

# Uterine Durchblutung während der Gravidität der Stute

H. Bollwein, Ina Woschee und R. Stolla

Gynäkologische und Ambulatorische Tierklinik der Universität München

## Zusammenfassung

Der uterine Blutfluß von vier Traberstuten und einer Haflingerstute im Alter von 4 bis 19 Jahren wurde ab der 5. Gestationswoche bis zur Geburt einmal wöchentlich farbdopplersonographisch untersucht. Quantifiziert wurde die Durchblutung anhand des Pulsatility Index (PI), welcher ein Maß für den Blutflußwiderstand in der Peripherie des untersuchten Gefäßes darstellt, und der mittleren Blutflußgeschwindigkeit ( $V_{\text{mean}}$ ). Ferner erfolgte einmal monatlich die Messung des Gefäßdurchmessers der A. uterina. Während der Gravidität traten bei allen fünf Stuten gleichförmige Veränderungen in der uterinen Durchblutung auf. Der Blutflußwiderstand in der Arteria uterina der graviden Seite fiel auf etwa die Hälfte ab. Der anfänglich hohe Blutflußwiderstand in der Arteria uterina der nichtgraviden Seite unterschied sich ab der 11. Graviditätswoche nicht mehr von dem auf der graviden Seite. Die mittlere Blutflußgeschwindigkeit, die über die gesamte Gravidität zwischen beiden Seiten nicht differierte, stieg kontinuierlich um das Siebenfache von etwa 25 cm/s auf 175 cm/s an. Der Durchmesser der Arteria uterina war auf beiden Seiten gleich und vergrößerte sich stetig von ca. 3 mm auf durchschnittlich 15 mm. Eine der 5 untersuchten Stuten, die in der 36. Woche nach einer EHV1-Infektion abortierte, zeigte im Vergleich zu den ungestörten Graviditäten keine markanten Veränderungen in der uterinen Durchblutung.

**Schlüsselwörter:** Stute, Trächtigkeit, Uterus, Farbdopplersonographie, Blutfluß

## Equine uterine blood flow during pregnancy

Uterine blood flow of four Trotter mares and one Haflinger mare, aged 4 to 19 years, were examined weekly from the fifth week of gestation until birth using colour Doppler sonography. Perfusion was characterised by the pulsatility index (PI) and the average blood flow velocity ( $V_{\text{mean}}$ ). Diameter of the uterine artery was registered once a month.

During pregnancy changes in uterine blood flow were similar in all mares. On the pregnant side the pulsatility index decreased by half. Only at the beginning of gestation the PI on the nonpregnant side was significantly higher. From the 11<sup>th</sup> week of pregnancy onwards values did not differ between the two sides. The average blood flow velocity in contrast was similar on both sides for the whole length of pregnancy.  $V_{\text{mean}}$  increased continuously seven times from 25 cm/s to 175 cm/s. The diameter of the uterine artery increased constantly on both sides from 3 mm to 15 mm. One of the 5 mares aborted in week 36 because of an infection with EHV-1. Blood flow in this mare was not different from that in the other animals with normal pregnancies.

**Keywords:** mare, pregnancy, uterus, colour Doppler sonography, blood flow

## Einleitung

In der Humanmedizin wurde im Rahmen von farbdopplersonographischen Untersuchungen ein Zusammenhang zwischen erhöhter Abortrate und mangelnder Blutversorgung des Uterus nachgewiesen, so daß dieses Untersuchungsverfahren heute zur Routinediagnostik beim Management von Risikoschwangerschaften gehört (Campbell et al., 1986; Schulman et al., 1989). Bei graviden Stuten gibt es bisher nur wenige dopplersonographische Untersuchungen zur uterinen Blutversorgung. Mayer (1999) führte transrektal farbdopplersonographische Studien durch, um bei Stuten den Blutfluß in der Arteria uterina während der Frühgravidität mit dem während des Zyklus zu vergleichen. In der vorliegenden Arbeit wurden mit Hilfe der transrektal durchgeführten Farbdopplersonographie Änderungen in der uterinen Blutversorgung während des gesamten Verlaufs der Gravidität der Stute verfolgt.

