

Die Hodendurchblutung beim Hengst: Variabilität und Zusammenhänge zur Spermaqualität und Fertilität

Heinrich Bollwein¹, Eva Scheibenzuber^{1,2}, Rudolf Stolla³, Arndt-Friedrich Echte² und Harald Sieme^{2,4}

Klinik für Rinder, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover¹, Landgestüt Celle², Gynäkologische und ambulante Tierklinik, Ludwig Maximilians Universität München³ und Klinik für Pferde, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover⁴

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, zu überprüfen, ob beim Hengst erhobene dopplersonographische Messungen der Aa testiculares reproduzierbare Ergebnisse erbringen und inwieweit der testikuläre Blutfluss temporären (täglichen, saisonalen) Schwankungen unterliegt bzw. welchen Einfluss der Deckeinsatz auf den Blutfluss hat. Ferner wurde darauf geachtet, ob Zusammenhänge zwischen dem testikulären Blutfluss und der Spermienproduktion bzw. der Fertilität der Hengste bestehen. Insgesamt wurden 40 Hengste (Alter: $9,1 \pm 4,2$ Jahre) zwischen Juli 2002 und Januar 2003 erfasst. Von allen Zuchthengsten wurde bis Juli 2002 Samen gewonnen, danach wurde eine achtwöchige Deckruhe eingehalten. Zwischen Oktober 2002 und Januar 2003 wurde bei 24 Hengsten (DR) die Deckruhe fortgesetzt, während von 16 Hengsten (DE) dreimal wöchentlich an den Tagen Montag, Mittwoch und Freitag Samen zum Zwecke der Kryokonservierung gewonnen wurde. Es wurden farbdopplersonographische Untersuchungen der Aa. testiculares im Samenstrang durchgeführt. Die Quantifizierung des Blutflusses erfolgte mit Hilfe des Pulsatility Index (PI) und des Blutflussvolumens (BFV). Sowohl die PI- (Median: 2,2; Medianabweichung MAD: 0,6; Min.: 0,8; Max.: 6,4) als auch die BFV-Werte (Median: 33,4 ml/min; MAD: 6,5 ml/min; Min: 14,9 ml/min; Max: 80,4 ml/min) zeigten eine hohe Variabilität. Einen Zusammenhang ließen die beiden Blutflussparameter nicht erkennen ($r = -0,10$; $p > 0,05$). Die Intra-Class-Korrelationskoeffizienten wiederholter Untersuchungen waren relativ hoch (PI: 0,82 bzw. BFV: 0,85). Der testikuläre Blutfluss beim Hengst unterlag keinen tageszeitlichen und wöchentlichen Schwankungen ($p > 0,05$). Während sich die BFV-Werte der Monate Juli, Oktober und Januar nicht unterschieden ($p > 0,05$), fiel der PI zwischen Oktober und Januar ab ($p < 0,05$). Es bestanden keine Korrelationen zwischen dem PI und den Spermparametern ($p > 0,05$). Im Gegensatz dazu bestand eine positive Beziehung ($r = 0,56$; $p < 0,05$) zwischen BFV und der Gesamtspermienzahl im Ejakulat. Weder für PI noch BFV war ein Zusammenhang zur Fertilität nachweisbar ($p > 0,05$). Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Dopplersonographie beim Hengst eine geeignete Methode zur Bestimmung des testikulären Blutflusses darstellt. Es wurde zwar ein positiver Zusammenhang zwischen testikulärem Blutflussvolumen und der Gesamtspermienzahl nachgewiesen; bei fertilen Hengsten bestand jedoch kein Zusammenhang des PI zu spermatologischen Parametern und der Fertilität.

Schlüsselwörter: Hengst, testikulärer Blutfluss, Farbdopplersonographie, Spermaqualität, Fertilität

Testicular blood flow in the stallion: variability and its relationship to sperm quality and fertility

The aim of this study was to investigate if Colour Doppler sonography of the testicular artery is a reliable method for the measurement of testicular blood flow in stallions. Furthermore, time dependent (daily, seasonal) variations in testicular blood flow, the effects of sexual activity, and the relationship between testicular blood flow and sperm production as well as fertility was examined. In total 40 stallions with a mean age of 9.1 ± 4.2 years were investigated between July 2002 and January 2003. All animals were used for semen collections until July 2002 and afterwards they had 8 weeks of sexual rest. Between October 2002 and January 2003 24 stallions (DR) continued sexual rest whereas in 16 stallions (DE) semen collections were carried out three times a week on days Monday, Wednesday and Friday for cryopreservation of semen. Blood flow was quantified by using the Pulsatility Index (PI) and Blood Flow Volume (BFV). Both parameters, PI- (median: 2.2; median absolute deviation (MAD): 0.6; min.: 0.8; max.: 6.4) as well as BFV-values (median: 33.4 ml/min; MAD: 6.5 ml/min; min.: 14.9 ml/min; max.: 80.4 ml/min) varied distinctly. PI and BFV were not related to each other ($r = -0.10$; $p > 0.05$). Intra-class correlation coefficients for repeated examinations were relatively high (PI: 0.82; BFV: 0.85). There were no variations ($p > 0.05$) of PI and BFV between different daytimes and consecutive weeks ($p > 0.05$). BFV showed no variations between July, October and January ($p > 0.05$), whereas PI decreased between October and January ($p < 0.05$). No relationships ($p > 0.05$) could be observed between PI and sperm quantity, sperm quality, respectively, but a positive correlation was noticed between BFV and total sperm number per ejaculate ($r = 0.56$; $p < 0.05$). Neither BFV nor PI were related to fertility parameters ($p > 0.05$). The results show that Colour Doppler ultrasonography is a reliable method for assessing testicular blood flow in stallions. Concerning total sperm production testicular blood flow volume has some predictable value, but in fertile stallions, there are no relationships between PI and sperm quality as well as fertility.

Keywords: Stallion, testicular bloodflow, colour doppler sonography, sperm quality, fertility

Einleitung

In der Humanmedizin ist die Farbdopplersonographie seit einigen Jahren eine fest etablierte Methode. Beim Mann wird mit Hilfe dieser Technik der testikuläre Blutfluss untersucht, um pathologische Veränderungen am Hoden zu beurteilen (Ralls

et al. 1990, Herbener 1996). In einigen Studien hat sich gezeigt, dass auch ein Zusammenhang zwischen der testikulären Perfusion und der Spermienproduktion besteht (Atilla et al. 1997, Battaglia et al. 2000, Biagotti et al. 2002, Tarhan et al. 2003).

