der Scheidenvorhof an, welcher im Bereich des Hymenarings, einer Schleimhautfalte, die den Eingang zur Scheide verengt, in die Scheide übergeht. (SCHUMMER u. VOLLMERHAUS, 1987).

Ein effektiver Verschluss der Scheide ist der Hymenarling. Sein Verschlussdruck ist im kaudalen Scheidenbereich an dieser Stelle am größten und stellt so eine wichtige Barriere für das Eindringen von pathogenen Erregern in den Genitaltrakt dar (REIF, 2002).

Die Scheide der Stute erscheint röhrenförmig, misst der Länge nach 15 – 20 cm und im Durchmesser ca. 10 – 12 cm. Um den Bereich des äußeren Muttermundes wird ein ringförmiger Raum, das sogenannte Scheidengewölbe beschrieben. Der Gebärmutterhals ist ein Teil der Gebärmutter, dickwandiger als dieselbe und 5 – 7,5 cm lang. Ihre innere Oberfläche ist in Längsfalten angeordnet. Besonderes Merkmal sind die hohe Dehnbarkeit und das Fehlen von ringförmigen Schleimhautfalten. (RIEGEL u. HAKOLA, 2002)

Der Uterus des Pferdes ist durch einen sehr geräumigen Uteruskörper ausgezeichnet, dem die beiden relativ kurzen, schlauchförmigen Uterushörner aufgesetzt sind. Die Uterushörner sind wenig länger als der Uteruskörper und messen 22 - 25 cm. Sie streben vom Fundus des Uteruskörpers aus ventral konvex durchgebogen, divergierend kranial und erreichen mit ihren stumpfen Enden fast unmittelbar die Eierstöcke. Ebenso wie die Uterushörner ragt der große Uteruskörper in die Bauchhöhle hinein. Das breitflächige, mit Muskulatur ausgestattete Mesometrium entspringt an der Seitenwand der Beckenhöhle und der Lendengegend und befestigt sich am konkaven, mesometrialen Rand der Uterushörner und am Corpus uteri bis zur Zervix hin (SCHUMMER u. VOLLMERHAUS, 1987; LIEBICH u. BUDRAS, 2004).

Die innere Oberfläche der Gebärmutter enthält im Durchschnitt 5 bis 10 Schleimhautfalten, die in Längsrichtung angeordnet sind (RIEGEL u. HAKOLA, 2002).

Die Wand des Uterus setzt sich mikroskopisch-anatomisch aus folgenden Schichten zusammen: 1. Endometrium mit Lamina epithelialis, Lamina propria mucosae und Myometrium, 2. Perimetrium (Bauchfellüberzug). Das Oberflächenepithel der Uterusschleimhaut ist einschichtig und hochprismatisch. In Abhängigkeit vom Zyklusstand tragen die Zellen Kinozilien. In der sich anschließenden bindegewebigen Schicht, Lamina propria mucosae, befindet sich eine große Anzahl von tubulär verzweigten Uterindrüsen (BARTMANN, ÜBERMUTH u. WISSDORF, 2002).

Der Eileiter von 2 – 3 cm Länge beginnt mit dem Infundibulum und verläuft mäanderförmig zum kuppelförmigen Kranialende des Uterushorns. (SCHUMMER u. VOLLMERHAUS, 1987).

Die Eierstöcke liegen im dorsalen Teil der Bauchhöhle, kranioventral vom Darmbeinflügel ungefähr in Höhe des fünften Lendenwirbels. Die Eierstöcke sind durch dicke, breite Mesovarien aufgehängt (DYCE, SACK u. WENSING, 1991).

Bei geschlechtsreifen Stuten sind die Eierstöcke sehr groß und haben eine bohnenförmige Gestalt. Sie sind im Durchschnitt 50 - 80 mm lang und 20 - 40 mm breit (SCHUMMER u. VOLLMERHAUS, 1987). Beim kräftigen Zugpferd können sie in der Längsachse bis zu 100 mm messen (DYCE, SACK u. WENSING, 1991).

Der größte Teil der Eierstöcke ist von Bauchfell überzogen, wobei die keimdrüsentragende Ovulationsfläche am freien Rand in die Tiefe einer Grube, der Ovulationsgrube, gebettet ist. (SCHUMMER u. VOLLMERHAUS, 1987).

Die Follikel und die Corpora lutea liegen im Zentrum des Eierstocks und an der Ovulationsgrube. Da die Follikel nur an der Ovulationsgrube freigesetzt werden, bilden die Follikel und die Corpora lutea keine Oberflächenerhebungen und sind bei rektalen Untersuchungen nicht so leicht zu fühlen wie bei einer Kuh (DYCE, SACK u. WENSING, 1991).