## Material und Methoden

### Tiere

Die Untersuchungen wurden an fünf trächtigen Stuten (vier Traber, ein Haflinger) durchgeführt. Die Tiere waren zwi-

schen 4 und 19 Jahren alt. Während die drei älteren Stuten (A: 13 Jahre; B: 19 Jahre und E: 17 Jahre) jeweils bereits mindestens einmal geföhlt hatten, handelte es sich bei den beiden jüngeren Tieren (C: 4 Jahre und D: 5 Jahre) um Maidenstuten.

### Material

Die Ultraschalluntersuchungen erfolgten mit dem Farbdopplergerät SSH 140 A der Firma Toshiba (Tokyo/Japan), das mit einer 7,0 MHz Mikrokonvexsonde und einer 3,75 MHz Sektorsonde ausgestattet war.

### Methode

Die Untersuchungen erfolgten einmal wöchentlich. Die linke und rechte Arteria uterina wurde dabei, wie von Mayer (1999) ausführlich beschrieben, transrektal dargestellt. Bestimmt wurden die mittlere Blutflußgeschwindigkeit über je einen Herzzyklus ( $V_{\text{mean}}$ ) und der Pulsatility Index (PI), welcher ein Maß für den Blutflußwiderstand in dem Organ darstellt, das von dem jeweiligen untersuchten Gefäß versorgt wird. Des weiteren wurde bei der Arteria uterina auf das

Vorhandensein eines frühdiastolischen Einschnitts (notch) geachtet.

**Ergebnisse**

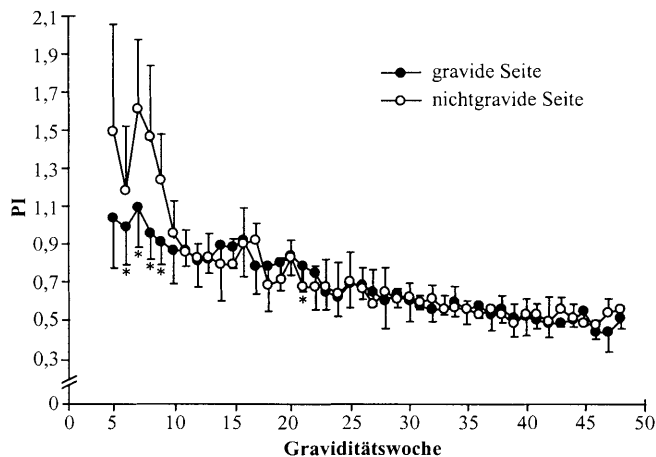
*Klinische Befunde*

Gravidität und Geburt verliefen bei den Stuten A bis D ohne Anzeichen für pathologische Veränderungen; die Gestationsdauer variierte zwischen 319 und 335 Tagen (A: 328; B: 319; C: 333; D: 335). Bei Stute E, die am 252. Tag der Gravidität abortierte, wurde im Rahmen der pathologischen und virologischen Untersuchung des Fetus eine Infektion mit EHV-1 nachgewiesen. Die Implantation des Konzeptus erfolgte bei den Stuten A, B, und E im rechten Uterushorn und bei den Stuten C und D auf der linken Seite.

*Blutflußparameter der Arteria uterina*

Bei allen Stuten war in der Arteria uterina zwischen der 5. Woche der Gravidität und der Geburt ein kontinuierlicher Vorwärtsfluß über den gesamten Herzzyklus festzustellen. Der sogenannte frühdiastolische Einschnitt (notch) verschwand bei den Stuten A, B, C und D, bei denen die Gravidität physiologisch verlief, zwischen der 18. und 28. Woche der Gravidität, bei Stute E, die am 252. Tag abortierte, war der notch bis zur 28. Graviditätswoche nachweisbar (Tab. 1).