Pozor und McDonell (2002) haben erstmals den testikulären Blutfluss farbdopplersonographisch auch beim Hengst untersucht. Sie stellten dabei fest, dass die Variabilität der Blutflussparameter bereits bei Hengsten mit physiologischen Hodenbefunden sehr hoch ist und keine signifikanten Unterschiede zwischen gesunden und kranken Tieren bestehen. Die Autorinnen weisen darauf hin, dass sie bei ihren Untersuchungen nicht die Reproduzierbarkeit der Messungen überprüft haben und daher keine Aussagen bezüglich der Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der farbdopplersonographisch erhobenen Messergebnisse treffen können. Ausserdem wurden bei den in dieser Studie durchgeführten farbdopplersonographischen Untersuchungen nicht das Blutflussvolumen, sondern lediglich die Blutflussgeschwindigkeiten und Dopplerindizes als Maß für die Hodenperfusion bestimmt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, zu überprüfen, ob die beim Hengst erhaltenen dopplersonographischen Messwerte reproduzierbar sind und inwieweit der testikuläre Blutfluss temporären Schwankungen unterliegt bzw. welchen Einfluss der Deckeinsatz auf den Blutfluss hat. Von besonderem Interesse war ferner, ob Zusammenhänge zwischen dem testikulären Blutfluss und der Spermienproduktion bzw. der Fertilität der Hengste bestehen.

Material und Methoden

Tiere

Die Untersuchungen erfolgten an 40 Zuchthengsten des Niedersächsischen Landgestüts Celle, von denen 36 der Rasse Warmblut und vier der Rasse Englisches Vollblut angehörten. Das Alter der Tiere betrug im Durchschnitt $9,1 \pm 4,2$ Jahre (s) mit einem Minimum von 4 Jahren und einem Maximum von 20 Jahren. Die Hengste wurden in Einzelboxen gehalten und erhielten Heu, Hafer und pelletiertes Mischfutter in rationierter Form. Allgemeinbefinden und Sexualfunktion der Tiere waren während des Untersuchungszeitraums von Juli 2002 bis Januar 2003 ungestört. Am Ende der Zuchtsaison im Juli befanden sich alle Hengste noch im Deckeinsatz. Eine zweimonatige Phase der Deckruhe (August und September) schloss sich an. In der Zeit von Oktober 2002 bis Januar 2003 wurden 16 Hengste (DE-Hengste) regelmäßig Montags, Mittwochs und Freitags zur Spermagewinnung herangezogen, während die anderen 24 Tiere (DR-Hengste) sich weiterhin in Deckruhe befanden.

Versuchsaufbau

Die Reproduzierbarkeit der farbdopplersonographischen Untersuchungen wurde überprüft, indem in 23 Fällen die Messung des Blutflusses in der linken und rechten A. testicularis in einem Abstand von jeweils etwa zehn Minuten wiederholt durchgeführt wurde.

Um zu testen, ob die Hodendurchblutung von der Tageszeit abhängt, wurde diese bei 5 Hengsten an jeweils zwei Tagen um 8, 12 und 16 Uhr farbdopplersonographisch erfasst. Für die Fragestellung, ob ein Einfluss der Saison bzw. der Jahreszeit auf den testikulären Blutfluss besteht, wurden in den Monaten Juli 2002, Oktober 2002 und Januar 2003 Blut-

flussmessungen in der A. testicularis durchgeführt. Dabei wurde versucht, mögliche Einflüsse des Deckeinsatzes auf die Untersuchungsergebnisse weitgehend auszuschließen, indem nur die 24 DR-Hengste in die Studie aufgenommen wurden. Diese Tiere waren im Vergleich zu den DE-Hengsten entweder nicht oder nur gering sexuell beansprucht worden. Die DR-Hengste befanden sich zum Untersuchungszeitpunkt im Oktober und Januar nicht im Deckeinsatz.

Der Einfluss der Deckeinsatzes auf die Hodendurchblutung wurde überprüft, indem von 16 Hengsten (s: $7,4 \pm 3,8$ Jahre, min. 4,0 Jahre, max. 17,0 Jahre), die zwischen Oktober 2002 und Januar 2003 nach einer anfänglichen Vorbereitungsphase mit täglicher Samenentnahme regelmäßig dreimal wöchentlich (Montag, Mittwoch, Freitag) zur Spermagewinnung herangezogen wurden (DE-Hengste), und von 24 Hengsten (s: $10,2 \pm 4,1$ Jahre, min. 4,0 Jahre, max. 20,0 Jahre), die in diesem Zeitraum nicht im Deckeinsatz waren (DR-Hengste), die Blutflussparameter bestimmt wurden. Die Blutflussveränderungen innerhalb jeder Gruppe wurden miteinander verglichen. Zum Ausgangszeitpunkt im Oktober hatten alle Hengste eine zweimonatige Phase der Deckruhe (August und September 2002) hinter sich.

Für die Fragestellung, ob Zusammenhänge zwischen testikulärem Blutfluss und der Spermaquantität bzw. -qualität sowie der Fertilität bestehen, wurden die Blutflusswerte der 40 Hengste aus den Untersuchungen vom Juli 2002 der Spermaquantität bzw. -qualität und der Fertilität der Hengste der Saison 2002 gegenübergestellt.

Andrologische Untersuchung

Die andrologische Untersuchung der Hengste umfasste neben der Adspektion des äußeren Genitales auch die Palpation sowie eine im B-Modus durchgeführte Ultraschalluntersuchung des Hodens in Anlehnung an den von Love (1992) beschriebenen Untersuchungsgang beim Hengst.

Farbdopplersonographische Untersuchungen

Alle sonographischen Untersuchungen wurden mit dem Ultraschallsystem Eccocee CX der Firma Toshiba (Tokyo, Japan), das mit einer 7,0 MHz Mikrokonvexsonde ausgestattet war, durchgeführt.

