

4. Diskussion

Die Hälfte aller anfallenden Kälber sind männlichen Geschlechtes. Sie sind eine wesentliche Quelle für die Rindfleischerzeugung. Der Hormonstatus dieser Tiere erbringt einerseits ein hochwertiges Fleisch, andererseits erschwert er aber die Haltung dieser Tiere.

Das männliche Gehabe dieser Tiere ist die Ursache für Unfälle, bei der auch zahlreiche Menschen zu Schaden gekommen sind. Ein Weg, die Haltung und den Umgang mit diesen Tieren passabel zu gestalten, ist die Kastration. Allerdings halten die traditionellen Methoden der blutigen Kastration den Anforderungen des Tierschutzes nicht stand. Die medikamentelle Ausschaltung der Sexualfunktionen ist nur begrenzt arzneimittel- bzw. lebensmittelrechtlich zu vertreten. Es ist deshalb angezeigt, nach Wegen zu suchen, um ein notwendiges Anliegen der Landwirtschaft mit Methoden zu lösen, die den rechtlichen Vorgaben entsprechen.

Der hier beschrittene Weg prüft die Wirkung einer Diathermie und einer Unterbindung der Arteria testicularis als minimal-invasive Eingriffe auf den Kastrationseffekt. Verglichen werden diese Ergebnisse mit denen der Burdizzo-Methode.

Das spezifische Ziel dieser Arbeit ist es, eine Technik zu entwickeln, die tierverträglich und sicher in der Anwendung ist. Diese soll dann unter Verwendung moderner endokrinologischer Methoden auf ihre Wirksamkeit getestet werden.

4.1 Bewertung der diathermischen Technik und Methode

Bei der Entwicklung und Erprobung dieses Verfahrens mussten Zangenmodelle mit bipolaren Elektroden, die den Hodensackhals umschließen und den Samenstrang arretieren sollten, wegen Verbrennungen der Haut verworfen werden. Die Anwendung dieser bipolaren Elektroden ist aber für eine Koagulation nach Freilegung der Gefäße unter Sichtkontrolle möglich. Dabei ist die Wirkung dieser blutigen Kastrationsmethode effektiv und reproduzierbar. Eine exakte diathermische Verschluss-technik ist demnach mit einer bipolaren Zange möglich; die Behandlung ist dann aber nicht mehr minimal-invasiv.

Das monopolare System mit einer teflonbeschichteten Nadelelektrode als Aktivelektrode (VOGEL, 1980; SCHLOMBERG, 1985) und mit einer großflächig ausgebildeten Neutralelektrode (Kettenhandschuh, Arterienklemme nach Pean, Klemmelektrode) wurde für eine unblutige Gefäßkoagulation mit entsprechenden anatomischen Detailkenntnissen verwendet. Allerdings ist die Wirkung infolge der Energieverluste durch Funkenentladung, Gewebeverbrennungen an der Nadelspitze und Karbonisierung unsicher und risikobehaftet und der Erfolg nicht regelmäßig reproduzierbar. Angetrocknete Blut- und Gewebereste genügen zur Isolation der Nadelspitze und damit zur Stromunterbrechung. Zur Sicherung der einwandfreien Funktion muss die Nadelelektrodenspitze durch häufiges Abwischen sauber und metallisch blank gehalten werden. Infolge der verschiedenen Gewebsschichten in diesem Bereich kommt es zu keiner adäquaten Energieumsetzung und zu einem Anstieg der Impedanz bei der diathermischen Behandlung. Bei erhöhter Energiezufuhr bilden sich Gasbläschen durch Verdampfen von Flüssigkeit, die zu kleinen explosionsartigen Zerreißen des Gewebes führen. Durch die weitere Bildung von solchen Bläschen erhöht sich der Widerstand zusätzlich, was wiederum einen weiteren Spannungsanstieg und damit eine gesteigerte Gasblasenbildung zur Folge hat. So begrenzt das System durch den starken Widerstandsanstieg sich selbst, und es kommt in einem solch wasserhaltigen Bereich zu keiner ausreichenden thermischen Wirkung (EICHHORN, 1989).