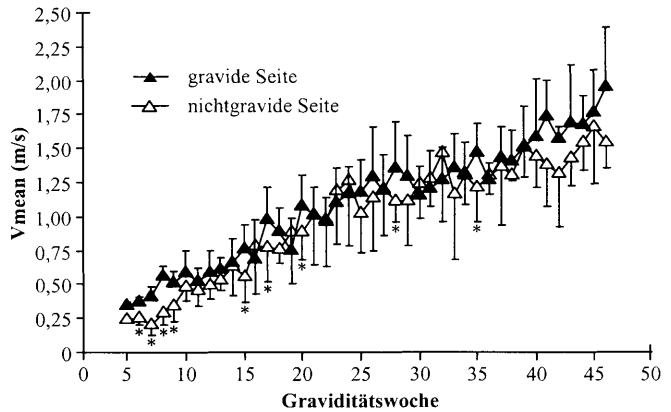
Zwischen den Blutflußparametern der graviden und der nichtgraviden Seite bestand, bezogen auf die gesamte Trächtigkeitsdauer, kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ). Der durchschnittliche Blutflußwiderstand PI in der Arteria uterina der 5 Stuten war im Zeitraum zwischen der 5. Graviditätswoche, in der die Messungen begannen, und der 10. Graviditätswoche auf der graviden Seite deutlich niedriger



**Abb. 1:** Pulsatility Index (PI) in der Arteria uterina der graviden und nichtgraviden Seite während der Gravidität;  $\bar{x} \pm s$ ; n = 5 Stuten bis 36. Woche, n = 4 Stuten ab 37. Woche; \* signifikanter Unterschied zwischen graviden und nicht-graviden Seite

Pulsatility Index (PI) in the A. uterina of the pregnant and non-pregnant side during pregnancy;  $\bar{x} \pm s$ ; n = 5 mares until 36<sup>th</sup> week, n = 4 mares from 37<sup>th</sup> week on; \* significant difference between pregnant and non-pregnant side

als auf der nichtgraviden Seite. Die Unterschiede zwischen der 6. bis 9. Woche waren signifikant ( $p = 0,03$ ; Abb. 1). Im Anschluß daran kam es zu einer Abnahme des Blutflußwiderstandes, der auf der nichtgraviden Seite so stark ausge-



**Abb. 2:** Mittlere Blutflußgeschwindigkeit in der Arteria uterina der graviden und nichtgraviden Seite während der Gravidität;  $\bar{x} \pm s$ ; n = 5 Stuten bis 36. Woche, n = 4 Stuten ab 37. Woche; \* signifikanter Unterschied zwischen graviden und nichtgraviden Seite

Mean blood flow velocity in the A. uterina of the pregnant and non-pregnant side during pregnancy;  $\bar{x} \pm s$ ; n = 5 mares until 36<sup>th</sup> week, n = 4 mares from 37<sup>th</sup> week on; \* significant difference between pregnant and non-pregnant side