Für die Untersuchung des testikulären Blutflusses wurden die Tiere in einen ruhigen, abgedunkelten Raum gebracht, wo ihnen zunächst einige Minuten Zeit zur Beruhigung eingeräumt wurde. Die farbdopplersonographische Untersuchung der Aa. testiculares beider Seiten erfolgte transkutan, wobei Ultraschallkontaktgel verwendet wurde. Die Sonde wurde im oberen Drittel zwischen äußerem Leistenring und Hoden horizontal angelegt, wobei in latero-medialer Richtung geschallt wurde (s. Abb. 1). Auf diese Weise entstand ein Querschnitt durch den Samenstrang, in dem mehrere Anschnitte der A. testicularis im B-Bild-Modus zu sehen waren. Anschließend wurden mit Hilfe des Farbdopplermodus der Blutfluss sichtbar gemacht und Dopplerwellen abgeleitet, welche für die spätere Auswertung auf Videoband aufgezeichnet wurden.

Die bei den jeweiligen Untersuchungen auf Videokassette aufgezeichneten Dopplerfrequenz-verschiebungen wurden mit Hilfe eines Bildanalyseprogramms (NIH-Image, Version 1.60, U.S. National Institute of Health, 1996) an einem Macintosh-Computer ausgewertet. Dazu wurden je Untersuchung zwei konsekutive, möglichst ähnliche Wellen ausgewählt. Es wurden nur Dopplerwellen verwendet, bei denen der Winkel zwischen Dopplerstrahl und dem Gefäßschrägschnitt der A. testicularis kleiner als 60° war. Bestimmt wurden die maxima-

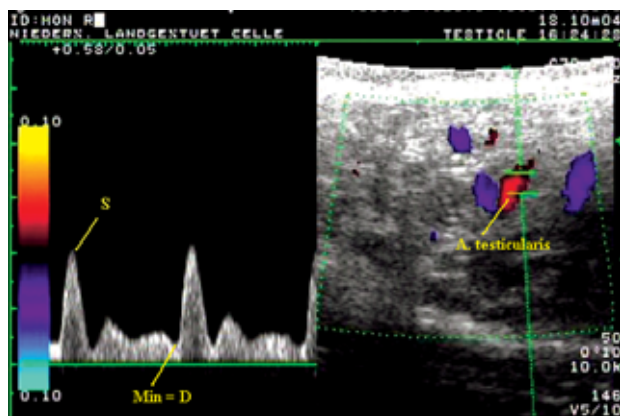


Abb 1 Farbdopplersonographische Darstellung des Blutflusses der A. testicularis: Linkes Bild: Dopplerkurve mit maximaler systolischer Frequenzverschiebung (S), minimaler diastolischer Frequenzverschiebung (Min), enddiastolischer Frequenzverschiebung (D); Rechtes Bild: A. testicularis.

Colour Doppler sonography of the testicular artery to analyse testicular blood flow in the stallion: left: Colour Doppler curve showing maximum systolic frequency (S), minimum diastolic frequency (Min), enddiastolic frequency (D); right: A. testicularis

le systolische (S), die minimale diastolische (Min) sowie die mittlere Frequenzverschiebung über den Herzzyklus (TAMF=Time Averaged Maximum Frequency Shift). Für die Bestimmung des TAMF wurde eine Hüllkurve um die Dopplerpulswelle gelegt und das Integral unter der Kurve berechnet. Die Bestimmung des Gefäßquerschnittes erfolgte an im B-Modus angefertigten Aufnahmen der A. testicularis im Samenstrang. Pro Gefäß wurden vier Querschnitte dargestellt, deren Fläche bestimmt und anschließend daraus der Mittelwert errechnet.

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Geräteeinstellung ergaben sich nach der Dopplergleichung aus dem gemessenen Winkel α und den einzelnen Frequenzverschiebungen die maximale systolische (Vmax), die minimale (Vmin), die enddiastolische (Vend) und die mittlere Blutflussgeschwindigkeit über den Herzzyklus (TAMV = Time Averaged Maximum Velocity). Als Maß für den Blutflusswiderstand in der Peripherie wurde der winkelunabhängige Pulsatility Index (PI) berechnet. Aus der mittleren Blutflussgeschwindigkeit (TAMV) und der jeweiligen Gefäßquerschnittsfläche wurde zudem das Blutflussvolumen (BFV) pro Zeiteinheit kalkuliert. Für alle genannten Parameter wurde aus den beiden konsekutiven Pulswellen pro Sequenz der Mittelwert gebildet.

Spermaquantität und -qualität

Die Samengewinnung erfolgte nach der von Klug und Sieme (2003) beschriebenen Methode mittels künstlicher Scheide unter Benutzung eines Phantoms und in Anwesenheit einer

Stute. Unmittelbar nach der Gewinnung wurden die Ejakulate der Hengste hinsichtlich des Ejakulatvolumens, der Samenzell-dichte und des prozentualen Anteils vorwärtsbeweglicher Spermien beurteilt. Die Spermien-gesamtzahl pro Ejakulat wurde aus dem Ejakulatvolumen und der Samenzell-dichte errechnet.

Die Befunde waren von 40 Hengsten während der Zuchtsaison zwischen Ende Februar und Anfang Juli 2002 vor der

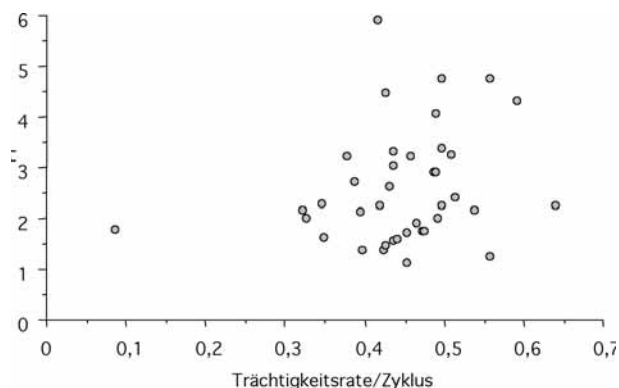


Abb 2 Zusammenhang zwischen der Trächtigkeitsrate/Zyklus am Ende der Zuchtsaison und dem Pulsatility Index (PI) der A. testicularis; Fertilitätsdaten der Zuchtsaison 2002 und PI-Werte des Monats Juli; n = 40 Hengste
Relation between pregnancy/cycle at the end of season and Pulsatility Index (PI) of A. testicularis; fertility data of breeding season 2002 and PI-values in July; n = 40 stallions.

Flüssigkonservierung des Spermas erhoben worden. Aus den Daten der jeweiligen Zeiträume wurden die Mittelwerte gebildet.