Bei reduzierter Leistung verkocht die Gewebeflüssigkeit; es kommt zur Proteinkoagulation, Exsikkose und Karbonisierung und damit zu keinem weiteren Eindringen der Wärme in die Tiefe.

Eine Karbonisierung kann man vermeiden, wenn die Stromzufuhr fraktioniert und moduliert erfolgt und der Koagulationsvorgang häufig unterbrochen wird. Neben dem Anhaften der Elektroden und der dadurch bedingten Zerreißen von Gewebe bei Ablösung derselben sind kleine Gewebsexplosionen und das Platzen von Gefäßen unerwünschte Nebeneffekte.

Wenn die zur Gefäßtraktion nötige Temperatur von etwa 70 Grad Celsius nicht erreicht wird, entsteht eine große thermisch geschädigte Zone, aber kein Gefäßverschluss.

Ein stark verkohltes Gewebe kann während der Wundheilung nur sehr langsam von Entzündungszellen resorbiert werden; es wirkt als Fremdkörper und wird von einem zellreichen Granulationsgewebe eingeschlossen. Ein stark karbonisiertes Äußeres kann eine Isolierung des Inneren und damit eine ungenügende Koagulation bewirken.

Damit ergeben sich für eine diathermische Hochfrequenzkoagulation folgende Forderungen:

- ausreichende Tiefenwirkung;
- Ausdehnung der Koagulationsnekrose muss steuerbar und reproduzierbar sein;
- Koagulationsnekrose muss in sich homogen und scharf begrenzt sein;
- Karbonisierung der Zellen mit Zerstörung des Gewebeverbandes vermeiden;
- Wärmebildung während der Koagulation darf benachbarte Organe nicht schädigen.

In weiterführenden Untersuchungen zur Problematik der diathermischen Kastration muss geklärt werden, wie ein für die Karbonisierung verantwortlicher unkontrollierter Anstieg von Impedanz und Spannung vermieden werden kann. Aus vielerlei Gründen kann am Anfang des Koagulationsvorganges der Widerstand sehr groß sein und sich im Verlauf des Prozesses weiter erhöhen. Eine adäquate Energiezufuhr in Verbindung mit einer genauen Elektrodenplatzierung und einer konstanten Spannung kann eine effektive Koagulation im untersuchten Bereich hervorrufen, wenn der protrahierte Widerstandsanstieg eingeschränkt wird. Durch einen Sicherheitsmechanismus könnte die Spannung bei konstantem Strom begrenzt und dadurch die diathermische Energie genau dosiert werden. Das kann durch einen regelbaren Hochfrequenzgenerator, der die Stromstärke konstant hält, geschehen. Dabei wird dann das Koagulationsinstrument elektronisch gesteuert auf etwa 120 Grad aufgeheizt und das Gewebe für etwa 30 Sekunden koaguliert. Die Leistungscharakteristik des Gerätes muss so angelegt sein, dass mit steigendem Widerstand die Leistung steil abfällt. Dadurch wird die Koagulationsleistung automatisch reduziert, sobald der Gewebewiderstand im Verlauf der Koagulation ansteigt. Hierdurch wird auch die Gefahr der Funkenbildung und damit die Karbonisierung verringert.

Eine technisch und ökonomisch sinnvolle Weiterentwicklung der diathermischen Methode könnte durch die Verwendung eines Temperatursensors, der die Temperatur im Operationsgebiet konstant hält, erfolgen.

In Verbindung mit dem oben beschriebenen System kann dann eine Koagulation der Gefäße mit einem bipolaren Instrument, wie einer Pinzette oder einem Endokoagulator (STAMER, 1987; JOHNIGK, 1989) erreicht werden.

Nach Analyse der mittels Diathermie erreichten Untersuchungsergebnisse ergaben sich neue Ansatzpunkte zur technischen Verbesserung der Methode, so unter anderem auch durch den Einsatz eines Lasers, die im Rahmen dieser Arbeit aber nicht mehr zu verwirklichen waren.

Bei der Schlachtung der diathermisch behandelten Tiere war erkennbar, dass häufiger bei den rechten Hoden ein erfolgreicher diathermischer Verschluss der Arteria testicularis erreicht werden konnte. Das lässt Rückschlüsse auf das Vorgehen bei der Operation zu. Wahrscheinlich ist es für Rechtshänder einfacher, am rechten Hoden anatomisch genau zu arbeiten.

