

## **4 Diskussion**

Für jede Besamungsstation ist es wichtig, die Produktivität durch Bullen mit sehr guten Fruchtbarkeitsleistungen zu erhöhen und unterdurchschnittlich fruchtbare Tiere zu selektieren. Ziel der Auswertung der Spermadaten von Bullen unter subtropischen Haltungsbedingungen war es, Spermaparameter und Bullen zu finden, die besonders auf Hitzestress reagieren. Anhand der vor der Hitzeperiode gesammelten Spermadaten sollten dann Hinweise gefunden werden, die eine frühzeitige Erkennung hitzeintoleranter Bullen zulassen und somit als Selektionskriterium für die spermatogene Leistung unter Hitzestress verwendet werden könnten. Im Klimastallversuch galt es, die subtropischen Temperatur- und Klimaverhältnisse zu simulieren und weitere Parameter, die auf Hitzeschäden der Ejakulate und die Mechanismen der Wärmeschädigung schließen lassen, auszuwerten.

Die Untersuchungen begrenzten sich auf die Bestimmung der Spermadaten, Hormonprofile und Enzyme des Ejakulates. Um die tatsächliche Fruchtbarkeit der männlichen Tiere zu bestimmen, hätte auch die Non-Return Rate untersucht werden müssen.

Gruppeneinteilungen zur Klassifizierung von Bullen sollen Zusammenhänge der untersuchten Parameter und der Fruchtbarkeit bzw. der Spermaproduktion aufzeigen. In der Literatur wurden Einteilungen auf der Basis der Spermakonzentration, dem Anteil beweglicher und mißgebildeter Spermien (ABDEL MALAK und THIBIER, 1985) und der „spermatogenen Potenz“ (LANGE, 1995) vorgenommen.

In den eigenen Untersuchungen sollte ein Parameter gefunden werden, der letztendlich das Ergebnis möglichst aller Qualitätsprüfungen und damit das Produktionsergebnis widerspiegelt. Dazu schien die durchschnittliche Menge der für die künstliche Besamung tauglichen Spermaportionen geeignet zu sein. Bullen, die nach der Hitzeperiode die meisten zur KB tauglichen Spermaportionen produzierten, galten somit als gute Samenproduzenten (Gruppe 1) und Bullen, die am wenigsten in diesem Zeitraum produzierten als schlechte Samenproduzenten (Gruppe 3). Der Rest der Bullen bildete die Gruppe 2.

### **Ejakulatparameter Subtropen und Klimakammerversuche**

Das **Ejakulatvolumen** zeigte bei der Auswertung der Daten unter den subtropischen Hal- tungsbedingungen in Syrien ein deutliches ( $p < 0,05$ ) Absinken der Werte nur in Gruppe 3 während der Hitzeeinwirkung während es in den anderen beiden Gruppen konstant blieb. Da- gegen konnten KUMI-DIAKA et al. (1981) in Nigeria in der heißen Jahreszeit keine Verände- rungen feststellen. Die von DJIMDE UND WENIGER (1984) UND CHAUNDHARY UND GANGWAR (1977) BEOBACHTETE STEIGERUNG DES EJAKULATVOLUMENS IN DER HEIßESTEN JAHRESZEIT WURDE VON DIESEN AUTOREN AUF EINE VERBESSERTE FÜTTERUNG ZURÜCKGEFÜHRT. BEI DER DISKUSSION DER SPERMAPARAMETER IST DER EINFLUß DER Fütterung, die in subtropischen Standorten über das Jahr sehr variieren kann, zu beachten. Beim ausgewachsenen Bullen hat eine temporär marginale Energiezufuhr und Eiweißversorgung keinen Einfluß auf die Sper- mamenge. Nur bei Unterversorgungen an Cu, Mn und Vitamin A sind Veränderungen in der Spermaqualität bezüglich einer geringeren Motilität, erhöhten Anteilen toter Spermien und erhöhter Spermischäden zu erwarten (THUN, 1995).

Die eigenen Klimakammerversuche lassen ebenso wie die von BADER (1972), IRALA (1973), ZAREMBA (1975), ACKEMANN (1976) und MEYERHOEFFER et al. (1985) keine Veränderungen des Ejakulatvolumens infolge experimenteller Hitzebelastung erkennen.

Die durchschnittliche **Dichte** der Spermien stieg bei den eigenen Untersuchungen unter sub- tropischen Bedingungen infolge der Hitzeeinwirkung in Gruppe 1 deutlich ( $p < 0,05$ ) an. Glei- ches konnte bei den Versuchen im Wärmestall beim Bullen 95719 beobachtet werden. Dies bestätigt die Ergebnisse von IRALA (1973) und ZAREMBA (1975), die bei künstlicher Wärme- zufuhr ebenfalls einen zeitweiligen Anstieg der Ejakulatdichte während der Hitzebelastung beschrieben und dieses Phänomen mit einer erhöhten Aktivität der glatten Muskulatur in den samenableitenden Wegen, die zu einer vermehrten Spermienausschüttung führt, erklärten. Diese Aktivitätserhöhung konnte auch von SHOENBERG (1973) an isolierten glatten Muskel- zellen bei 35°C nachgewiesen werden und beruhte hier auf einem gesteigerten Natrium- Kalium-Austausch.