Fertilität

Zur Beurteilung der Fertilität wurden von den 40 Hengsten die Trächtigkeits- und Abfohlraten pro Zyklus aus der Untersuchungssaison 2002 herangezogen. Die Trächtigkeitsrate pro Zyklus am Ende der Zuchtsaison lag bei $45,7 \pm 4,1\%$ (mx; min. 9,1 %, max. 64,5%) und die Abfohlrate pro Zyklus bei $41,1 \pm 5,0\%$ (mx, min. 9,1%, max. 57,2%).

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe der Software Stat View 5.0 (SAS Institute Inc., Cary/NC, 1998) sowie SPSS 12.0. Es wurden Mittelwerte und Standardabweichungen, Medianwerte und -abweichungen, Spearman's und Intra-Class-Korrelationskoeffizienten berechnet sowie Friedman-, Kolmogorov-Smirnov-, Mann-Whitney- und Wilcoxon-tests und Varianzanalysen durchgeführt.

Ergebnisse

Andrologische Untersuchung

Bei den Untersuchungen fiel ein Hengst durch einen sehr kleinen, weichen und einen sehr großen, derben Hoden auf. Es gab keine Hinweise darauf, dass diese Veränderungen auf

pathologische Prozesse zurückzuführen waren. Ansonsten lagen bei den übrigen 39 Hengsten keine auffälligen Befunde am äußeren Genitale vor.

Blutfluss in der A. testicularis

Es zeigte sich, dass die PI- (mx: $2,2 \pm 0,6$, min. 0,8, max. 6,4) und BFV-Werte (mx: $33,4 \pm 6,5$ mL/min, min. 14,9 mL/min, max. 80,4 mL/min) der Aa. testiculares zwischen den 40 Hengsten sehr stark variierten.

Es bestand kein Zusammenhang zwischen PI und BFV ($r = 0,10$; $p > 0,05$). Die PI- und BFV-Werte der linken und der rechten A. testicularis unterschieden sich nicht ($p > 0,05$). Während das Blutflussvolumen zwischen den Arterien beider Seiten nur geringgradig ($r = 0,33$, $p < 0,05$) korrelierte, waren in den PI-Werten der beiden Gefäße hohe Korrelationen festzustellen ($r = 0,80$, $p < 0,0001$).

Die Intra-Class-Korrelationskoeffizienten der Messparameter PI und BFV lagen bei wiederholter Untersuchung der A. testicularis in einem Abstand von etwa 10 Minuten bei 0,82 (PI) bzw. 0,85 (BFV). Zwischen den Messwerten der ersten (PI: mx: $2,0 \pm 0,3$, BFV: mx: $30,3 \pm 4,4$ mL/min) und zweiten Untersuchung (PI: mx: $2,1 \pm 0,3$; BFV: mx: $27,2 \pm 4,5$ mL/min) bestanden keine Unterschiede ($p > 0,05$).

Die Parameter PI und BFV unterschieden sich nicht ($p > 0,05$) zwischen den verschiedenen Tageszeiten morgens (PI: mx: $2,0 \pm 0,3$, BFV: mx: $29,4 \pm 4,6$ mL/min), mittags (PI: mx: $2,1 \pm 0,3$, BFV: mx: $32,6 \pm 6,6$ mL/min) und abends (PI: mx: $2,1 \pm 0,5$; BFV: mx: $27,6 \pm 4,8$ mL/min).

Bei den DR-Hengsten änderten sich die PI-Werte zwischen Juli (mx: $2,6 \pm 0,8$) und Oktober (mx: $2,5 \pm 0,5$) nicht ($p > 0,05$). Dagegen waren die PI-Werte im Januar (mx: $2,2 \pm 0,4$) gegenüber denjenigen Werten im Oktober um 12,0% bzw. im Vergleich zu den Werten im Juli um 15,4% abgefallen ($p < 0,05$). Im Blutflussvolumen waren keine Unterschiede zwischen den drei Jahreszeiten (Juli: $36,0 \pm 7,1$ mL/min, Okt.: $35,1 \pm 7,6$ mL/min, Jan.: $35,8 \pm 7,9$ mL/min) festzustellen ($p > 0,05$).

Bei den 16 DE-Hengsten, die regelmäßig im Deckeinsatz waren, fielen beide Parameter ab. Während die PI-Werte der DE-Hengste zwischen Oktober (mx: $2,3 \pm 0,5$) und Januar (mx: $1,8 \pm 0,2$) um 21,7% zurückgingen ($p < 0,0001$), nahm das testikuläre Blutflussvolumen zwischen Oktober ($34,4 \pm 6,2$ mL/min) und Januar ($29,6 \pm 3,5$ mL/min) um 14,0% ab ($p < 0,05$; Tab. 4,9). Bei den 24 DR-Hengsten sank ($p < 0,05$) der PI zwar ebenfalls zwischen Oktober (mx: $2,5 \pm 0,5$) und Januar (mx: $2,2 \pm 0,4$) und zwar um 12,0%, die BFV-Werte änderten sich aber nicht (Okt.: $35,1 \pm 7,6$ mL/min, Jan.: $35,8 \pm 7,9$ mL/min, $p > 0,05$).

Ejakulatparameter

Die Medianwerte der Ejakulatparameter sind in Tabelle 1 dargestellt; es waren keine Abhängigkeiten zwischen dem PI und den Spermaparametern gegeben ($p > 0,05$). BFV korrelierte nur mit der Gesamtspermienzahl des Ejakulates schwach positiv ($p < 0,05$) (s. Tabelle 2).

Tab 1 Medianwerte (\bar{x}) und -abweichungen (m_x), Minimal- (Min) und Maximalwerte (Max) der Mittelwerte der Ejakulatparameter der Zuchtseason 2002; n = 40 Hengste. Median (\bar{x}) and median-absolute-deviation (m_x), minimum- (Min) and maximum values (Max) of means of semen parameters during breeding season 2002; n = 40 stallions

Ejakulatparameter	\bar{x}	m_x	Min	Max
Volumen [mL]	44,2	12,9	21,9	90,7
Dichte [Mio. SZ/mL]	186,8	50,5	100,8	511,4
GSZ [Mrd.]	8,5	1,4	4,0	15,1
V.-Mot. [%]	65,4	5,1	38,6	79,2

Ejakulatparameter: SZ = Spermienzellen; GSZ = Gesamtspermienzahl; V.-Mot. = Anteil (%) vorwärtsbeweglicher Spermien im Ejakulat.