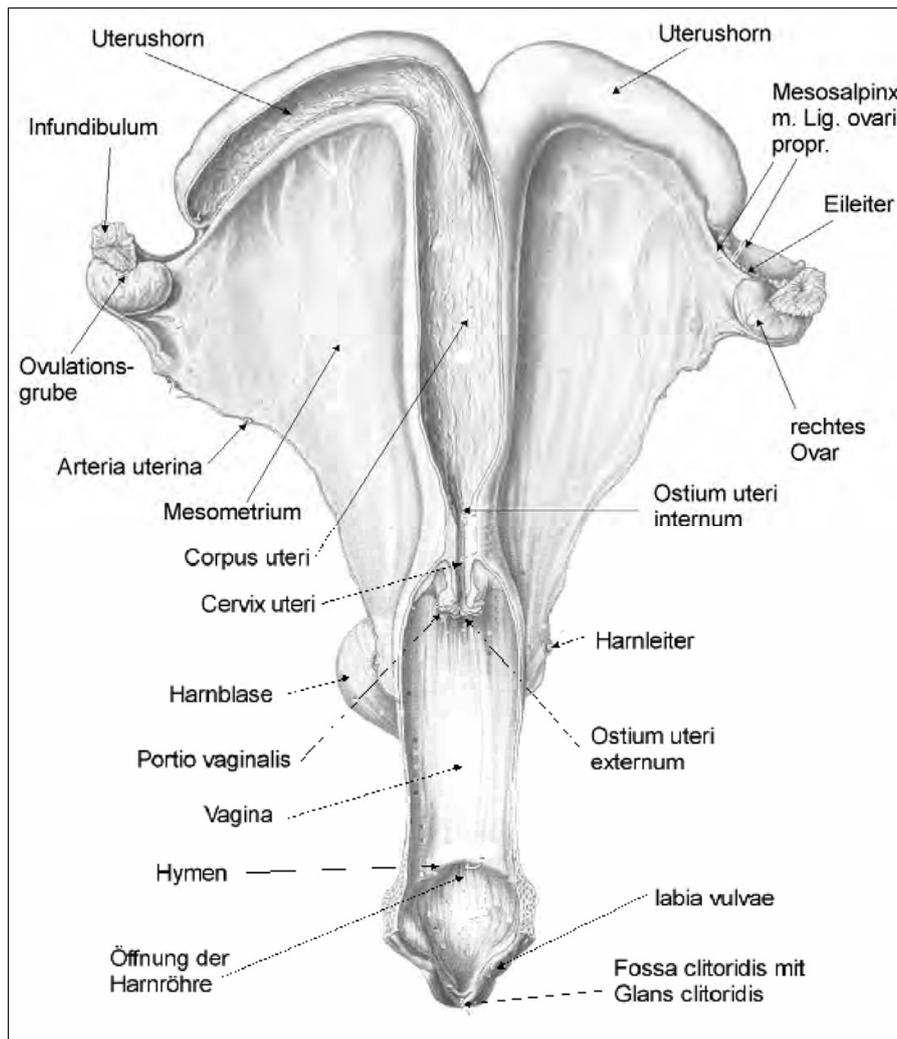


Abbildung 1

*Weibliche Geschlechtsorgane eines Pferdes
Dorsalansicht; Genitaltrakt zum Teil dorsal eröffnet
(veränderte Abb. aus: SCHUMMER u. VOLLMERHAUS, 1987; Abb. 558; S. 417)*

3.1.2. Zyklusbedingte Unterschiede im Aufbau der Uteruswand

Zyklische Veränderungen sind wie bei anderen Tierarten mit erhöhter Wasseraufnahme, vermehrter Durchblutung und mit Vergrößerung der Uterindrüsen verbunden. Dies führt zu einer Verdickung der Uteruswände wodurch die Aufnahme der Blastozyste vorbereitet wird (DYCE, SACK u. WENSING, 1991).

Die Morphologie des Endometriums ändert sich je nach Zyklusstand. Sämtliche Bestandteile des Stroma endometrialis, das Bindegewebe, die Uterindrüsen und die Gefäße sind zyklusabhängigen Veränderungen unterworfen (LIEBICH, 1993).

Während des Anöstrus sind die Uterindrüsen klein und inaktiv. Die Epithelzellen zeigen eine kubische Form, es ist keine Flüssigkeit in der Lamina propria eingelagert (KENNEY, 1978). Im Proöstrus, dem Beginn der Proliferationsphase, zeigt das Epithel Stadien unterschiedlicher Aktivität. Die Epithelzellen sind kurz und zylinderförmig. Das Ödem in der Lamina propria nimmt zu. Die Drüsen ordnen sich in Gruppen an und beginnen sekretorisch aktiv zu werden. Während des Östrus zeigen die Epithelzellen die klassische Zylinderform. Die Lamina propria ist durch den Einfluss von Östrogenen deutlich ödematisiert, so dass die proliferierten Drüsen weniger dicht gepackt erscheinen. Die Anzahl der Epithelzellen ist vermehrt. Die interzellulären Räume erweitern sich, sind reich an Körpergrundflüssigkeit und deutlich vaskularisiert. Im Diöstrus ändert sich die Höhe des Epithels. Die Zellen zeigen zu Beginn der Sekretionsphase eine kubische Form, nehmen aber gegen Ende des Diöstrus an Höhe zu. Die Lumina der während der Proliferationsphase entwickelten Uterindrüsen sind erweitert und mit Sekret gefüllt, das Ödem in der Lamina propria nimmt ab (RIEGEL u. HAKOLA, 2002; LIEBICH, 1993).