In den eigenen Klimakammerversuchen kam es offenbar bei Maximaltemperaturen von 33°C bzw. 43°C nicht zu einer Keimepitheldegeneration mit Oligo- bzw. Azoospermie.

Ebenso verzeichneten DJIMDE und WENIGER (1984) und IGBOELI et al. (1987) keine Verände- rungen der Dichte, dagegen andere Autoren verminderte Ejakulatdichten sowohl unter tropi- schen Bedingungen (KUMI-DIAKA et al., 1981; REKWOT et al., 1987; AX et al., 1987), als auch bei experimenteller Wärmezufuhr (STEPHAN et al., 1971; ACKEMANN, 1976; EL AZAB, 1966,

ZAREMBA, 1975), wobei letzterer Effekt meist drei Wochen nach Beginn der Hitzebelastung auftrat und auf einer Keimepitheldegeneration sowie einem erhöhten Anteil von geschädigten Spermien und deren Resorption im Nebenhoden basiert. Dies erklärt auch die deutlich ( $p < 0,05$ ) verminderten Ejakulatdichten der Bullen in Gruppe 3 nach der Hitzeeinwirkung.

Die Schätzung der **Vorwärtsbeweglichkeit** der Spermien im Ejakulat halten BOENKE et al. (1978) für die Beurteilung der Qualität von Bullensperma für besonders aussagefähig. In den eigenen Untersuchungen kann nur in Gruppe 3 unter den Feldbedingungen in der Bullenstation in Syrien, nicht aber in den Klimakammerversuchen ein Hitzeeinfluß auf die Vorwärtsbeweglichkeit erbracht werden. STEPHAN et al. (1971), ZAREMBA (1975), MEYERHOEFFER et al. (1985) und AX et al. (1987) stellten ebenfalls übereinstimmend Verminderungen der Spermienmotilität im Zeitraum von einer Woche bis zu 8 Wochen nach Hitzestress fest. Dieser Parameter ist besonders anfällig für subjektive Fehler durch die untersuchenden Personen und sollte daher immer unter möglichst konstanten Versuchsbedingungen ermittelt bzw. objektiver mittels Videomikrographie mit Computerbildanalyse vorgenommen werden (LEIDL et al., 1989).

### **Produktionsparameter unter subtropischen Haltungsbedingungen**

Deutlich zeigen die monatlich erhobenen Produktionsstatistiken sinkende Fruchtbarkeitsleistungen der Bullen während und nach der Hitzeperiode in den Gruppen 2 und 3.

Unter subtropischen Bedingungen war in diesen beiden Gruppen ein Sinken der Anzahl der Sprünge, der Anzahl der eingefrorenen Ejakulate und Spermaportionen, der Anzahl der tauglichen Ejakulate und Spermaportionen während der Hitzeperiode zu verzeichnen. Nach der Hitzeperiode blieben die Werte in den Gruppen 2 und 3 auch deutlich vermindert. Dies deutet auf teilweise irreparable Schäden bei einigen Tieren hin. In Gruppe 1 gab es keine Einbußen in der Spermaproduktion infolge der Hitzeeinwirkung. Diese Tiere waren das ganze Jahr über in der Lage, ein konstant hohes Niveau der Spermaproduktion aufrechtzuerhalten.

Um zu untersuchen, ob der Rückgang der Zahl der eingefrorenen Ejakulate nur auf dem Rückgang der verminderten Zahl der Sprünge beruht, wurde der Quotient aus diesen beiden Parametern gebildet. Auch hier zeigte sich, daß nur in Gruppe 3 während und nach der Hitzeperiode der Anteil der Ejakulate deutlich größer war, der die Qualitätsprüfung vor dem Ein-

frieren nicht bestand, was einen höheren Grad an Spermenschäden vermuten läßt. In den anderen beiden Gruppen blieben die Verhältnisse ungefähr gleich.

Die erneute Beurteilung durch Auftauen jeweils einer Spermaportion pro Ejakulat bringt Qualitätsmängel des Spermias zum Vorschein, die vor dem Einfrieren nicht sichtbar waren. Um dies zu verdeutlichen, wurden die einzelnen Produktionsparameter Anzahl der tauglichen Spermaportionen und Anzahl der eingefrorenen Spermaportionen ins Verhältnis gesetzt. Hier konnte in keiner Gruppe ein Hitzeeinfluß nachgewiesen werden. Die eingefrorenen Spermien zeigten also keine höhere Empfindlichkeit gegenüber der Membranbelastung durch das Einfrieren und anschließende Auftauen. Dieses Ergebnis verhält sich gegensätzlich zu denen von VÖGLER et al. (1991), die beim Bullen bei den eine Woche nach dem Hitzestreß gewonnenen Spermien erst nach deren Einfrieren und Auftauen Unterschiede hinsichtlich der Spermienmotilität und Überlebensfähigkeit feststellten. Sie schlossen daraus, daß bei Nebenhodenspermien obwohl morphologisch keine Veränderungen feststellbar sind, durch Hitzestreß die Fähigkeit die Motilität zu erhalten und die Akrosomstabilität vermindert sind.