In einem Versuch zur Verbesserung der Methode wurde bei einem entsprechend anästhesierten halbjährigem Bullen nach Eröffnung des Processus vaginalis und Präparation der Arteria testicularis im Bereich des Samenstranges diese diathermisch an zwei etwa drei Zentimeter auseinanderliegenden Stellen beidseitig koaguliert. Nach sechs Wochen waren die Hoden auf weniger als die Hälfte geschrumpft und ischämisch verändert. Jedoch gab es in situ starke Verwachsungen, so dass die Veränderungen auch über eine „sterile Kastration“ herbeigeführt worden sein können. Wahrscheinlich griff die Entzündung dabei auf den gesamten Hoden über, und infolge der starken Vernarbungstendenz kam es in diesem Bereich zu einem bindegewebigen Ersatz.

Möglicherweise gelingt ein dauerhafter diathermischer Verschluss der Samenstranggefäße nur bei punktgenauer Energiezufuhr am einzelnen Gefäß, ohne dass zusätzlich noch der Plexus pampiniformis bzw. der Musculus cremaster koaguliert werden.

Entsprechend den Angaben von SCHÄFER (1986) muss ein Gefäß bis zum erfolgreichen Verschluss im Durchschnitt 1,3- 1,6 mal koaguliert werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass in dem fett- und wasserreichen Gewebe des Hodensackhalses in der Umgebung des Plexus pampiniformis eine größere Zeitspanne zur Eiweißgerinnung erforderlich ist. Diese Zeit kann nicht durch eine höhere Temperatur ersetzt werden, da sonst Gewebereste an der Elektrode festkleben und die weitere Energiezufuhr verhindern. Wahrscheinlich waren es diese Vorgänge, die die Koagulation der Blutgefäße im Samenstrang so erschwerten.

Bei juvenilen Tieren scheint es leichter möglich zu sein, die Arteria testicularis zusammen mit dem Samenstrang diathermisch zu schädigen. Durch Wachstumsprozesse bis zum Eintritt der Pubertät ergeben sich jedoch proliferative Vorgänge, die eine Regeneration des Gewebes durch Bindegewebe mit mehr oder weniger kollagenen Fasern und Blutgefäßen ermöglichen könnten. Unter Umständen intakt gebliebenes, gefäßführendes Bindegewebe kann ebenso die spontane Rekanalisation begünstigen.

4.2 Bewertung der Testosteronergebnisse nach diathermischer Behandlung

Eine direkte Beziehung zwischen LH und der Testosteronkonzentration im Blut wurde von vielen Autoren nachgewiesen (D'OCCHIO et al., 1986; SCHANBACHER et al., 1987; LINCOLN et al., 1988). Auch zur Eignung des Testosterons als Indikator zur Einschätzung der männlichen Fertilität gibt es Untersuchungen von verschiedenen Autoren (SCHALLENBERGER, 1981; DÖCKE, 1994;). Entscheidend für die Nutzung von Testosteron ist die Tatsache, dass dieses Hormon fast ausschließlich im Hoden produziert und weitgehend unverändert ausgeschieden wird. So unterstreichen BUSCH u. ITTRICH (1970) die Bedeutung für eine normale Sexualfunktion des männlichen Organismus und empfehlen es zur Einschätzung der männlichen Fertilität. Diesen Überlegungen folgend, wurde in den eigenen Untersuchungen die Sexualpotenz der behandelten Hoden einmal durch die Bluttestosteronbestimmung nach GnRH–Applikation und zum anderen durch Beurteilung der Hodenbeschaffenheit nach der Schlachtung bestimmt.

Ausschlaggebend für diese Überlegungen ist die Tatsache, dass die Hodengröße wesentlich durch das Wachstum der Gesamttubuslänge bestimmt ist und damit als entscheidendes Leistungsmerkmal für die Fruchtbarkeit anzusehen ist. Testosteron übt somit auch eine mehr indirekte Wirkung auf das Hodenvolumen aus, indem es die Längenentwicklung und den Durchmesser der Tubuli seminiferi beeinflusst.