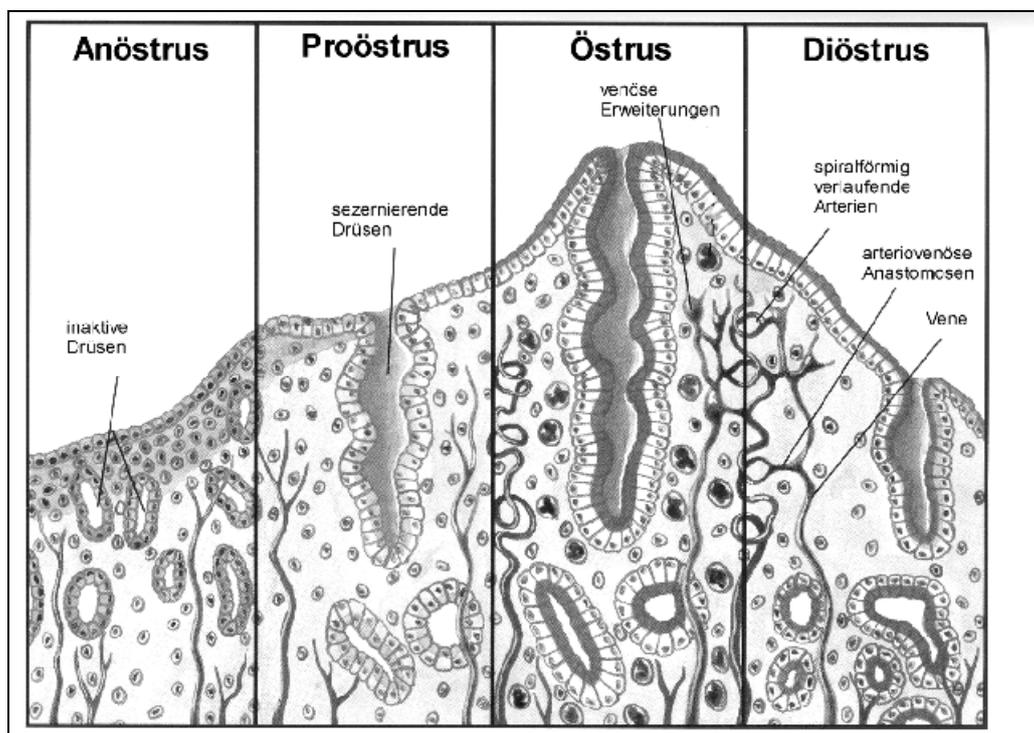


Abbildung 2

*Veränderungen der Gebärmutter-schleimhaut während des Zyklus
(veränderte Abb. nach HAKOLA u. DIRIG, 2002)*

3.2. Entzündliche und degenerative Veränderungen der Uterusschleimhaut

In der Pferdezucht spielen zunehmend entzündliche und / oder degenerative Veränderungen der Schleimhaut des Endometriums eine Rolle. Für die mangelnde Fruchtbarkeitsleistung wird zusätzlich eine besondere Prädisposition mancher Tiere für diese gestörten Umbauprozesse innerhalb des Endometriums angeführt (KURZ, 2003).

Bei den Veränderungen der Gebärmutter Schleimhaut unterscheidet man zwei grundlegend unterschiedliche Formen, die vereinzelt auch vergesellschaftet auftreten können. Es handelt sich einerseits um akute, persistierende oder rezidivierende Entzündungen, andererseits um degenerative Veränderungen, die sog. Endometrose. Dieser Begriff wurde eingeführt um eine klare Abgrenzung von histologisch erfassbaren chronischen degenerativen Veränderungen des Endometrium zu schaffen (ALLEN, 1993).

Die typischen Veränderungen der Endometrose wurden von GREENHOF und KENNEY (1975) beschrieben.

Mit Hilfe des sog. „*Kenneyschlüssels*“ wurden die in Uterusbiopsaten histologisch sichtbaren Veränderungen von KENNEY und DOIG (1986) klassifiziert.

Kategorie	Pathologische Veränderung (VÄ) des Endometriums
I	Keine VÄ
IIa	Leichtgradige VÄ
IIb	Mittelgradige VÄ
III	Hochgradige VÄ

Tabelle 2

*Histologische Veränderungen in Uterusbiopsien
(nach KENNEY und DOIG, 1986)*

SCHOON et al. (1997) berichten, dass die als Endometrose bezeichneten Alterationen glandulärer Epithelien nicht zwangsläufig mit entzündlichen Veränderungen (z.B. CDE, chronisch degenerative Endometritis) einhergehen. Sogenannte Lymphlakunen können in Folge einer obliterierenden bzw. obstruierenden Angiosklerose entstehen.

Eine Persistenz des endometrialen Ödems nach der Ovulation wird im Zusammenhang mit einer Degeneration der endometrialen Gefäße und einer dadurch verminderten Fertilität von LEBLANC (2003) und GRÜNINGER et al. (1998) beschrieben. Eine vermehrte Flüssigkeitsfüllung kann im Zusammenhang mit einer Fibrose der Zervix, degenerativen Veränderungen des Endometriums (Endometrose) sowie reduziertem Lymphabfluss auftreten (AURICH u. KOLM, 2005).

Nach Instillation des Samens wird eine Entzündung des Endometriums beobachtet, die einen, für die Einnistung des Embryos, wichtigen vorbereitenden physiologischen Vorgang darstellt um überflüssiges Seminalplasma, Spermatozoen oder andere Kontaminanten aus dem Uterus zu entfernen (KATILA, 1995; SIEME et al., 2005; AURICH u. KOLM, 2005; GÜVENC et al., 2005; SINNEMAA et al., 2005).

Durch komplexe Interaktionen zwischen zellulärer und humoraler Immunantwort, und mechanischer Clearance (myometriale Kontraktionen), ist der Entzündungsprozess innerhalb von 48 bis 72 Stunden abgeklungen.

Bei der persistierenden Endometritis handelt es sich dagegen um einen entzündlichen Vorgang des Endometriums, der länger als 96 Stunden nach der Bedeckung andauert. (SIEME et al., 2005 ; MALOUFI et al., 2002).

Für die sog. „post-breeding endometritis“ ist eine verminderte uterine Clearance infolge gestörter Abwehrmechanismen verantwortlich (AURICH u. KOLM, 2005).

Bei einer persistierenden Entzündung bleibt das endometriale Ödem bestehen und wird teilweise verstärkt (LEBLANC, 2003).

3.3. Sexualzyklus der Stute

3.3.1. Saisonalität

Der Zyklus der Stute unterliegt einem saisonal polyöstrischen Verhalten, welches durch ZNS-beeinflussende Umweltfaktoren, wie Tageslichtdauer, Klima und Fütterung, gesteuert wird. Der photosensitive Stimulus wirkt ab einer Nachtlänge von 9,5 - 10,5 Stunden und der Sexualzyklus setzt sich in Gang. (GLATZEL, 1997).