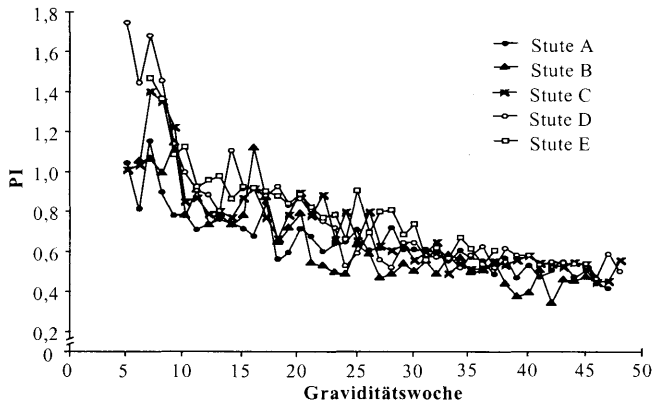
prägt war, daß ab der 11. Trächtigkeitswoche keine Unterschiede zwischen beiden Seiten mehr festzustellen waren. Der Rückgang im Blutflußwiderstand setzte sich bis zur Geburt fort, wobei die Änderungen jedoch weit weniger stark ausgeprägt waren als in den frühen Stadien der Gravidität. Die mittlere Blutflußgeschwindigkeit  $V_{mean}$  stieg im Verlauf der Trächtigkeit auf beiden Seiten gleichermaßen an (Abb. 2). Entsprechend zu den Änderungen der PI-Werte war zwischen der 6. bis 9. Woche auf der graviden Seite eine signifikant höhere Blutflußgeschwindigkeit festzustellen ( $p = 0,01$ ). Betrachtet man die Zunahme von  $V_{mean}$  im Vergleich zu dem Abfall von PI im Verlauf der Gravidität, so wird deutlich, daß die Blutflußgeschwindigkeit im Gegensatz zum PI, der insbesondere im ersten Quartal abfiel, relativ gleichmäßig anstieg.

**Tab. 1:** Verschwinden des frühdiastolischen Einschnitts (notch) auf der graviden und nichtgraviden Seite bei den einzelnen Stuten

Disappearance of early-diastolic incision (notch) on the pregnant and non-pregnant side in individual mares

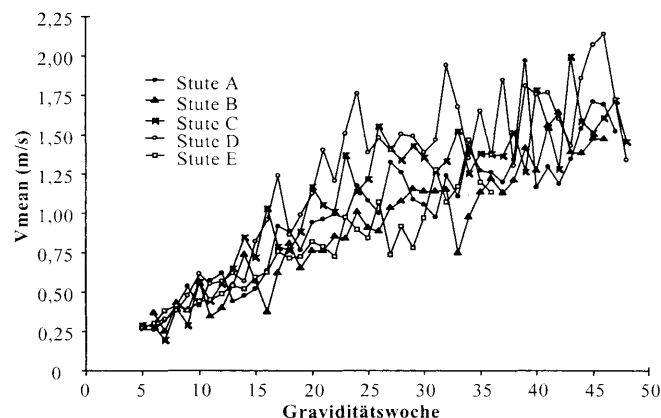
| Stute | gravide Seite | nichtgravide Seite |
|-------|---------------|--------------------|
| A     | 19. Woche     | 18. Woche          |
| B     | 25. Woche     | 25. Woche          |
| C     | 23. Woche     | 22. Woche          |
| D     | 18. Woche     | 18. Woche          |
| E     | 27. Woche     | 28. Woche          |

Zwischen den einzelnen Stuten bestanden zwar Unterschiede in der absoluten Höhe der PI- und Vmean-Werte, die Blutflußparameter änderten sich jedoch im Verlauf der



**Abb. 3:** Pulsatility Index (PI) in der Arteria uterina während der Gravidität; Durchschnittswerte aus gravider und nicht-gravider Seite bei 5 Stuten

Pulsatility Index (PI) in the A. uterina during pregnancy; mean values of the pregnant and non-pregnant side in 5 mares



**Abb. 4:** Mittlere Blutflußgeschwindigkeit (Vmean) in der Arteria uterina während der Gravidität; Durchschnittswerte aus gravider und nichtgravider Seite bei 5 Stuten

Mean blood flow velocity (Vmean) in the A. uterina during pregnancy; mean values of the pregnant and non-pregnant side in 5 mares