Tab 2 Korrelationen zwischen dem Pulsatility Index (PI) und dem Blutflussvolumen (BFV) der A. testicularis und den Mittelwerten der Ejakulatparameter der Zuchtseason 2002 (n = 40 Hengste). Pulsatility Index (PI) and Blood Flow Volume (BFV) of A. testicularis and its correlation to means of semen parameters during breeding season 2002 (n = 40 stallions).

Parameter	Volumen	Dichte	GSZ	V.-Mot.
PI	-0,18	0,20	-0,08	0,31
BFV	0,18	0,07	0,34*	-0,13

Ejakulatparameter: SZ = Spermienzellen; GSZ = Gesamtspermienzahl; V.-Mot. = Anteil (%) vorwärtsbeweglicher Spermien im Ejakulat.

* Korrelation $p < 0,05$

Fertilität

Es zeigten sich keine Korrelationen ($p > 0,05$) zwischen den Blutflussparametern und der Trächtigkeitsrate pro Zyklus (PI: 0,27, BFV: 0,09) bzw. der Abfohrate (PI: 0,16, BFV: 0,09) (s. Abb. 2). Jedoch fiel der Hengst, der mit einer Trächtigkeitsrate von 9,0% subfertil war, durch relativ niedrige Blutflusswerte (PI: 1,76, BFV: 24,18 mL/min) auf (s. Abb. 3).

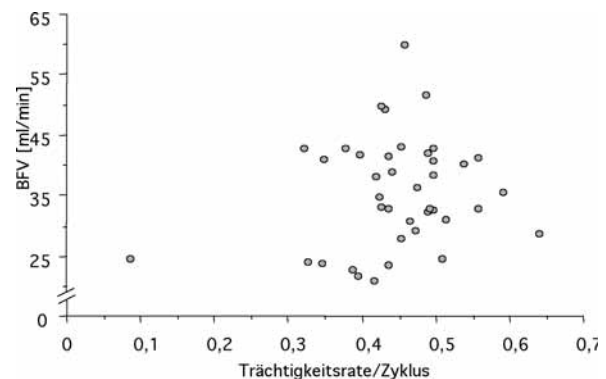


Abb 3 Zusammenhang zwischen der Trächtigkeitsrate/Zyklus am Ende der Zuchtseason und dem Blutflussvolumen (BFV) der A. testicularis; Fertilitätsdaten der Zuchtseason 2002 und BFV-Werte des Monats Juli; n = 40 Hengste. Relation between pregnancy/cycle at the end of season and Blood Flow Volume (BFV) of A. testicularis; fertility data of breeding season 2002 and BFV-values in July; n = 40 stallions.

Diskussion

In den bisher durchgeführten farbdopplersonographischen Studien erfolgte die Beurteilung der testikulären Perfusion fast ausschließlich semiquantitativ anhand von Dopplerindizes (Middleton et al. 1989, Horstman et al. 1991a, Jee et al. 1997, Möhrke 1999, Witte 1999, Pozor und McDonell 2004). Als Maß für den Blutflusswiderstand in der Peripherie

des untersuchten Organs wurde hierbei entweder der Resistance Index (RI) oder der Pulsatility Index (PI) bestimmt. Da über den RI definitionsgemäß Blutflüsse mit fehlendem bzw. negativem diastolischen Blutfluss nicht differenzierbar sind und solche Flüsse bei einigen der untersuchten Hengste zu beobachten waren, bedeutet dies, dass letztgenannter Parameter für die Beschreibung der testikulären Durchblutung beim Hengst im Vergleich zum PI, weniger geeignet ist.

Häufig werden die Dopplerindices nicht nur herangezogen, um den Blutflusswiderstand zu beurteilen, sondern um indirekt auch Rückschlüsse auf das Blutflussvolumen (BFV) zu ziehen. So werden hohe RI- und PI-Werte in den Gefäßen oft mit einer niedrigen Perfusion des versorgten Organs gleichgesetzt (Kupesic und Kurjak 1993, Serafini et al. 1994). In der vorliegenden Studie konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen den Widerstandsindices RI bzw. PI und dem testikulären Blutflussvolumen nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse scheinen im Widerspruch zu den Resultaten experimenteller Studien zur Durchblutung der Nabelschnurarterie von Schaffeten (Maulik 1989). Scholtes et al. (1989) schränken den Zusammenhang zwischen PI und BFV aber dahingehend ein, dass dafür konstante hämodynamische Bedingungen herrschen müssen, also Blutdruck, Herzleistung, Viskosität des Blutes und Gefäßwandelastizität sich gleichen müssen. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, dass bei verschiedenen Tieren gleiche hämodynamische Verhältnisse vorliegen. So ist z. B. bekannt, dass beim Hengst in der Aufzweigung und im Durchmesser der A. testicularis ausgeprägte individuelle Variationen bestehen (Kircher 1929, Ippensen et al. 1972, Collin 1973, Smith 1974, Fehlings 1976, Jantosovicova und Jantosovic 1983, Pozor und Kolonko 2000).

Tagesrhythmische Unterschiede im testikulären Blutfluss waren nicht festzustellen. Dieses Ergebnis erscheint überraschend, da verschiedene Autoren beim Hengst eine deutliche tageszeitliche Rhythmik des Testosteronspiegels im Blut beobachten konnten (Ganjam und Kenney 1975, Kirkpatrick et al. 1976, Sharma 1976, Enbergs et al. 1977, Lopews Gusmao 1988) und in der Literatur ein Zusammenhang zwischen der Testosteronkonzentration und der Hodendurchblutung beschrieben wird (Damber und Janson 1978, Bergh und Damber 1992, Damber et al. 1992, Wielgos et al. 2000). Nach den Untersuchungsergebnissen von Schulze (2004), der im Rahmen seiner farbdopplersonographischen Studien den Einfluss einer hCG-Applikation auf den testikulären Blutfluss beim Hengst überprüfte, ist die Zunahme der Hodenperfusion nicht die Folge eines Testosteronanstiegs im Blut, sondern möglicherweise sogar die Ursache hierfür, da in seinen Studien die Hodendurchblutung noch vor dem Testosteronspiegel anstieg. Auch Joffre (1977) konnte beim Fuchs im Saisonverlauf einen Anstieg des kapillären Blutflusses verzeichnen, noch bevor sich die Testosteronspiegel im Blut geändert hatten.