Im Winter treten bei der Stute kaum oder gar keine Ovulationen auf, während die Ovulationsrate im Sommer maximal ist. Frühjahr und Herbst sind Übergangsperioden (GINTHER, 1979).

Hierfür verantwortlich ist das Hormon Melatonin, welches im Pinealorgan, vermehrt in Phasen der Dunkelheit, synthetisiert und sezerniert wird. Das Melatonin reguliert die gonadotropinfreisetzenden Hormone und dadurch auch den saisonalen Reproduktionszyklus (ECKERT, 1993).

In Ausnahmefällen kommt auch eine sexuelle Aktivität im Winter vor. Diese Zyklen sind unregelmässig und weisen eine längere Rosse als im Sommer oder im beginnenden Herbst auf. Die geschlechtliche Ruhephase im Winter ist durch eine geringere ovarielle Aktivität und eine herabgesetzte Follikelreifung gekennzeichnet. (HUGHES et al., 1975).

Die Dauer der Rosse ist in der Fortpflanzungssaison am kürzesten (ca. 5 Tage) und außerhalb der Decksaison am längsten (7-8 Tage) (HUGHES, 1972).

Die Dauer der Rosse ist von Februar bis April länger als von Mai bis Juli. Je länger die Rosse ist, desto kürzer ist die Zeit der Zwischenrosse; und umgekehrt (HANDLER u. AURICH, 2005).

Diese saisonale Ovaraktivität konnte mit Hilfe von Progesteronmessungen dargestellt werden. Hierbei sind die ausbleibenden, verlängerten oder unregelmäßigen Gelbkörperaktivitäten durch entsprechende Hormonmuster charakterisiert (GLATZEL, 1997).

Mit Hilfe von Lichtprogrammen lassen sich diese saisonalen Effekte steuern (KANGASNIEMI, 1995)

Mit abnehmender Tageslichtlänge im Herbst nimmt die Häufigkeit an östrischen Zyklen bei Stuten auf der nördlichen Erdhalbkugel ab (BUSCH u. KLUG, 1999).

Es kommt zur Verkleinerung der Ovarien. Diese fühlen sich in der anöstrischen Phase derber an. Ebenso nimmt die Follikelgröße und Anzahl deutlich ab. (SHARP, 1980). Der Uterus erschlafft (HUGES et al., 1975). Die Vulva ist trocken und faltig. Die Stute zeigt keine Paarungsbereitschaft (BUSCH u. KLUG, 1999).

Als Grund für eine gewisse saisonale Unabhängigkeit spielt neben der geographischen Lage auch die Pferderasse eine Rolle. Hier beobachtet man bei den schwereren Schlägen (z.B. Kaltblut) eine größere Empfindlichkeit als bei den Leichtereren (z.B. Araber). Generell ist beim Pferd als „Langtagtier“ die sexuelle Hauptsaison von April bis August zu erwarten (GLATZEL, 1997).

3.3.2. Zyklusintervall und Rosse

Die Zykluslänge hat während der Paarungszeit eine durchschnittliche Länge von 20 – 23 Tagen und wiederholt sich meist in regelmäßigen Abständen (GINTHER, 1974).

Der Sexualzyklus der Stute kann in zwei klinisch manifeste Abschnitte unterteilt werden: Rosse (Östrus) und Zwischenrosse (Diöstrus) (MALINOWSKI, 1993; HANDLER u. AURICH, 2005).

Die Rossedauer von 3 – 12 Tagen ist variabel, wobei in der Übergangsphase, zu Beginn der Deckperiode, meist längere Rossen zu beobachten sind als gegen Ende der Decksaison (HUGES et al., 1972; GINTHER, 1974; GINTHER, 1979). Die Dauer der Rosse ist von Februar bis April länger als von Mai bis Juli. Je länger die Rosse dauert, desto kürzer ist die Zwischenrosse; und umgekehrt (HANDLER u. AURICH, 2005).

In Anwesenheit eines Hengstes zeigt die Stute äußere Rossesymptome. Dazu gehören: Duldung des Hengstes, Heben und Seitwärtslegen des Schweifes, Blitzen (rhythmisches Ausstülpen der Klitoris) und Absetzen von kleinen Mengen Brunstsekrets und Harn. Ohne die Anwesenheit eines Hengstes (z.B. Probierhengst) ist die Beurteilung der Rosse schwieriger (BADER u. TISCHNER, 1991).

Mit Hilfe der rektalen, vaginalen und sonographischen Untersuchungsbefunde lassen sich der Zyklusstand und die Ovulationsnähe auch ohne Probierhengst recht sicher feststellen (HANDLER u. AURICH, 2005).

Sonographisch kann man Follikel und den sich auf dem Ovar anbildenden dominanten Follikel darstellen und ausmessen. Der dominante Follikel, wächst im Laufe der Rosse zu einem Durchmesser von 30 - 60 mm heran (GINTHER, 1979).

Der dominante Follikel misst 3 Tage vor der Ovulation ca. 3-4 cm. Während des Follikelwachstums und der Follikelreifung bildet dieser zunehmend Östrogen (Östradiol-17 β). Im „Frühjahr“ über 3-4 Tage, und im „Sommer“ über 1-2 Tage, um den kritischen Schwellenwert zur Auslösung des ovulatorischen LH-Werts zu erreichen. Wobei die Östrogenmaximalwerte 1-2 Tage vor der Ovulation zu erkennen sind (GLATZEL, 1997). Der zur Ovulation gelangende Follikel hat dann meist einen Durchmesser von mehr als 4 cm und weist eine weiche, fluktuierende Konsistenz auf. Die Ovulation findet zumeist am letzten Tag der Rosse statt (GLATZEL, et al., 1981).