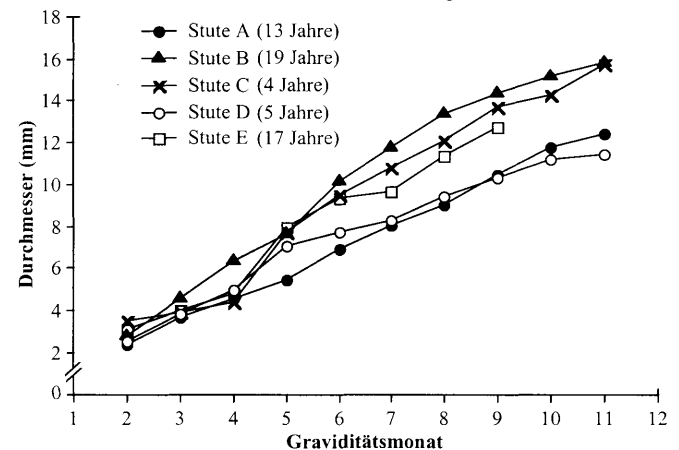
Gravidität bei allen in ähnlicher Weise (Abb. 3 und 4). Die mittlere Blutflußgeschwindigkeit schwankte zwischen den einzelnen Untersuchungen zum Teil sehr stark, während der Blutflußwiderstand relativ konstante Werte aufwies. Auffällig war, daß Vmean bei allen Stuten in der letzten Woche der Gestation abfiel.

Bei Stute E, die aufgrund einer Infektion mit EHV1 in der 36. Woche der Trächtigkeit abortierte, zeigten sich sowohl beim PI als auch bei Vmean keine Unterschiede zu den übrigen Stuten (Abb. 3 und 4). Auch bei der letzten Untersuchung, die etwa 4 Stunden vor dem Abort durchgeführt wurde, war die uterine Durchblutung unauffällig.

Vergleicht man die Blutflußparameter der drei älteren Stuten A, B und E mit denen der beiden jüngeren Stuten C und D, so zeigt sich, daß zwischen den beiden Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede in den Blutflußparametern bestanden ( $p > 0,05$ ).

#### Durchmesser der Arteria uterina

Während der Gravidität nahm das Gefäßlumen der Arteria uterina auf beiden Seiten kontinuierlich zu (Abb. 5), wobei der mittlere Durchmesser um das Fünffache von ca. 3 mm auf etwa 15 mm anstieg. Die Arteria uterina der trächtigen Seite war fast immer etwas weiträumiger als diejenige der nichtgraviden Seite. Zwischen Gefäßdurchmesser und Alter der fünf Stuten war kein Zusammenhang zu erkennen.



**Abb. 5:** Durchmesser der A. uterina während der Gravidität von 5 Stuten; Mittelwerte der graviden und nichtgraviden Seite

Diameter of the A. uterina during pregnancy of 5 mares; mean values of the pregnant and non-pregnant side

#### Diskussion

Der in der vorliegenden Studie festgestellte starke Rückgang des Blutflußwiderstandes am Anfang der Gravidität könnte durch die Plazentation, die bei Pferden zwischen dem 40. und 150. Graviditätstag stattfindet und mit großen Veränderungen im Blutgefäßsystem verbunden ist, bedingt sein (Rüsse, 1991; Steven, 1982; Ginther, 1992). Bei der Frau wird der starke Abfall des Blutflußwiderstandes zu Beginn des II. Trimenons auf die Trophoblasteninvasion in die Spiralarterien und auf die Weitstellung der Gefäße zurückgeführt (Rudelstorfer et al., 1988; Deutinger, 1992). Auch das Verschwinden des sog. frühdiastolischen Einschnitts in der Dopplerwelle zwischen der 18. und 28. Graviditätswoche als Zeichen einer Abnahme des peripheren Blutflußwiderstandes ist vermutlich auf diese im Verlauf der Gravidität weiter fortschreitenden Vorgänge zurückzuführen. Bei der Frau, bei der der noch physiologischerweise zwischen der 20. und 26. Woche der Schwangerschaft (Rudelstorfer et al., 1988; Schulman et al., 1986) verschwindet, deutet ein längeres Bestehenbleiben des frühdiastolischen Einschnitts auf eine mangelnde Blutversorgung des Fetus hin und ist im Vergleich zu den Widerstandsparametern als ein wesentlich sensiblerer Indikator zur Vorhersage von Schwangerschaftskomplikationen anzusehen (Bower et al., 1993). Bei Stute E, die in der 36. Graviditätswoche nach einer EHV1-Infektion abortierte, blieb der noch bis zur 28. Woche erhalten, d. h. 3 bis 10 Wochen länger als bei den anderen Stuten (Tab. 1). Möglicherweise ist dies als Hinweis auf eine gestörte Gravidität zu deuten. Die übrigen Doppler-