Dagegen scheinen sich jahreszeitliche Effekte auf die Hodendurchblutung auszuwirken. So waren die im Januar ermittelten PI-Werte niedriger als diejenigen von Juli und Oktober. Da Dopplerindices Hinweise auf die Blutflussimpedanz peripher von der untersuchten Messlokalisierung geben, ist es denkbar, dass saisonal bedingte Veränderungen der intratestikulären Hodengefäße, wie sie bei anderen Tierarten beobachtet wurden (Joffre und Kormano 1975, Hochereau-DeReviere und Lincoln 1978, Hochereau-DeReviere et al. 1985;

Sinha Hikim et al. 1988, Mayerhofer et al. 1989), zu Änderungen in den PI-Werten führen. So wurde außerhalb der Saison beim Fuchs eine Spiralisierung der Hodengefäße und bei den anderen Spezies eine absolut reduzierte Zahl an Blutgefäßen verzeichnet. Derartige Veränderungen würden eine Zunahme des Gefäßwiderstandes erwarten lassen. Überraschenderweise kam es jedoch in der vorliegenden Arbeit, verglichen mit den Monaten Juli und Oktober, im Januar zu einem Abfall im PI. Möglicherweise finden bei den Hengsten im Januar Umbauvorgänge im Hoden statt, ähnlich wie sie von Mayerhofer et al. (1989) beim Goldhamster außerhalb der Paarungszeit festgestellt worden waren. Letztgenannte Autoren beobachteten bei dieser Tierart bereits vor Saisonbeginn angiogenetische Prozesse, noch ehe andere morphologische Veränderungen im Hoden zu beobachten waren. Die Tatsache, dass nicht bereits im Oktober die PI-Werte niedriger als im Juli waren, könnte darauf zurückzuführen sein, dass der Angiogenese eine längere Phase der saisonal bedingten Hodenatrophie vorausgehen muss. So wurden im Hoden des Goldhamsters Gefäßsprossen erst verzeichnet, nachdem die Tageslichtdauer mehr als 12 Wochen lang von 16 Stunden auf sechs reduziert worden war (Mayerhofer et al. 1989).

Im Gegensatz zum PI blieben die Messwerte des Blutflussvolumens während der drei verschiedenen Jahreszeiten konstant. Dies ist überraschend, da nach Haddy und Scott (1968) eine enge Beziehung zwischen der kapillären Durchblutung und dem Grad des zellulären Metabolismus besteht, und bei Tieren mit saisonalem Fortpflanzungsgeschehen der Hodenmetabolismus innerhalb der Saison deutlich zunimmt. Demnach wäre, ähnlich wie bei anderen Spezies (Joffre und Joffre 1973, Courot und Joffre 1977, Joffre 1977, Fleet et al. 1982), im Juli ein höheres testikuläres Blutflussvolumen zu erwarten gewesen. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass im Gegensatz zur eigenen Studie bei den oben genannten experimentellen Untersuchungen fast immer der kapilläre Blutfluss im Hoden gemessen worden war. Da eine Anastomosenbildung zwischen größeren testikulären Arterien und Venen, obwohl bisher unter physiologischen Verhältnissen noch nicht nachgewiesen, nicht auszuschließen ist, können anhand des Blutflussvolumens in den supratestikulär gelegenen Gefäßen keine Aussagen über die Perfusion des Hodengewebes getroffen werden.

Bei der Bewertung der Ergebnisse der vorliegenden Studie hinsichtlich der Untersuchung saisonaler Blutflussschwankungen ist auch zu beachten, dass als Untersuchungszeitpunkt innerhalb der Saison aus organisatorischen Gründen nur der Juli gewählt werden konnte. Dieser Monat liegt aber nicht in der Mitte, sondern am Ende der physiologischen Paarungszeit des Pferdes. So könnten möglicherweise zu einem früheren Zeitpunkt der Saison deutlich höhere Blutflussvolumina aufgetreten sein, die durch das vorliegende zeitliche Untersuchungsschema nicht erfasst wurden.

Es war auch erstaunlich, dass der Deckeinsatz der Hengste sich negativ auf das Blutflussvolumen auswirkte. Zumindest verringerte sich bei den DE-Hengsten zwischen Oktober und Januar das Blutflussvolumen, wogegen es bei den DR-Hengsten konstant blieb. Nach Setchell (1990), der davon ausgeht, dass der Blutfluss im Hoden von der metabolischen Aktivität der Tubuli seminiferi abhängt, wäre eigentlich ein Blutflussanstieg zu erwarten gewesen. Die Blutflussabnahme könnte möglicherweise stressbedingt sein. In der Literatur gibt es Hinweise dar-

auf, dass sexuelle Stimulation beim Hengst mit Stress verbunden ist. So konnten Rabb et al. (1989) sowie Colborn et al. (1991) bei Hengsten nach sexueller Stimulation einen raschen Cortisol-Anstieg im Blut feststellen. Stress und die damit verbundene Zunahme des Cortisolspiegels im Blut gehen mit einer Ausschüttung von Catecholaminen einher. Diese können nach Aussage verschiedener Autoren über Vasokonstriktion der A. testicularis zu einer Blufflussabnahme im Hoden führen (Setchell et al. 1966, Free und Jaffre 1972, Setchell et al. 1994).

Es bestanden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem PI und der Spermaquantität bzw. -qualität. Diese Ergebnisse stehen in Widerspruch zu Angaben aus der Humanmedizin, wonach die Widerstandindices eine Aussage über die Spermienproduktion zulassen (Battaglia et al. 2000, Battaglia et al. 2001, Biagotti et al. 2002, Tarhan 2003). Da in der eigenen Studie, mit einer Ausnahme, aber nur Hengste ohne klinisch nachweisbaren Veränderungen an den Hoden untersucht wurden, ist nicht auszuschließen, dass bei Untersuchung einer höheren Anzahl von Hengsten mit pathologischen Erscheinungen ähnliche Relationen wie in den humanmedizinischen Studien erhalten worden wären.