3.3.3. Puerperium und Fohlenrosse

Laut Definition ist das Puerperium die sich an den Abgang der Nachgeburt anschließende Phase welche durch die Involution des Uterus gekennzeichnet ist (HODEMAKER, 1999).

Diese Involutionvorgänge können klinisch durch transrektale Palpation sowie Ultraschalluntersuchungen begleitet werden. Dabei ist der Uterus bei ungestörtem Puerperalverlauf bereits 3 Tage p.p. zurückgebildet und am 9. Tag p.p. weitgehend unauffällig wobei einer Belegung in der Fohlenrosse nichts im Wege steht (GLATZEL u. BELZ, 1995).

Das klinische Puerperium stellt die Größenabnahme des Uterus und die Wiederherstellung der Implantationsfähigkeit der Uterusschleimhaut dar, wobei der Abschluss der Involution keine unbedingte Voraussetzung für eine erneute Gravidität ist (RÜSSE u. GRUNERT, 1978).

Die Fohlenrosse, die am 9.-20. Tag post partum stattfindet, beeinflusst und schließt die uterinen Involutions- und Umbauvorgänge ab (BELZ, 1994; KANGASNIEMI, 1995).

Der erste ovulatorische Zyklus, die Fohlenrosse, scheint für die Vollendung des puerperalen Selbstreinigungsprozesses essentiell zu sein (VANDEPLASSCHE et al., 1972).

Bei 25% der Stuten kann kurz vor der Ovulation in der Fohlenrosse noch vaginaler Ausfluss beobachtet werden (KOSKINEN u. KATILA, 1987).

Bei verzögertem Abgang der Nachgeburt mit nachfolgenden entzündlichen Reaktionen des Endometriums verlängert sich die Involutionsphase. Die Fertilität in der Fohlenrosse sinkt (BELZ, 1994; KANGASNIEMI, 1995).

HANDLER und AURICH (2005) empfehlen eine Belegung der Stuten in der Fohlenrosse, da aus endokrinologischer Sicht dann mit größter Sicherheit eine zeitgerechte Ovulation erfolgt. In den nachfolgenden Zyklen ist die LH-Sekretion als auch die IGF-I-Konzentration im Plasma erniedrigt, welche verzögerte Ovulationen zur Folge haben.

Jedoch sind die Aussichten auf eine erneute Trächtigkeit im Anschluss an die Fohlenrosse in den Monaten Februar, März und April niedriger als in den übrigen Monaten der Zuchtsaison (HANDLER u. AURICH, 2005; GLATZEL u. BELZ, 1995)

Je früher die Fohlenrosse und die ovarielle Aktivität post partum stattfindet, desto größer sind die Konzeptionsaussichten, bei verzögerter Aktivität der Ovarien und später Fohlenrosse sind die Trächtigkeitsraten schlechter. (BELZ, 1994; GLATZEL u. BELZ, 1995).

3.3.4. Hormonale Steuerung des Zyklus

In der Adenohypophyse führen hypothalamische Releasing Hormone (RH) zur Ausschüttung der Gonadotropine FSH und LH. Im Ovar induziert FSH die Reifung der Follikel und LH die Synthese von Östrogenen. Da während dieser Follikelphase Östrogen stimulierend auf die FSH/ LH-RH-sezernierenden Zellen im Hypothalamus zurückwirkt (positive Rückkopplung), kommt es zu einem raschen Anstieg der FSH-, LH- und Östrogenkonzentrationen (PANTKE, 1990; WEHNER u. GEHRING, 1995).

Erreicht der Östrogenspiegel im Blut einen Schwellenwert, so steigt die Anzahl der RH-Freisetzungen pro Zeiteinheit aus dem Hypothalamus über mehrere Tage, und es kommt zur präovulatorischen LH-Ausschüttung. An ovariectomierten Stuten konnte simuliert werden, dass die exogene Östrogenzufuhr, wie aus dem reifenden Follikel, die LH-Sekretion vor der Ovulation stimuliert und die Ovulation beim LH-Maximum einleitet (PANTKE, 1990).

Der Follikel läuft aus, die Eizelle wird freigesetzt (WEHNER u. GEHRING, 1995).

Kommt es nach der Freisetzung der Eizelle innerhalb von 2-12 Stunden zur Befruchtung, so wird aus dem zyklischen Gelbkörper ein Corpus luteum graviditatis, welches bei einer Stute über den Zeitraum einer Corpus-luteum-periodicum-Phase hinaus Progesteron sezerniert.

Dieser primäre Gelbkörper wird um den 40.-60. Tag der Frühträchtigkeit durch sekundäre Gelbkörper abgelöst. Diese entstehen aus luteinisierenden Follikeln, die nicht ovulierten (SQUIRES et al., 1987).

Ab dem ca. 200'sten Trächtigkeitstag ist die Plazenta der einzige Ort der Progesteronproduktion.

Findet keine Befruchtung der Eizelle statt, so wird der Gelbkörper zum „Corpus luteum periodicum“ und von PGF₂ α (aus dem Endometrium) aufgelöst. (LEIDL et al., 1978; GLATZEL u. BELZ, 1995).

Welche Rolle das PMSG bei der Ausbildung der akzessorischen Gelbkörper spielt, wird gegensätzlich diskutiert. Es weist sowohl FSH- als auch LH-Wirkungen auf und wird in den sog. „endometrial cups“ vom 32.-40. bis 120.-130. Tag gebildet. PMSG wird nicht in allen Equiden gleichermaßen gebildet (GLATZEL, 1997).