### **Morphologische Veränderungen unter subtropischen Haltungsbedingungen**

Bis zum Juli lagen die durchschnittlichen Werte der gesamten Bullengruppe für die normal ausgebildeten Spermien immer über 80%. Im August während der Hitzeperiode verringerten sich diese Werte um ca.10%. In allen drei Gruppen sanken die Werte in der Hitzeperiode und blieben in Gruppe 2 auch danach noch deutlich vermindert. Damit konnte der negative Einfluß von Hitzestreß auf die Spermienmorphologie unter den klimatischen Bedingungen Syriens bestätigt werden und steht im Einklang mit den Ergebnissen von DJIMDE und WENIGER (1984), SEKONI et al. (1988), IGBOELI et al. (1987), KUMI-DIAKA et al. (1981), FAYEMI und ADEGBITE (1982) und REKWOT et al. (1987), die alle unter tropischen Bedingungen zu ähnlichen Ergebnissen kamen.

Ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Hitzeeinfluß und dem vermehrten Auftreten von **primären Spermadefekten** wie den geschädigten Spermienköpfen und den geschädigten Hälsen während der Hitze und in der Folgezeit konnte bei den eigenen Untersuchungen für die Gruppen 2 und 3 im Einklang zu EL AZAB (1966) und ZAREMBA (1975) nachgewiesen werden. Diese Autoren beobachteten dieses Phänomen bei experimenteller Wärmezufuhr. In den eigenen Untersuchungen ist allerdings bei den guten Samenproduzenten in Gruppe 1 kein Einfluß festzustellen. Ein gegenläufiger Trend zeigte sich in allen drei Gruppen bei den Mittelstücken. Hier nahmen die Werte während und nach der Hitzeperiode ab.

**Sekundäre Spermenschäden** können durch Wärmebelastung bei der Nebenhodenpassage oder durch thermische Belastungen bei der Ejakulation oder Manipulation mit den Spermien entstehen. Die deutlichen Anstiege der Spermien mit persistierendem Protoplasmatropfen (alle drei Gruppen), der Spermien ohne Schwanz (Gruppen 2 und 3) und der geschädigten Spermenschwänze (Gruppe 3) in der Hitzeperiode können als Schäden infolge der Wärme- einwirkung auf den Nebenhoden angesehen werden. Allerdings ist unklar, ob dem persistierenden Protoplasmatropfen eine pathologische Bedeutung zuzuweisen ist (STOLLA, 1984). Außerdem waren im Abschnitt 3 die Protoplasmatropfen (alle 3 Gruppen), die Kopfkappenschäden insgesamt (alle 3 Gruppen), die abgelösten Kopfkappen (alle 3 Gruppen) und die leichten Kopfkappenschäden (Gruppen 1 und 2) erhöht.

Die erhöhten Werte der sekundären Spermadefekte im Abschnitt 3 müssen Resultat länger andauernder Spermienbildungsstörungen sein, da zu diesem Zeitpunkt keine Spermien, die im Nebenhoden der Sommerhitze ausgesetzt waren, vorhanden gewesen sein können, wenn man die Nebenhodenpassagezeit beim Bullen von 8-11 Tagen veranschlagt (KOEFOED-JOHNSON, 1960).

Es fällt auf, daß im Gegensatz zu den primären Spermienveränderungen bei denen in Gruppe 1 kaum deutliche Veränderungen unter dem Einfluß der Hitze zu verzeichnen waren, bei den sekundären Veränderungen in allen drei Gruppen deutliche Qualitätsverminderungen zu verzeichnen sind. Nebenhodenspermien gelten zwar als weniger hitzelabil als die anderen Entwicklungsstadien (ZAREMBA, 1975; LEIDL, 1966; STOLLA, 1984), allerdings scheinen hier die individuellen Unterschiede hinsichtlich der Adaptationsfähigkeit zwischen den Tieren weniger deutlich ausgeprägt zu sein als vor Abschluß der Spermatogenese.

### **Vergleich der Bullengruppen unter subtropischen Klimaverhältnissen**

Auf der Grundlage der Gruppeneinteilung war es möglich, die einzelnen Gruppen zurückzuverfolgen, ihre Spermadaten zum Jahresanfang darzustellen und eventuell so Parameter zu finden, die eine Früherkennung der verschiedenen Klassen von Samenproduzenten zulassen.

Da der Parameter der durchschnittlichen zur künstlichen Besamung tauglichen Spermaportionen im Abschnitt 3 die Grundlage der Gruppeneinteilung bildete, gab es auch deutliche Unterschiede in diesem Abschnitt 3 zwischen den Gruppen 1, 2 und 3 bei den anderen Produktionsparamern (Anzahl der Sprünge, eingefrorene Spermaportionen, taugliche Ejakulate, Verhältnis eingefrorene Ejakulate/Anzahl der Sprünge, Verhältnis taugliche Ejakula-

te/eingefrorene Ejakulate) da das Gruppeneinteilungskriterium eine abhängige Variable dieser ist. Allerdings unterschieden sich diese Gruppen bei diesen Parametern auch schon im Abschnitt 1 deutlich voneinander. Die Gruppe 3 zeigte also schon vor der Hitzeperiode ein deutlich geringeres Spermaproduktionsvermögen als die anderen beiden Gruppen.