Eine positive Beziehung bestand zwischen dem Blufflussvolumen und der Gesamtspermienzahl im Ejakulat des jeweiligen Hengstes. Die BFV-Werte vom Januar ließen diese Abhängigkeit zwar nicht erkennen, aber, wie bereits erwähnt, sind diese Werte als kritisch hinsichtlich der wirklichen Hodendurchblutung zu betrachten. Auch Schulze (2004) hat in seiner Studie zur Hodendurchblutung beim Hengst einen positiven Zusammenhang zwischen BFV und der Gesamtspermienzahl im Ejakulat der Hengste beobachtet.

Es bestanden keine signifikanten Korrelationen zwischen den testikulären Blufflussparametern und der Fertilität der Hengste. Battaglia et al. (2000) haben dagegen in ihren dopplersonographischen Untersuchungen bei infertilen Patienten mit einer Asthenozoospermie höhere Dopplerindex-Werte als bei fertilen Männern mit einem physiologischen Spermogramm verzeichnet. Auch hier ist darauf hinzuweisen, dass in der vorliegenden Arbeit nur ein Hengst mit auffälligen niedrigen Trächtigkeitseraten untersucht wurde. Dieser Hengst wies relativ niedrige PI- und BFV-Werte auf.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Dopplersonographie eine zuverlässige Methode darstellt, um den Bluffluss in der A. testicularis zu beurteilen. Die Blufflussimpedanz lässt keine Rückschlüsse auf das testikuläre Blufflussvolumen zu. Zwischen dem Blufflussvolumen und der Gesamtspermienzahl im Ejakulat besteht eine positive Beziehung. Bei fertilen Hengsten bestanden aber keine Zusammenhänge zwischen den Blufflussparametern und der Spermaquantität, -qualität bzw. der Fertilität.

Literatur

- Atila M. K., H. Sargin, Y. Yilmaz, O. Odabas, A. Keskin und S. Aydin (1997): Undescended testes in adults: clinical significance of resistive index values of the testicular artery measured by Doppler ultrasound as a predictor of testicular histology. *J. Urol.* 158, 841-843
- Battaglia C., S. Giulini, G. Regnani, R. Di Girolamo, S. Paganelli, F. Facchinetti und A. Volpe (2000): Seminal plasma nitrite/nitrate and intratesticular Doppler flow in fertile and infertile subjects. *Hum. Reprod.* 15, 2554-2558
- Battaglia C., S. Giulini, G. Regnani, I. Madgar, F. Facchinetti und A. Volpe (2001): Intratesticular Doppler flow, seminal plasma nitrites/nitrates, and nonobstructive sperm extraction from patients with obstructive and nonobstructive azoospermia. *Fertil. Steril.* 75, 1088-1094
- Bergh A. und J.-E. Damber (1993): Vascular controls in testicular physiology. In: KRETZER DM: *Molecular Biology of the Male Reproductive System* Academic Press, New York, 439-468
- Biagotti G., G. Cavallini, F. Modenini, G. Vitali und L. Gianaroli (2002): Spermatogenesis and spectral echo-colour Doppler traces from the main testicular artery. *BJU Int.* 90, 903-908
- Colborn D. R., D. L. Thompson, T. L. Roth, J. S. Capehart und K. L. White (1991): Responses of cortisol and prolactin to sexual excitement and stress in stallions and geldings. *J. Anim. Sci.* 69, 2556-2562
- Collin B. (1973): La vascularisation artérielle du testicule chez le cheval. *Zbl. Vet. Med., C* 2, 46-53
- Courot M. und M. Joffre (1977): Testicular capillary blood flow in the impubertal lamb and the ram during the breeding and non-breeding seasons. *Andrologia*, 9, 332-336
- Damber J.-E. und P. O. Janson (1978): Testicular blood flow and testosterone concentration in spermatic venous blood of anaesthetized rats. *J. Reprod. Fertil.*, 52, 265-269
- Damber J.-E., S. Maddocks, A. Widmark und A. Bergh (1992): Testicular blood flow and vasomotion can be maintained by testosterone in Leydig celldepleted rats. *Int. J. Androl.* 15, 385-393
- Fehlings K. (1976): Korrosions- und röntgenanatomische Untersuchungen der Arteria testicularis von Katze, Hund, Schwein, Schaf, Rind und Pferd. *Vet. med. Diss.*, München
- Fleet I. R., M. S. Laurie, E. N. Noordhuizen-Stassen, B. P. Setchell und C. J. G. Wensing (1982): The flow of blood from artery to vein in the spermatic cord of the ram with some observations of reactive hyperaemia in the testis and the effects of adenosine and noradrenaline. *J. Physiol. Lond.*, 332, 44-45 Abstract
- Free M. J. und R. A. Jaffe (1972): Dynamics of circulation in the testis of the conscious rat. *Am. J. Physiol.* 223, 241-248
- Ganjam V. K. und R. M. Kenney (1975): Androgens and oestrogens in normal and cryptorchid stallions. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 67-73
- Haddy F. und J. B. Scott (1968): Metabolically linked vasoactive chemicals in local regulation of blood flow. *Physiol. Rev.* 48, 668
- Herbener T. E. (1996): Ultrasound in the assessment of the acute scrotum. *J. Clin. Ultrasound* 24, 405-421
- Hochereau-De Reviers M. T. und G. A. Lincoln (1978): Seasonal variation in the histology of the testis of the red deer, *Cervus elaphus*. *J. Reprod. Fertil.* 54, 209-213
- Hochereau-Dd Reviers M. T., C. Perreau und G. A. Lincoln (1985): Photoperiodic variations in the somatic and germ cell populations in the Soay ram testis. *J. Reprod. Fertil.* 74, 329-334
- Horstman W. G., W. D. Middleton und G. L. Melson (1991): Scrotal inflammatory disease: color Doppler US findings. *Radiology* 179, 55-59
- Ippensen E., C. Klug-Simon und E. Klug (1972): Der Verlauf der Blutgefäße vom Hoden des Pferdes im Hinblick auf eine Biopsiemöglichkeit. *Zuchthyg.* 7, 35-45
- Jantosovicova J. und J. Jantosovic (1983): Topographisch-anatomische Angaben über die A. testicularis, A. ductus deferentis und A. cremasterica beim Hengst. *Gegenbaurs morph. Jahrb.*, Leipzig 129, 467-482
- Jee W. H., B. Y. Choe, J. Y. Byun, K. S. Shinn und T. K. Hwang (1997): Resistive index of the intrascrotal artery in scrotal inflammatory disease. *Acta Radiol.* 38, 1026-1030
- Joffre J. und M. Joffre (1973): Seasonal changes in the testicular blood flow of seasonally breeding mammals: dormouse, *Glis glis*, ferret, *Mustella furo*, and fox, *Vulpes vulpes*. *J. Reprod. Fertil.* 34, 227-233
- Joffre M. (1977): Relationship between testicular blood flow, testosterone secretion and spermatogenic activity in young and adult wild red foxes (*Vulpes vulpes*). *J. Reprod. Fertil.* 51, 35-40
- Joffre M. und M. Korman (1975): An angiographic study of the fox testis in various stages of sexual activity. *Anat. Rec.* 183, 599-603
- Kircher A. (1929): Zur Struktur der männlichen Geschlechtsorgane von Pferd und Rind. *Vet. med. Diss.*, München