befunde bei dieser Stute waren dagegen auch wenige Stunden vor dem Abort völlig unauffällig gegenüber den Stuten mit physiologisch verlaufender Gravidität.

Bei den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen war deutlich zu erkennen, daß über die gesamte Gravidität die mittlere Blutflußgeschwindigkeit um etwa das Siebenfache und der Gefäßdurchmesser der Arteria uterina um etwa das Fünffache anstiegen. Da die Gewichtszunahme des Pferdefetus nach *Bergin et al. (1967)* und *Rossdale (1975)* vor allem in den letzten beiden Graviditätsmonaten erfolgt und nach *Ferrell und Ford (1980)*, die Studien an Rindern durchführten, der gesteigerte Nährstoffbedarf hauptsächlich durch die erhöhte Blutflußmenge gedeckt wird, überrascht der scheinbar gleichförmig verlaufende Anstieg in der Durchblutung. Es muß jedoch bedacht werden, daß das Blutflußvolumen proportional zum Quadrat des Gefäßradius ansteigt. Außerdem ist die Blutflußgeschwindigkeit in späteren Stadien der Gravidität um ein Vielfaches höher, so daß eine Zunahme des Gefäßdurchmessers gegen Ende der Gravidität eine viel deutlichere Steigerung der Blutflußmenge zur Folge hat als zu Beginn der Trächtigkeit.

Unterschiede im Blutfluß in der Arteria uterina auf der graviden und nichtgraviden Seite bestanden bis zur 11. Woche der Trächtigkeit, d.h. bis zu diesem Zeitpunkt wies die gravide Seite einen deutlich niedrigeren Blutflußwiderstand und eine höhere Blutflußgeschwindigkeit auf. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß sich der Fetus zu Beginn der Gravidität in einem der beiden Uterushörner befindet und anschließend im Gebärmutterkörper liegt (*Tillmann, 1978*). Bei Frauen ist der Blutfluß bei unilateral lokalisierter Plazenta in der Arteria uterina der plazentanahen Seite deutlich höher (*Oosterhof et al., 1992*) wogegen bei zentral gelegener Plazenta keine Unterschiede zu beobachten sind (*Kofinas et al., 1988*).

Die vorliegenden Untersuchungen lassen keine eindeutige Aussage darüber zu, ob das Alter der Stuten den Blutfluß in der Arteria uterina während der Gravidität beeinflusst. Die Gegenüberstellung der Durchschnittswerte der beiden jüngeren Maidenstuten und der drei älteren multiparen Tiere erbrachte keine signifikanten Unterschiede.

Die Ergebnisse zeigen, daß die uterine Blutversorgung bei der Stute im Verlauf der Gravidität stark ansteigt, wobei der Blutflußwiderstand hauptsächlich im ersten Quartal der Trächtigkeit abfällt. Da es sich bei dem aufgetretenen Abort um einen Einzelfall handelte, läßt die vorliegende Untersuchung keine Rückschlüsse auf mögliche Zusammenhänge zwischen uteriner Durchblutung und Graviditätsstörungen zu.