Bei den Mittelwerten der Parametern Dichte, Vorwärtsbeweglichkeit, Gesamtspermienzahl, Gesamtvorwärtsbeweglichkeit hatte Gruppe 3 unter der Hitzeeinwirkung oder danach deutlich geringere Werte zu der Gruppe 1 und / oder Gruppe 2. Diese Werte bestimmten auch indirekt das Gruppeneinteilungskriterium was die Unterschiede im Abschnitt 3 erklärt. Es gab aber im Abschnitt 1 keine deutlichen Unterschiede zwischen den Gruppen bei diesen Parametern.

Bei den morphologischen Spermadaten hatte Gruppe 3 bei den geschädigten Köpfen und Hälsen sowie bei den abgelösten Kopfkappen, der Summe der Kopfkappenschäden und bei den geschädigten Schwänzen während oder nach der Hitzeperiode höhere Anteile als eine oder beide der anderen Gruppen.

Hinsichtlich der morphologischen Parameter der Spermien konnten aber auch schon vor der Hitze deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen sichtbar gemacht werden. Gruppe 1 zeigte bei dem Anteil normaler Spermien die höchsten, Gruppe 2 die mittleren und Gruppe 3 die niedrigsten Werte. Bei den morphologischen Defekten gab es am Jahresanfang nur bei den mittleren Kopfkappenschäden deutlich höhere Werte in Gruppe 3 verglichen mit Gruppe 2.

Zusammenfassend kann man schlußfolgern, daß die Bullen in Gruppe 3 schon deutlich schlechtere Produktionsparameter und schlechtere morphologische Daten am Jahresanfang vor der Hitzeperiode des Sommers hatten als die anderen Bullen. In den heißen Sommermonaten verschlechterten sich die Werte in dieser Gruppe weiter und zeigten nach der Hitzeperiode teilweise keine Tendenz zur Verbesserung. In Gruppe 1 bei den Bullen mit dem besten Spermaproduktionsvermögen gab es ebenfalls einige Parameter, die sich unter der Hitze verschlechterten, aber hier erholten sich die Tiere nach den heißen Sommermonaten innerhalb der nächsten zwei Monate wieder. Folglich scheinen die Daten zu belegen, daß gute Spermaproduzenten den Hitzestress besser kompensieren als schlechte Samenproduzenten. Das äußert sich in schwächer ausfallenden Qualitätsminderungen der Samenproduktion und in einer besseren Regenerationsfähigkeit nach der Hitze. Einen frühen Hinweis auf eine verminderte Hitzetoleranz könnten spermienmorphologische Daten geben, bei denen in den eigenen

Untersuchungen der Anteil normaler Spermien und der mittleren Kopfkappenschäden dies am deutlichsten zeigte.

### Enzyme, Hormone, Ethidiumbromidtest Klimakammerversuche

Betrachtet man den Entwicklungszyklus der Spermien, so gelten die Spermien während der Nebenhodenpassage als thermosensibel, da schon ab dem 9. Tag nach Beginn der Wärme- einwirkung ein Anstieg sekundärer Spermienveränderungen vor allem von abgelösten Köpfen zu beobachten ist (EL AZAB, 1966; ZAREMBA 1975). Ein erhöhtes Auftreten von mißgebildeten Spermienköpfen in der 3. Woche bzw. ein steiler Anstieg primärer Mißbildungen ab der 4. Woche nach einer Wärmeapplikation ließ darauf schließen, daß die jungen Spermatisden während der Transformation bzw. die Spermatozyten während der 1. Reifeteilung besonders wärmeempfindlich sind (EL AZAB, 1966; ZAREMBA, 1975; STOLLA, 1984).