- Kirkpatrick J. F., R. Vail, S. Devous, S. Schwend, C. B. Baker und L. Wiesner (1976): Diurnal variation of plasma testosterone in wild stallions. *Biol. Reprod.* 15, 98-101
- Klug E. und H. Sieme (2003): Samenübertragung beim Pferd in Theorie und Praxis. Verlag M. & H. Schaper, Alfeld (Leine)-Hannover
- Kupesic S. und A. Kurjak (1993): Uterine and ovarian perfusion during the periovulatory period assessed by transvaginal color doppler. *Fertil. Steril.* 60, 439-443
- Lopes Gusmao A. (1988): Sexualhormonprofile und Hormonstimulationen bei männlichen Pferden in unterschiedlichen Altersgruppen. *Vet. med. Diss., Hannover*
- Love C. C. (1992): Ultrasonographic evaluation of the testis, epididymis, and spermatic cord of the stallion. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 8, 167-182
- Maulik D. (1989): Basic principles of Doppler ultrasound as applied in obstetrics. *Clin. Obstet. Gynecol.*, 32, 628-644
- Maulik D. (1997): Spectral Doppler Sonography: Waveform Analysis and Hemodynamic Interpretation. In: *Maulik D.: Doppler Ultrasound in Obstetrics and Gynecology.* Sprinter, New York, 43-67
- Mayerhofer A., A. P. Sinha Hikim, A. Barike und L.D. Russell (1989): Changes in the testicular microvasculature during photoperiod-related seasonal transition from reproductive quiescence to reproductive activity in the adult golden hamster. *Anat. Rec.* 224, 495-507
- Möhrke C. (1999): Duplex- und Triplexsonographie der Hoden, Nebenhoden und Prostata des Hundes. *Vet. med. Diss., Hannover*
- Pozor M. A. und D. Kolonko (2000): The testicular artery of stallions in clinical and morphological studies. *Med. Wet.* 57, 822-826
- Pozor M. A. und S. M. McDonnell (2002): Doppler ultrasound measures of testicular blood flow in stallions. *Theriogenology* 58, 437-440
- Pozor M. A. und S. M. McDonnell (2004): Color Doppler ultrasound evaluation of testicular blood flow in stallions. *Theriogenology* 61, 799-810
- Rabb M. H., D. L. Thompson, J. R., B. E. Barry, D. R. Colborn, F. Garza, J. R. u. K. E. Hehnke (1989): Effects of sexual stimulation, with and without ejaculation, on serum concentrations of LH, FSH, testosterone, cortisol and prolactin in stallions. *J. Anim. Sci.* 67, 2724-2729
- Ralls P. W., M. C. Jensen, K. P. Lee, D. S. Mayerkawa, M. B. Johnson und J. M. Halls (1990): Color Doppler sonography in acute epididymitis and orchitis. *J. Clin. Ultrasound* 18, 383-386
- Scholtes M. C., J. W. Wladimiroff, H. J. M. Van Rijen und W. C. J. Hop (1989): Uterine and ovarian flow velocity waveforms in the normal menstrual cycle: a transvaginal Doppler study. *Fertil. Steril.* 52, 98-984
- Schulze J. J. (2004): Einfluss von Stickstoffmonoxid-Donoren und humanem Choriongonadotropin auf den testikulären Bluffluss des Hengstes - Dopplersonographische Untersuchungen. *Vet. med. Diss., München*
- Serafini P., J. Batzofin, J. Nelson und D. Olive (1994): Sonographic uterine predictors of pregnancy in women undergoing ovulation induction for assisted reproductive treatments. *Fertil. Steril.* 62, 815-822
- Setchell B. P. (1990): Local control of testicular fluids. *Reprod. Fertil. Dev.* 2, 291-309
- Setchell B. P., S. Maddocks und D. Brooks (1994): Anatomy, vasculature, innervation, and fluids of the male reproductive tract. In: *KNOBIL, E. u. J. NEILL: The Physiology of Reproduction.* Raven Press, New York, 1063-1175
- Setchell B. P., G. M. H. Waites und G. D. Thorburn (1966): Blood flow in the testis of the conscious ram measured with krypton85. *Circ. Res.* 18, 755-765
- Sharma O. P. (1976): Diurnal variations of plasma testosterone in stallions. *Biol. Reprod.* 15, 158-162
- Sinha Hikim A. P., A. Bartke und L. D. Russell (1988): Modeling structure-function relationship in the testis utilizing the photoperiodic golden hamster: A morphometric analysis. *Anat. Rec.* 220, 90 Abstract
- Smith J. A. (1974): Biopsy and the testicular artery of the horse. *Equine Vet. J.* 6, 81-83
- Tarhan S., B. Gumus, I. Gunduz, V. Ayyildiz und C. Goktan (2003): Effect of varicocele on testicular artery blood flow in men—color Doppler investigation. *Scand. J. Urol. Nephrol.* 37, 38-42
- Wielgos M., L. Bablok, S. Fracki, T. Rokicki und L. Marianowski (2000): Testicular artery Doppler flow evaluation in men with degenerative changes of seminiferous tubules. *Ginekol. Pol.* 71, 1042-1046
- Witte A. (1999): Dopplersonographische Untersuchungen an der Arteria testicularis des Bullen. *Vet. med. Diss., Hannover*

Prof. Heinrich Bollwein
Klinik für Rinder
Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover
heinrich.bollwein@tiho-hannover.de

Pferdeheilkunde Curriculum

Herz- und Gefäßkrankheiten

Heidrun Gehlen und Peter Stadler

14.-15. Oktober 2006

www.pferdeheilkunde.de