3.4. Grundlagen der Sonographie

Ultraschallsignale sind Schallwellen mit Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörbereiches, oberhalb von 20 kHz. Manche Tiere, z.B. Fledermäuse, können diese hohen Frequenzen (bis 120 kHz) hören. Nach anfangs ausschließlich militärischer Anwendung wird Ultraschall neben den medizinischen Anwendungen, beim Echolot der zivilen Schifffahrt, in der Werkstoffprüfung, beim Fischfang usw. eingesetzt. (KOCH, 1993; KAMKE u. WALCHER, 1994; WAGNER-WILLER u. WIESNER, 2000)

In den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts kam es durch den Einsatz des Ultraschalls in der medizinischen Diagnostik zu großen Fortschritten (NAUTRUP u. WISSDORF, 1993). In der Medizin kommen beim bildgebenden Ultraschallverfahren meist Frequenzbereiche von 2 bis 20 MHz zur Anwendung. Die grundlegende Funktionsweise für die bildgebende Ultraschalltechnik beruht auf dem Impulsechoverfahren. Bei diesem werden von einem piezoelektrischen Kristall, der mit einer entsprechenden Hochfrequenz zu mechanischen gleichfrequenten Schwingungen angeregt wird, Schallwellen ausgesandt und Echos wieder empfangen. Die gerichteten, stark gebündelten Ultraschallwellen werden als kurze Impulse in das Objekt hineingesendet. An jeder Grenzschicht zwischen unterschiedlichen „schallharten“ Medien (z.B. Haut-, Muskel-, Organparenchym) treten Reflexionen auf. Die reflektierten Wellen werden als Echo bezeichnet und gelangen wieder zum, nun als Empfänger

geschalteten Schallkopf zurück. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist in den verschiedenen Geweben unterschiedlich. Die ausgesendeten Ultraschallwellen werden an den Grenzflächen unterschiedlicher Medien (Gewebe) gemäss der physikalischen Gesetze der Optik gedämpft, gestreut, gebrochen, reflektiert oder absorbiert (KOCH, 1993; HERMES, 1997; NYBORG, 2001). Zur Interpretation der aufgenommenen Bilder weisen GLATZEL et al. (1996) auf die Ursachen von verfälschenden Artefakten hin.

Die Echoimpulse werden in elektrische Impulse umgewandelt, verstärkt und auf einem Bildschirm dargestellt. Man unterscheidet die eindimensionale A-Bild-Methode, die zweidimensionale B-Bild-Methode und weitere Bildverfahren. Die B-Bild-Methode wird z.B. bei der Bestimmung der Lage, Form und Größe von parenchymatösen Organen, der Erkennung von Stauungen und Steinbildungen, bei der Tumorsuche und –Differenzierung, für die Überwachung von Transplantaten sowie bei gynäkologischen Untersuchungen eingesetzt. Beim B-Bild-Verfahren (brightness-scan) werden die Echos an der entsprechenden Stelle als Lichtpunkte auf dem Bildschirm (Monitor) dargestellt. Der Lichtpunkt entspricht in seiner Helligkeit (Grauwertskala) der Stärke des Echos. Es entsteht ein zweidimensionales Schnittbild in der „Scanebene“ (Tomogramm). Beim Linear-Scan wird der Schallkopf in nur einer Ebene bewegt, bei der der Einfallswinkel unverändert bleibt. Hierdurch lassen sich zeichnungsfreie Darstellungen verschiedener anatomischer Strukturen erzeugen. Die Feindiagnostik wird durch das Auflösungsvermögen begrenzt. Höhere Frequenzen erlauben zwar eine bessere Auflösung, aber mit zunehmender Frequenz nimmt die Dämpfung der Schallwellen in Geweben zu, so dass man zu einem Kompromiss zwischen Eindringtiefe und Auflösungsvermögen gezwungen ist (KOCH, 1993; WIESNER, 2000; HERMES, 1997; BERKES, 1992).

Die meisten Schallköpfe, die zur transrektalen Sonographie und damit in der Stutengynäkologie eingesetzt werden, sind B-Bild-Linearschallköpfe der Frequenzen 3,5; 5 oder 7 MHz (TAYLOR u. HILLYER, 2001).

3.5. Sonographie in der Pferdegynäkologie

3.5.1. Untersuchungstechnik

Immer mehr Züchter ziehen zur Belegung von Stuten die künstliche Besamung vor (BRAGG, 1999). Bei der künstlichen Besamung werden die größten Erfolge erzielt, wenn man so nah wie möglich am Ovulationszeitpunkt besamt (KLUG u. ANDRES, 1987). Die Überlebensdauer männlicher Gameten im Genitaltrakt der Stute variiert sehr deutlich zwischen den Hengsten (24 Stunden - 6 Tage). Die Lebensdauer der Eizelle hingegen nimmt mit zunehmendem Abstand zur Ovulation kontinuierlich ab (SIEME et al., 2005).

Die rektale Palpation und die Sonographie sind geeignete Untersuchungsmethoden mit deren Hilfe man den Ovulationszeitpunkt bestimmen kann. Wobei die Benutzung von Ultraschall zur Deckterminbestimmung die Konzeptions- und Abfohlungsraten erhöht (MALINOWSKI, 1993).

Vor der sonographischen Untersuchung sollte immer eine rektale Palpation durchgeführt werden (KÄHN, 2004; TAYLOR u. HILLYER, 2001; HANDLER, 2005).

Die sonographische Untersuchung von Uterus und Ovarien wird bei Stuten transrektal vorgenommen (KÄHN, 2004).

Als Ultraschallsonde hat sich ein transrektaler B-Mode-Linearschallkopf bewährt. Eine Pulsfrequenz von 5 MHz lässt eine gute Detailauflösung, sowie eine ausreichende Eindringtiefe, von ca. 10 cm, zur Darstellung der Genitalorgane, Embryonen und Pferdefeten zu (TAYLOR u. HILLYER, 2001; KÄHN u. LEIDL, 1987).

So sind flüssigkeitsgefüllte Bläschen, u.a. Follikel, von 3-5 mm Durchmesser bei 5 MHz gut zu erkennen (PALMER u. DRIANCOURT, 1980).