## Literatur

*Bergin, W. C., H. T. Gier, R. A. Frey and G. B. Marion (1967):* Developmental horizons and measurements useful for age determination of equine embryos and fetuses. Proceedings Ann. Conv. Amer. Assoc. Equine Pract., 179. New Orleans

- Bower, S., S. Bewley and S. Campbell (1993):* Improves prediction of preeclampsia by two-stage screening of uterine arteries using the early diastolic notch and color Doppler imaging. Obstet. Gynecol. 82, 78–83
- Campbell, S., J. M. Pearce, G. Hackett, T. Cohen-Overbeek and C. Hernandez (1986):* Qualitative assessment of uteroplacental blood flow: early screening test for high-risk pregnancies. Obstet. Gynecol. 68, 649–653
- Deutinger, J. (1992):* Physiologie des Doppler-Flusses in maternalen Gefäßen während der Schwangerschaft. Gynäkologie 25, 284–291
- Ferrell, C. L. and S. P. Ford (1980):* Blood flow steroid secretion and nutrient uptake of the gravid bovine uterus. J. Anim. Sci. 50, 1113–1121
- Ginther, O. J. (1992):* Embryology and placentation. in: Reproductive biology of the mare: Basic and applied aspects, 2nd edition, Hrsg.: *Ginther, O.J.* Equiservices, Cross Plains, Wisconsin, 345–417.
- Kofinas, A. D., M. Penry, F. Greiss, Jr., P. J. Meis and L. H. Nelson (1988):* The effect of placental location on uterine artery flow velocity waveforms [see comments]. Am. J. Obstet. Gynecol. 159, 1504–1508
- Mayer, R. C. (1999):* Farbdopplersonographische Untersuchung der Arteria uterina und des Corpus luteum während des Zyklus und der Frühgravidität der Stute. Vet. Med. Diss., München
- Oosterhof, H. and J. G. Aarnoudse (1992):* Ultrasound pulsed Doppler studies of the uteroplacental circulation: the influence of sampling site and placenta implantation. Gynecol. Obstet. Invest. 33, 75–79
- Rossdale, P. D. (1975):* Das Leben vor der Geburt. In: Das Pferd. Fortpflanzung und Entwicklung, Hrsg.: Karger, S. Verlag für Medizin und Naturwissenschaften, Basel, 48–59.
- Rudelstorfer, R., J. Deutinger, E. Katz und G. Bernaschek (1988):* Vaginosonographische Strömungsmessungen in der Arteria uterina während der Schwangerschaft – Vorteile der gepulsten Doppler-Methode. Z. Geburtsh. u. Perinat. 192, 14–18
- Rüsse, I. (1991):* Frühgravidität, Implantation und Plazentation. In: Lehrbuch der Embryologie der Haustiere, Hrsg.: *Rüsse, I. und F. Sinowatz.* Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg, 188–192.
- Schulman, H., A. Fleischer, G. Farmakides, L. Bracero, B. Rochelson and L. Grunfeld (1986):* Development of uterine artery compliance in pregnancy as detected by Doppler ultrasound. Am. J. Obstet. Gynecol. 155, 1031–1036
- Schulman, H., D. Winter, G. Farmakides, J. Ducey, E. Guzman, A. Coury and B. Penny (1989):* Pregnancy surveillance with Doppler velocimetry of uterine and umbilical arteries. Am. J. Obstet. Gynecol. 160, 192–196
- Steven, D. H. (1982):* Placentation in the mare. J. Reprod. Fert. 31 (Suppl.), 41–55
- Tillmann, H. (1978):* Die wachsende Frucht. in: Tiergeburtshilfe, Hrsg.: *Rosenberger, G. und H. Tillmann,* Verlag Paul Parey, Berlin - Hamburg, 47–76.

Heinrich Bollwein

Gynäkologische und Ambulatorische Tierklinik  
Universität München  
Königinstraße 12  
80539 München

Tel.: 089 - 21 80 26 12

Fax: 089 - 21 80 21 61

E-mail: Rudolf.Stolla@gyn.vetmed.uni.muenchen.de