Vergleicht man die Hormonkonzentrationen in den eigenen Untersuchungen mit den Ergebnissen verschiedener Autoren (MONGKONPUNYA et al., 1975; KESLER und GARVERICK, 1976), so ergibt sich eine gute Übereinstimmung.

So konnte in den eigenen Untersuchungen nach GnRH-Behandlung an wesentlich mehr Tieren gleichen Alters aber anderer Rassezugehörigkeit auch in etwa eine Verdopplung des Testosteronniveaus nachgewiesen werden. Das bestätigt die an wenigen Tieren von MONGKONPUNYA et al. (1975) ermittelten Ergebnisse und schließt Zufallsbefunde weitgehend aus.

KESLER und GARVERICK, (1976) provozierten eine Testosteronreaktion mit einer einmaligen Applikation von 50µg GnRH bei sehr jungen Holstein-Bullenkälbern, um festzustellen, ob in den ersten 6 Lebenswochen Testosteron überhaupt nachweisbar ist. Die Größenordnung der Normalwerte und die Mobilisierbarkeit des Testosterons verhalten sich in ihrer Arbeit ähnlich wie in den eigenen Untersuchungen. Diese Ergebnisse werden auch durch die größere Anzahl der Versuchstiere in der vorliegenden Untersuchung bestätigt.

In den eigenen Untersuchungen soll durch die Sekretion von Testosteron mittels GnRH-Stimulation gezeigt werden, ob ein vollständiger Verschluss der Arteria testicularis im Bereich des Samenstranges durch die diathermische Behandlungsmethode herbeigeführt werden kann. Unter diesen Umständen kann Testosteron nicht im peripheren Blutkreislauf nachgewiesen werden. Zur Einschätzung dieses Sachverhaltes genügt entsprechend dem Versuchsablauf eine einmalige Messung des Bluttestosterons, wenn der Kastrationseffekt später noch an Hand der Hodenbeschaffenheit überprüft wird.

Die zur Kontrolle der Hodenfunktionen post operationem gewählte Methodik der GnRH-Stimulation mit einem Nachweis von Testosteron zeigt bei 52,2% der behandelten Tiere, dass kein Testosteron im peripheren Blut nachgewiesen werden konnte.

Obwohl bei der diathermischen Behandlung der Gefäßanteil des Samenstranges relativ sicher erreicht wurde, gelang ein langfristiger Effekt offensichtlich bei weit weniger Tieren als angenommen, da lediglich 32 behandelte Hoden nach dem Schlachtbefund ischämisch verändert waren. Unter Umständen können Wachstumsprozesse im präpuberalen Zeitraum dafür verantwortlich sein, dass proliferative Vorgänge die Regeneration des Gewebes durch kollagene Fasern und Blutgefäße ermöglichen könnten. Diese Rekanalisierung könnte zusätzlich noch durch intakt gebliebenes, gefäßführendes Bindegewebe begünstigt werden.

Entsprechend den Angaben von DÖCKE (1994) wird bei traumatischem Stress im Hodenbereich kurzzeitig weniger Testosteron gebildet. So ist es unter Umständen möglich, dass kein Testosteron nachweisbar ist, obwohl die Arteria testicularis nicht ausreichend geschädigt wurde. Der Testosteronmobilisationsnachweis kann in diesem Fall nicht erfolgreich sein, weil kein Testosteron in den Hoden vorhanden ist. Dadurch ergeben sich neue Ansatzpunkte in der Bewertung des Kastrationserfolges. Diese These wird durch Untersuchungen von AGARWOHL (1985) und FISHER (2001) gestützt. Danach kommt es unter Einwirkung von Stress, wie z.B. traumatischem Wundstress, durch eine erhöhte Verwertung des Testosterons zu einem Konzentrationsabfall dieses Hormons und zu einer Wachstumsverzögerung. Allerdings erscheint der damit erklärbare Misserfolg der diathermischen Behandlungsmethode recht hypothetisch.