Nach dem Entfernen von Fäzes wird die Ultraschallsonde in der hohlen Hand in die Ampulla recti eingeführt. Die Orientierung erfolgt durch Erkennen von Harnblase und Corpus uteri am Bildschirm. Nach Sicherstellung der Position wird nacheinander Uterus, Bifurkation, Horn und Ovar scheinweise sichtbar gemacht; also Querschnitte der Uterushörner (KÄHN, 2004).

Die Untersuchung muss immer systematisch erfolgen um mögliche Darstellungsfehler zu vermeiden (TAYLOR u. HILLYER, 2001).

Die Zervix, der Uterus, die Cornua uteri und die Ovarien werden vollständig dargestellt, beurteilt und bei Bedarf vermessen (HANDLER, 2005).

Bei der Ultraschalluntersuchung sollten gerade anfangs die Palpationsbefunde mit den sonographischen Feststellungen verglichen werden. Es gestattet ein Erkennen und Identifizieren von Bestandteilen des Genitales und die Zuordnung von charakteristischen Echomustern. Diese liefern wertvolle Informationen über die Struktur der Gewebe und die Natur eventuell vorkommenden Inhalts anhand der Echogenität ihres sonographischen Erscheinungsbildes. (KÄHN, 2004; HANDLER, 2005).

3.5.2. Sonographische Befunde am zyklischen Uterus der Stute

Die Ultraschalltechnik ermöglicht es, die zyklusbedingten morphologischen Veränderungen der Reproduktionsorgane von Stuten sichtbar zu machen. Es sind deutliche Veränderungen des Erscheinungsbildes des Endometriums während des Zyklus zu beobachten (PALMER u. DRIANCOURT, 1980).

Diese Merkmale haben praktische Bedeutung in der Festlegung des optimalen Besamungszeitpunktes (HAYES et. al, 1985).

Im Diöstrus und im Anöstrus hat der Uterus eine eher gleichmäßige, homogene Struktur (GINTHER u. PIERSON, 1984; HAYES et al., 1985; BRAGG-WEVER, 2002; LEBLANC et al., 2003).

Das Lumen des Körpers der Gebärmutter ist häufig, durch spiegelartige Reflexionen der Oberfläche des Endometriums, als eine weiße Linie zu erkennen (GINTHER und PIERSON, 1984).

Im Querschnitt erscheint diese Reflektion punktförmig, im Längsschnitt als helle Linie (KÄHN, 2004).

Während des Östrus können endometriale Falten, ein endometriales Ödem, sichtbar gemacht werden (GINTHER u. PIERSON, 1984; HAYES et al., 1985; SAMPER, 1997; BRAGG, 1999; BRAGG-WEVER, 2002; LEBLANC et al., 2003).

Endometriale Felder können ebenfalls während der Frühträchtigkeit gesehen werden (LEBLANC et al., 2003).

3.5.3. Das Radspeichenstruktur-Phänomen (RSS) in der Rosse

Bei der sonographischen Darstellung beobachtet man im Gegensatz zu einem eher homogenen Bild im Diöstrus während des Östrus ein heterogenes Bild. Dicht zentral gelegene Felder erscheinen echogen und ödematisierte Innenflächen erscheinen echoarm. Der Querschnitt des Uterushorns ähnelt in seinem sonographischen Erscheinungsbild einer aufgeschnittenen Orange oder einem Wagenrad mit Radspeichen. Manchmal kann während des Östrus freie Flüssigkeit im Uteruslumen beobachtet werden (GINTHER u. PIERSON, 1984; LEBLANC et al., 2003).

Auch BUSCH und KLUG (1999) bezeichnen die ödematisierten Längsfalten des Endometriums im sonographischen Querschnitt als „typische Radspeichenstruktur“.

Mit Hilfe von endoskopischen Untersuchungen bestätigen BRACHER u. ALLEN (1992) die Anwesenheit eines endometrialen Ödems mit kleinen Mengen freier Flüssigkeit während des Östrus bei normal fertilen Stuten.

Es ist möglich, die Stärke der Felderung im Querschnitt des Uterushorns in Ausprägungsgrade einzuteilen: Homogenes Bild im Diöstrus (Grad 1), ausgeprägte Felderung (Grad 3) und mittelmäßig ausgeprägte Felderung (Grad 2) (GINTHER und PIERSON, 1984; HAYES et al., 1985).

SAMPER (1997) teilt das endometriale Ödem in Ausprägungsgrade von 0 (keine Felderung zu sehen) bis 5 (stärkste Ausprägung der Felderung) ein.

Man nimmt an, dass die endometrialen Falten während des Östrus aufgrund der erhöhten Östrogenkonzentrationen ödematös werden. Der Grad der Ausprägung der Felderung korreliert mit der Ausprägung der äußeren Rosse. Die sonographisch sichtbaren Merkmale des Uterus können ein Indikator für die Östrogenkonzentration in der Stute sein. Die Felderung wird um den Tag -8 bis -7 a.ov. sichtbar, erreicht am Tag -3 ihr Maximum und beginnt am Tag -2 sich zurückzubilden. Am Tag +2 p.ov. gleicht das Bild wieder dem typischen homogenen Bild des Uterus im Diöstrus (HAYES et al., 1985).

Der Östradiol-17 β Wert und die Ausprägungsstärke des endometrialen Ödems hängen direkt von einander ab. Stuten mit einem niedrigen Östradiol-17 β Wert neigen im Verlauf des Östrus auch nur zu geringfügigen Änderungen der sonographischen Uterustextur. (BRAGG-WEVER et al., 2002).