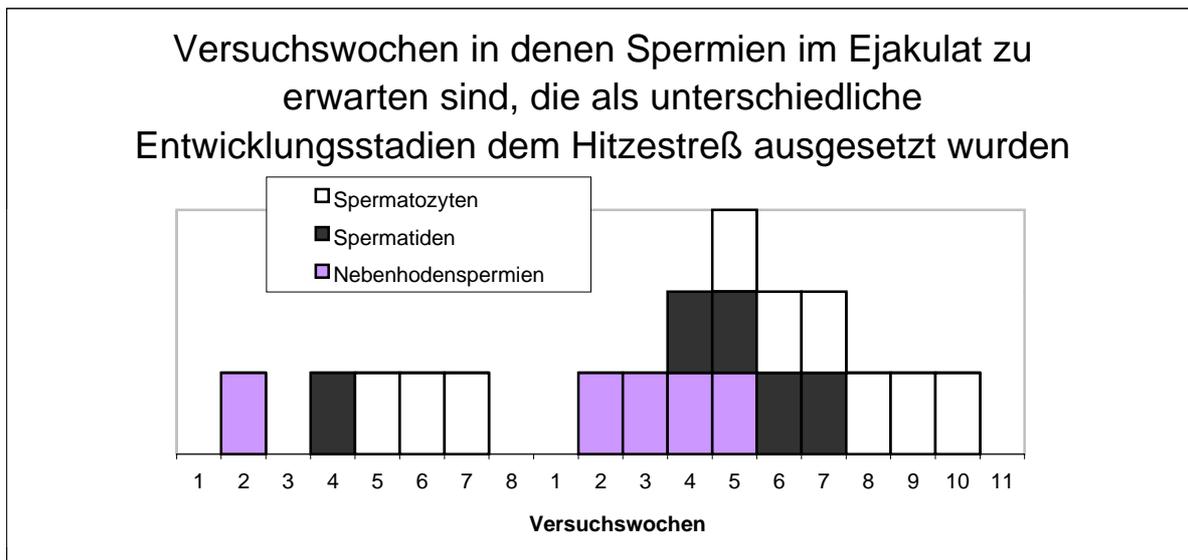


Diagramm 4.1.

Das Diagramm 4.1. läßt für den 2. Klimakammerversuch ab der 4. Versuchswuche eine verstärkte Anflutung von Spermien, die jeweils zu verschiedenen besonders thermosensiblen Entwicklungsphasen der Temperaturbelastung ausgesetzt waren, erwarten. Es kommt im Klimakammerversuch 2 zu einem Kumulationseffekt, der von der 4.-6. Versuchswuche dauert und in der 5. Woche sein Maximum hat. Zu diesem Zeitpunkt ist die ausschließliche Anflutung von Spermien die während der Hitzeperiode gebildet wurden zu erwarten, da die Spermienreserve des Nebenhodenschwanzes maximal 4-5 normal dichte Ejakulate beherbergt (WOLLRAB, 1965). Der tatsächliche Anteil geschädigter Spermien im Ejakulat ist erwartungs-

gemäß geringer, da im Nebenhodenschwanz zahlreiche Spermien phagozytiert werden (DORST, 1991).

Betrachtet man den **Ethidiumbromidtest** für den Klimakammerversuch 2, so trat dieser erwartete Kumulationseffekt in der 5. Versuchswoche nicht ein. Bei beiden Bullen stiegen die Werte erst in der 7. Versuchswoche deutlich an. Das Sinken der Gesamtspermienzahl bei beiden Bullen in der 6. Woche des Klimakammerversuches 2 deutet auf einen Anstieg der Resorption im Nebenhoden hin und könnte Zeichen eines solchen Kumulationseffektes sein.

Sowohl der **Ethidiumbromidtest** als auch die Bestimmung der **GOT** geben Aufschluß über den Schädigungsgrad der Samenzelle. Im Klimakammerversuch 1 konnte beim Bullen 95705 kein gleichsinniges Verhalten dieser beiden Parameter festgestellt werden. Es traten während und nach der Hitzeperiode zwar bei beiden Bullen mehrmals deutlich zu Gunsten des Überstandes verschobene GOT-Aktivitäten auf, die auf eine Schädigung der Spermienmembranen hinweisen, allerdings nie zu einem Zeitpunkt an dem auch die Ethidiumbromidwerte erhöht waren. Dies könnte ein Hinweis auf unterschiedliche Arten von Zellmembranschäden sein, die mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten für diese beiden auf Permeabilität beruhenden Nachweisverfahren einhergehen. Eine weitere Erklärung für ausgebliebene Erhöhungen der GOT-Aktivität bei vorhandenen Zellschäden kann die Inaktivierung des Enzyms im extrazellulären Raum sein, wobei die genauen Mechanismen noch nicht genau erklärt sind (ZAREMBA, 1975).

Betrachtet man den **Hyaluronidasetest**, der Aufschluß über den Schädigungsgrad des Akrosoms gibt, so ist die erhöhte Aktivität im Seminalplasma in der 2. und 3. Versuchswoche des Klimakammerversuches 1 auf die ebenfalls erhöhten Gesamthyaluronidasegehalte der Ejakulate und der anteilig erhöhten zellulären Enzymaktivität zurückzuführen und ebenfalls kein Zeichen für einen erhöhten Schädigungsgrad der Spermien, da bei gleichbleibendem Schädigungsgrad der Membran unter diesen Voraussetzungen die Überstandsaktivität auch zunehmen muß. Die stark verminderten Hyaluronidasewerte sowohl im Überstand, als auch in den Spermien bei beiden Bullen in der 5. Woche des Klimakammerversuches 1 könnten ein Hinweis auf Syntheseschäden während der Spermatozytentwicklung sein.

Eine deutliche Teratozoospermie trat in den Untersuchungen von STEPHAN et al. (1971) erst bei Klimastalltemperaturen von 35°C am Tage und 30°C nachts auf. Dagegen erwiesen sich Umgebungstemperaturen von 30°C tags und 25°C nachts über 9 Tage als folgenlos hinsicht-

lich der Spermaqualität. So reichten in den eigenen Untersuchungen während des Klimakammerversuches 1 die Temperaturen von 30-33°C am Tage und 25-27°C in der Nacht nicht aus, um deutliche Veränderungen hinsichtlich der GOT- und Hyaluronidasewerte sowie des Ethidiumbromidtestes zu erzielen. Im Klimakammerversuch 2 wurden mit über 40°C am Tage und 27-29°C in der Nacht zwar deutlich höhere Temperaturen erreicht, aber nur der Ethidiumbromidtest durchgeführt, der für beide Bullen in der 7. Versuchswoche die höchsten Werte der Untersuchungen ergab. Diese lassen ein vermehrtes Auftreten durch Hitze geschädigter Spermien vermuten.