Bei einem Tier wurden geringe Testosteronkonzentrationen nachgewiesen, obwohl beide Hoden ischämisch verändert waren. Das deckt sich mit Ergebnissen von ISHWAD (1988) und HENRICKS (1988), die ebenfalls bei kastrierten Tieren geringe Konzentrationen von Testosteron nachweisen konnten. Ihrer Meinung nach kann dieses Hormon in geringen Mengen auch von der Nebennierenrinde gebildet worden sein.

4.3 Bewertung der Hodenveränderungen und -beschaffenheit

Die große Zahl der nach dem Schlachtbefund auswertbaren Versuchs- und Kontrolltiere erbringt in den vorliegenden Untersuchungen repräsentative Ergebnisse von hoher statistischer Sicherheit.

Insgesamt ergab sich aber nur bei sieben von neunundvierzig Tieren ein beidseitiger Kastrationseffekt, der bei der Schlachtung nachgewiesen werden konnte. Bei den achtzehn Tieren mit nur einseitig feststellbarem Kastrationseffekt konnte der nach der Behandlung erfolgreiche Arterienverschluss bei jeweils einem Hoden nicht aufrechterhalten werden. Diese Tiere wiesen eine stark voneinander abweichende Masse des linken und rechten Hodens auf.

Bei einem Verschluss der Gefäße des Samenstranges mittels der untersuchten Methoden kommt es nach GRAUE (2000) zu einer starken Einschränkung der Durchblutung der Hoden und in der Folge zu einem Stillstand der Spermiogenese. Die Verminderung des spermiogenen Epithels beginnt mit einer Vakuolisierung des Zellinhaltes, gefolgt von Kernpyknosen, Riesenzellbildungen und Desquamation, bis schließlich die Spermatogenese vollständig zum Erliegen kommt - die Hoden werden kleiner und atrophieren. Dabei schrumpfen die Tubuli seminiferi, peritubuläre Ödeme entstehen und die Basalmembran wird wellenförmig; es besteht die Tendenz zur bindegewebigen Induration. Mit dem Verschwinden des spermaproduzierenden Gewebes wird der Hoden kleiner und verliert die Elastizität und prallelastische Konsistenz.

Bei einem Verschluss der Gefäße tritt eine Stauungshyperämie in Hoden, Nebenhoden und Plexus pampiniformis ein, die durch ein zunehmendes Ödem, Vergrößerung und starke Schmerzhaftigkeit gekennzeichnet ist. Aus dem ursprünglich nach der Behandlung entstandenen Stauungsödem kann eine Umfangsvermehrung auch als Folge eines entzündlichen Ödems entstehen. Bei längerem Bestehen beginnt vom Interstitium und von der Tunica albuginea ausgehend die Induration. Diese morphologischen Veränderungen konnten auch bei den eigenen Untersuchungen beobachtet werden.

In der Reorganisation wird durch einwachsendes Granulationsgewebe jegliche Blutzufuhr unterbrochen, und der Hoden beginnt zu schrumpfen. In Übereinstimmung damit waren auch die Ergebnisse der Blutuntersuchungen auf Testosteron: etwa zwei Wochen nach der **Diathermiebehandlung** konnte mit einem Testosteronwert kleiner 0,1 Nanomol pro Liter, das ist die Nachweisgrenze der Bestimmungsmethode, ein ochsentypischer Blutspiegel beobachtet werden. So muss davon ausgegangen werden, dass der Verschluss der Arteria testicularis durch die diathermische Behandlung in 52,2 Prozent der Fälle zunächst einmal erfolgreich war. Demnach wurde bei der diathermischen Behandlung eine primäre Schädigung der Gefäße des Samenstranges erreicht, so dass über eine gewisse Zeit kein Zu- und Abfluss in den Hoden erfolgen konnte. Entsprechend den Angaben aus der Literatur (SCHÄFER, 1986) dauert diese primäre Schädigungsphase etwa vierzehn Tage; in diesem Zeitraum bildet sich eine Koagulationsnekrose mit einem vollständigen Verschluss der Gefäßlumina heraus. Bei dem in dieser Zeit erfolgten GnRH-Stimulationstest konnte das Testosteron aus den Hoden wegen des gestörten Abflusses nicht in den peripheren Blutkreislauf gelangen und demzufolge auch nicht nachgewiesen werden.