Hingegen berichtet PYCOCK (2002) keinen direkten Zusammenhang zwischen der Plasma-Östradiolkonzentration und der Stärke des endometrialen Ödems feststellen zu können. Er beobachtet, dass manche Stuten unabhängig ihres Östrogenspiegels zu einem stärkeren

endometrialen Ödem neigen als andere. Bei Stuten, welche eine Plasma-Progesteronkonzentration von über 3 ng/ml aufweisen, kann kein endometriales Ödem beobachtet werden.

Die ultrasonographischen Charakteristika des Uterus können ein Indikator für die Anwesenheit von Östrogen sein und somit einen praktischen Wert bei der Bestimmung des optimalen Decktermins haben (HAYES et al., 1985; BRAGG, 1999; LEBLANC et al., 2003). Der Grad des endometrialen Ödems und die Follikelgröße sind zusammen ein wichtiges Kriterium um den optimalen Deckzeitpunkt zu bestimmen. Gerade, wenn kein Probihengst oder eine mangelhafte Reaktion auf einen solchen zur Verfügung steht bzw. vorhanden ist, ist die Ausprägung des endometrialen Ödems der wichtigste Indikator dafür, dass sich eine Stute in der Rosse befindet. Die Abnahme der Ausprägungsstärke des endometrialen Ödems und das gleichzeitige Vorhandensein eines großen Follikels (> 40 mm) zeigen eine nahe bevorstehende Ovulation an (SAMPER, 1997).

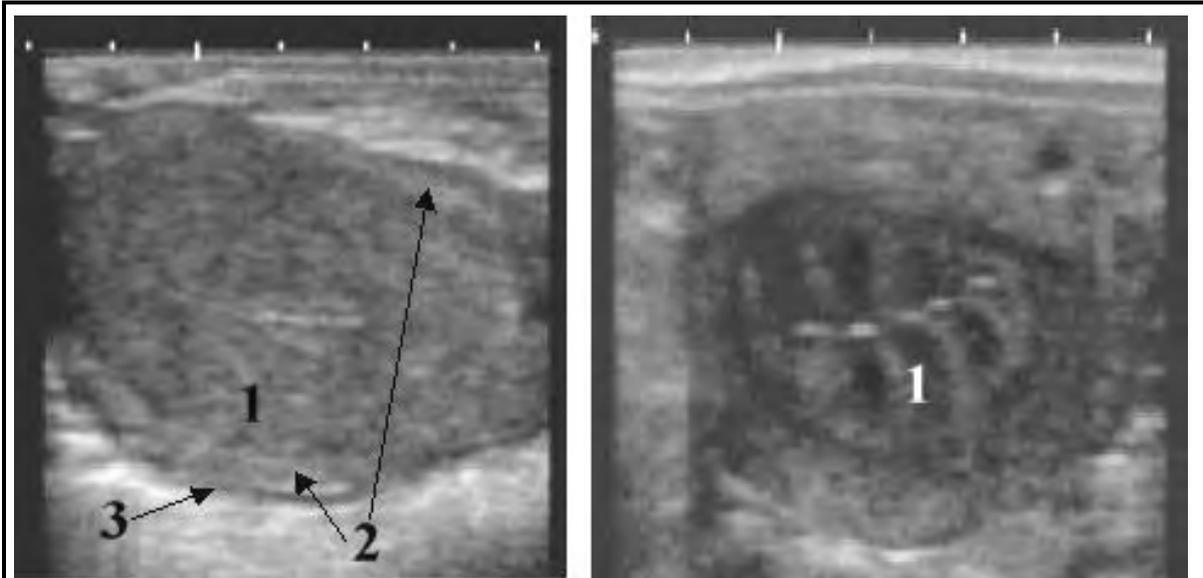
Oft wird eine Abnahme oder das Verschwinden der Radspeichenstrukturausprägung vor der Ovulation beobachtet. (HAYES, 1985; SAMPER, 1997; BRAGG, 1999; BRAGG, 2001). Das im Östrus auftretende endometriale Ödem geht oft, jedoch nicht immer, in den ersten 24 Stunden vor der Ovulation zurück oder verschwindet ganz (TAYLOR u. HILLYER, 2001).

LEBLANC (2003) und GRÜNINGER et al. (1998) berichten, dass eine Persistenz des endometrialen Ödems nach der Ovulation oft mit einer Degeneration der endometrialen Gefäße und einer dadurch verminderten Fertilität in Zusammenhang gebracht werden kann.

Auch wird nach Instillation des Samens eine Entzündung des Endometriums beobachtet. (KATILA, 1995; SIEME et al., 2005). Bei einer persistierenden Entzündung bleibt das endometriale Ödem jedoch bestehen und wird teilweise sogar noch verstärkt (LEBLANC, 2003).

Durchschnittlich werden Stuten 3,3 mal pro Rosse besamt. Bei nur einer Besamung pro Rosseperiode liegt der Besamungserfolg deutlich niedriger, da der zeitliche Abstand zwischen Ovulation und Besamung oft zu groß ist. Durch wiederholte Besamungen pro Rosse steigt die Wahrscheinlichkeit nahe am Ovulationszeitpunkt zu besamen (RAPPOLD, 2002).

Es ist von praktischem, wissenschaftlichem und wirtschaftlichem Interesse den Ovulationszeitpunkt besser eingrenzen zu können. Die Veränderung der Kontrastintensität der RSS könnte ein hilfreiches weiteres Kriterium zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit sein (BRAGG, 1999; GLATZEL, 2006).



Uterusquerschnitt im Diöstrus

Uterusquerschnitt im Östrus

- 1: Endometrium (links: homogen; rechts: ödematisiert, gefeldert)
- 2: Myometrium
- 3: Perimetrium

Abbildung 3

*Querschnitte aus einem Uterushorn einer Stute
(Bildmaterial; GLATZEL, 2006)*