Bei der Beurteilung des Permeabilitätstestes muß berücksichtigt werden, daß noch nicht geklärt ist, ob ausschließlich Schädigungen der Membran oder auch reversible funktionelle Zustände der Zellmembran erfaßt werden (SCHÜLKE et al., 1986). Nach OSINOWO (1981) sind Enzymfreisetzungen aus den Spermien nicht unbedingt ein Hinweis auf eine Membranschädigung. Die Grenzen zwischen physiologischen und pathologischen Vorgängen bedürfen bezüglich dieser biochemischen Parameter einer weiteren Klärung bzw. sollten in Zusammenhang mit anderen Spermaparametern diskutiert werden.

Die Werte des **LH** bewegten sich auch unter Hitzebelastung beim Bullen 95719 hinsichtlich der Amplitude und des Intervalls in der von SCHAMS et al. (1978) beschriebenen Spanne. Die Werte des Bullen 95705 lagen während des Anheizens und unter Temperaturbelastung immer unter der Nachweisgrenze und damit unter den in der Literatur beschriebenen normalen Werten. Bei einer LH-Halbwertszeit von 30 min und teilweise 30-minütigen Blutprobenentnahmen hätten Gipfelwerte auch für diesen Bullen festgestellt werden müssen. Lediglich nach der GnRH-Stimulation konnte ein LH-Peak induziert werden. Leider lagen für diesen Bullen keine Kontrollwerte für LH vor, so daß nicht zu klären ist, ob die niedrigen LH-Werte Folge der Streßeinwirkung waren oder ob dieses Tier generell verminderte LH-Werte aufwies.

Beide Bullen zeigten in Amplitude und Intervall normale Hormonkurven für das **Testosteron** unter Normaltemperatur und Hitzestreß. Somit konnte der von RHYNES et al. (1973) beobachtete auf 43% verminderte Testosteron-Blutplasmaspiegel während der ersten zwei Wochen der Hitzeeinwirkung in den eigenen Untersuchungen nicht nachvollzogen werden. Allerdings normalisierten sich die Testosteronwerte noch während der Hitzebelastung in den Untersuchungen von RHYNES et al. (1973).

Durch Wärmeisolation der Hoden erreichte Senkungen des Testosteronspiegels bewirkten keine Veränderung des LH (PRABHAKAR et al. 1990) bzw. dessen Erhöhung im Blut (SIDIBE et al., 1992) und normalisierten sich nach Beendigung der Hitzebelastung auch wieder. SIDIBE et al. (1992) stellten aber bei den einzelnen Tieren eine Störung des Testosteron-LH-Feedback Mechanismus fest.

Folglich scheint die Testosteronproduktion in den Leydigischen-Zwischenzellen über zwei Wege beeinflussbar zu sein:

Es wird vermutet, daß parakrine Signale zwischen den Leydigischen Zwischenzellen, den Sertoli-Zellen und den Germinativzellen die Testosteronsynthese der Leydigischen Zwischenzellen beeinflussen und somit eine Erklärung für die gestörte Testosteronsynthese bei lokaler Hitzeeinwirkung am Hoden wären (BYERS und GLOVER, 1984; AMMAN, 1986; BELLVÉ und ZHENG, 1989). GALIL und SETCHELL (1988) kamen bei Ratten zu der Erkenntnis, daß nach lokaler Hodenerwärmung zwar im venösen Blut des Hodens die Testosteronspiegel erhöht sind aber nicht im peripheren Kreislauf, also offenbar die Transportmechanismen gestört sein müssen.

Zum zweiten bewirkt allgemeiner Streß eine Erhöhung des Cortisolspiegels. Dieser wiederum kann hypophysär die Empfindlichkeit der GnRH-Rezeptoren und damit die LH-Ausschüttung vermindern (WELSH et al., 1979; WELSH und JOHNSON, 1981; JOHNSON et al., 1982). Da es sich dabei wirklich nur um eine Verminderung der LH Ausschüttung handelt, belegen die Untersuchungen von PADMANABHAN et al. (1983). Bei ihren in vitro Versuchen gelang es nicht, die basale LH-Freisetzung aus bovinen Hypophysenzellen mittels ACTH, Cortisol oder Dexamethason zu beeinflussen. Allerdings konnten die GnRH induzierten LH-Anstiege vollständig unterbunden werden.

Neben dieser Wirkung an der Hypophyse kann Cortisol auch direkt an den Leydigischen Zwischenzellen die Testosteronsynthese herabsetzen (SCHALLENBERGER, 1982; MOBERG, 1985; THUN, 1995; SPANDERN, 1997).

Es muß bei der Interpretation des Einflusses der Hormonverläufe des LH und Testosteron unter Hitzestreß also unterschieden werden, ob es sich um eine lokale Wärmeapplikation oder um einen allgemeinen Hitzestreß handelte. Die lokale Hodenerwärmung führt über oben beschriebene parakrine Signale zu einer Senkung der Testosteronproduktion bzw. -abgabe und

kann in dessen Folge über einen negativen Feedback zu einem LH-Anstieg beitragen. Erfolgt die Hitzebelastung über eine allgemeine Hitzezufuhr, kann es über einen Cortisolanstieg zu einer Senkung des LH und des Testosteron kommen.

Letzterer Effekt konnte in den eigenen Untersuchungen nicht eindeutig beobachtet werden.

Um den Streß durch die Blutentnahme und den Einfluß auf den **Cortisol**spiegel im Blutplasma so gering wie möglich zu halten, wurden Venenverweilkatheter verwendet. Allerdings ist nach CASTAGNE (1997) der Cortisolspiegel durch den Gewöhnungseffekt nach Venenpunktion auch nicht verändert. Die Cortisolwerte zeigten sich unter der Hitzeeinwirkung nicht gegenüber dem Kaltstallversuch erhöht.

Die geringen Cortisolwerte eine Woche nach Beginn der Hitzebelastung bestätigen die Untersuchungen von CASTAGNE (1997), die einen Gewöhnungseffekt bei diesem Hormon beobachtete und aus diesem Grunde das Wachstumshormon als geeigneten Streßnachweis betrachtete. Dieser Gewöhnungseffekt war offensichtlich auch die Ursache für die relativ geringen Cortisolwerte in den eigenen Untersuchungen während der Hitzebelastung, die nicht ausreichten, um über eine Unterdrückung der LH-Freisetzung bzw. durch direkte Wirkung am Hoden die Testosteronsynthese zu stören. Diese Aussage deckt sich mit der Feststellung von MOBERG (1987), daß die Cortisolwerte längere Zeit erhöht sein müssen, um die LH-Freisetzung zu stören. Dadurch kann der Gonadotropinspiegel vor akuten adrenalen Streßreaktionen geschützt werden. Auch THUN und EGGENBERG (1996) kamen zu dem Ergebnis, daß ein durch Streß induzierter Anstieg endogenen Cortisols über einen Zeitraum von 3-5 Stunden beim Bullen nicht ausreicht die Testosteronfreisetzung zu beeinflussen. Der Unterschied dieser Ergebnisse zu denen von JOHNSON et al. (1982), SPANDERN (1997), BORG et al. (1991) und THIBIER und ROLLAND (1976), die entweder ACTH oder Dexamethason applizierten und eine Hemmung der Testosteronfreisetzung beim Bullen erzielten, ist der, daß eine ACTH-Applikation zu einer stärkeren und längeren Cortisolantwort hervorruft als eine kurzzeitige Streßsituation und zum anderen wahrscheinlich die LH-Sekretion direkt in der Hypophyse hemmt (FUQUAY und MOBERG, 1983) bzw. daß Dexamethason eine 30 mal größere biologische Wirksamkeit als Cortisol hat (THUN und EGGENBERG, 1996).

Eine mögliche Erklärung für die verringerten LH-Werte während der Hitzebelastung des Bullen 95705 könnten seine im Vergleich zum Bullen 95719 relativ höheren Cortisolwerte sein.

Die Blutspiegel des **17 $\beta$ -Östradiol** zeigten bei beiden untersuchten Bullen einen typischen zyklischen Verlauf vor und während der Hitzebelastung und lagen mit ihren durchschnittlichen Werten im Bereich der von SCHALLENBERGER et al. (1991) ermittelten Werte für Besamungsbullen.

HARTL (1990) beobachtete nach einer **GnRH-Stimulation** einen steilen Anstieg des LH, gefolgt von erhöhten Testosteron und 17 $\beta$ -Östradiol-Werten nach einer halben bis einer Stunde post injectionem, die innerhalb der 10-stündigen Versuchsdauer wieder auf ihre Ausgangswerte zurückkehrten. In den eigenen Untersuchungen können diese Beobachtungen auch nach bereits drei Wochen andauerndem Hitzestress für die Hormone LH, Testosteron und 17 $\beta$ -Östradiol bestätigt werden. Auf die stark erhöhten LH-Kurven folgten Testosteronpeaks, die deutlich über den bisher gemessenen Maximalwerten für Testosteron lagen. Die Leydigischen Zwischenzellen schienen also weder in ihrer Testosteronsynthesefähigkeit eingeschränkt, noch schien die Funktion der LH-Rezeptoren an diesen Zellen beeinträchtigt zu sein. Folglich konnte hier unter Hitzestress keine Veränderung der normalen zeitliche Abfolge der LH und Testosteronfreisetzung nach GnRH-Applikation nachgewiesen werden.

Das Ausbleiben der pulsatilen Freisetzung der Hormone unter Stress wie von HARTL (1990) beschrieben, konnte unter alleinigem Wärmestress in den eigenen Untersuchungen nicht beobachtet werden. Da es sich bei den Bullen in den eigenen Untersuchungen um relativ junge Bullen handelte, ist hier wahrscheinlich das Adaptationsvermögen größer als bei älteren Bullen. Für letztere wurde teilweise ein völliges Erliegen der Hormonsekretion von LH und Testosteron unter Stress beobachtet. Verantwortlich hierfür könnten verminderte Sensibilitäten der Rezeptoren der basophilen Zellen des Hypophysenvorderlappens für GnRH und der Leydigischen Zwischenzellen für LH bei alten Bullen sein (HARTL, 1990).

In den Klimakammerversuchen hatte der Bulle 95705 bei den Ejakulatparametern Volumen, Dichte, Vorwärtsbeweglichkeit, Gesamtspermienzahl, Gesamtvorwärtsbeweglichkeit gegenüber dem Bullen 95719 die Tendenz zu geringeren Werten. Bei dem Ethidiumbromidtest und den Hyaluronidase- bzw. GOT-Werten des Überstandes (nicht spermiengebundenes Enzym) waren die Parameter erhöht. Alle diese Werte deuten auf eine geringere Fruchtbarkeit dieses Bullen hin. Es konnte aber in den eigenen Versuchen nicht der von LANGE und HARTWIG (1992) beschriebene und von WOLF (1996) bestätigte Effekt beobachtet werden, daß beim

Bullen schlechtere Samenproduzenten einen höheren LH/Testosteron-Quotienten haben als gute. Dieser Effekt wird mit der schlechteren Stimulierbarkeit der Testosteronsynthese durch LH erklärt. In den eigenen Untersuchungen zeigte der Bulle 95705 der tendenziell immer schlechtere Spermawerte als der Bulle 95719 aufwies, ähnliche Testosteronwerte bei kleineren LH-Werten. Allerdings zeigte dieser Bulle auch die höheren Cortisolwerte. Aufgabe späterer Untersuchungen wäre es, zu klären, ob solche Tiere mit verringerten LH-Werten nach dem Wegfall der möglicherweise durch Streß induzierten LH-Suppression eine überschießende LH-Freisetzung zeigen würden. ÖSTENKÖTTER (1991) konnte bei seinen Versuchen ein derartiges „überschießendes“ Verhalten zeigen und stellte fest, daß die verstärkte LH-Freisetzung bei den Bullen mit der geringeren Non-Return-Rate höher war.

Die Spermaqualität blieb auch in den Wochen nach der einmaligen GnRH-Injektion beim Bullen 95705 vermindert und bestätigte BRAUN und SCHALLENBERGER (1994) die mit Hilfe von GnRH-Agonisten beim Bullen mit Normospermie zwar die Hormonprofile von LH, 17 $\beta$ -Östradiol und Testosteron beeinflussten aber nicht die Motilität, Konzentration und Zellmorphologie der Spermien. Ob häufigere GnRH-Injektionen eine Verbesserung der Spermienanzahl und der Motilität wie von NARASHIMA RAO (1990) unter Normalbedingungen beschrieben, auch unter Hitzestreß bewirken können, bleibt zu klären.

Es ist aber wahrscheinlich, daß zwischen den schlechteren Spermawerten und den geringeren LH-, den stärker reagierenden Cortisolwerten und dem Testosteron ein Zusammenhang besteht. So müssen beim Menschen für eine quantitativ normale Spermiogenese am Hoden die Gonadotropine FSH und LH und außerdem Testosteron gemeinsam einwirken. Ist eines der Gonadotropine vermindert, so ist die Spermatogenese zwar qualitativ normal, aber quantitativ reduziert (MATSUMOTO, 1989).

Die Höhe des Testosteronplasmaspiegels ist für die Spermaqualität nicht ausschlaggebend. FOOTE et al. (1976) beschrieben schon die Unabhängigkeit von Testosteron-Plasmakonzentration und Libido und Spermaqualität bei Besamungsbullen. SCHALLENBERGER et al. (1991) stellten in ihren Untersuchungen bei Jungbullen auf einer Besamungsstation keinen Zusammenhang zwischen Hormonprofilen und Libido bzw. der Qualität des Spermas fest. Sie registrierten hinsichtlich der Sekretionsmuster starke individuelle Schwankungen, die bei allmählicher Veränderung zuerst keine Auswirkungen auf die Spermamenge und -qualität hatten. Die Spermatogenese bleibt qualitativ sogar bei einer testikulären Testosteronproduktion von weniger als 5% der Normalproduktion erhalten (DÖCKE, 1994). Erschwerend für die

Beurteilung von Veränderungen im Sekretionsmuster dieses Hormones ist die starke intraindividuelle und interindividuelle Streuung (OSTENKÖTTER, 1991).

Folglich scheinen Bluthormonprofile die Mechanismen der Wärmeschädigung des Spermas nicht erklären zu können. Zum einen werden kurzzeitige Veränderungen der Hormonspiegel im Blut in der Regel schnell wieder kompensiert, was auch die eigenen Untersuchungen bestätigen. Zum anderen können auch langfristige Hormonveränderungen ohne Wirkung auf die Qualität des Spermas bleiben.