So kommt es in ähnlicher Weise, wie der oben genannte Autor es beschreibt, bei einer erfolgreichen diathermischen Koagulation der Arteria testicularis infolge ihres vollständigen Verschlusses zu einer Zirkulationsstörung des Blutes im Bereich des Hodens. Irreversible Veränderungen der Endothelien der Blutgefäße verringern die Durchlassfähigkeit der Gefäße bereits kurz nach der Behandlung und bewirken zusammen mit dem Flüssigkeitsverlust, dass kein Testosteron im peripheren Blut nachgewiesen werden kann. In diesem Fall ist ein Testosteronnachweis schon zwei Tage nach der Operation nicht mehr möglich.

Wenn der Verschluss einmal erreicht ist, können unter Umständen bestimmte Reorganisationsprozesse dafür verantwortlich sein, dass der Hoden wieder mit Blut versorgt wird. Bei der Zufuhr von zuviel Energie ergibt sich durch die Karbonisierung nur eine verkohlte, unstrukturierte Masse und damit nur ein vorübergehender Gefäßverschluss.

Es ist davon auszugehen, dass es bei den 54 nach dem Testosteronbefund erfolglos diathermisch behandelten Tieren zu keiner ausreichenden Schädigung der Arteria testicularis kam und so die Hodenfunktion nicht unterbrochen wurde.

In Anbetracht der Tatsache, dass es bei der Behandlung oft zu Energieverlusten kam, die vom Operateur als Funkenentladung und Karbonisierung wahrgenommen wurden, gelang es in vielen Fällen so nicht, eine ausreichende Koagulation der Arteria testicularis herbeizuführen, und so kommen für das Ausbleiben einer Unterbrechung der Blutzufuhr zu den Hoden folgende Ursachen in Betracht:

- Unter Umständen wurde die Intima für einen Langzeitverschluss zu gering geschädigt, da die Temperatur im speziellen Gefäßbereich und damit der Flüssigkeitsverlust zu niedrig waren (STAMER, 1987; EICHHORN, 1989).
- Denkbar ist auch eine durch Karbonisierung der Gefäße und des umliegenden Gewebes hervorgerufene Entzündungsreaktion, die ein amorphes und unstrukturiertes Resorptionsgewebe hinterließ. Bei der Organisation dieses Gewebes kann es zu Blutgefäßeinsprossungen und damit unter Umständen zur Bildung von Kollateralen der Testikulargefäße gekommen sein (SCHÄFER, 1986). Dadurch ließe sich der kurzfristige Erfolg der diathermischen Kastrationsmethode erklären, denn nach Ablauf einer gewissen Erholungszeit können sich Hodengewebe und Testosteronwerte in vielen Fällen wieder normalisieren. Andererseits können durch die oben beschriebene Entzündung die primär hormonproduzierenden Zellen nachhaltig geschädigt worden sein, so dass die Testosteronbildung eingestellt wurde. Damit einhergehend degeneriert das Hodengewebe und es kommt zur Schrumpfung.
- Möglich ist ebenso, dass infolge der zum Teil anatomisch nicht exakt definierbaren Applikation der Hochfrequenzwärme die Infarzierungswahrscheinlichkeit zu gering und damit die Ausbildung von Kollateralkreisläufen ohne weiteres möglich ist. Entweder „erholt“ der so geschädigte Hoden sich wieder, oder aber durch eine fortschreitende Granulation des geschädigten Gewebes kommt es zum Funktionsausfall der hormonproduzierenden bzw.- ableitenden Zellen. Prinzipiell ist damit zwar eine Kastration möglich, aber hinsichtlich der Aufgabenstellung kann der Erfolg der diathermischen Wirkung so nicht sichergestellt werden. Hinzu kommt, dass die Methode auch entsprechend der Zielstellung mit diesen Nebenwirkungen problematisch ist und in dieser Form so nicht toleriert werden kann.

Bedingt durch die Komplexität und technische Handhabung beim diathermischen Eingriff ist hier verglichen mit der Burdizzo-Methode die Erfolgsquote zu gering.

Bei der diathermischen Methode kann sich der Gefäßverschluss zu einem hohen Prozentsatz wieder reorganisieren und so der Hoden wieder durchblutet werden.

Bei fast 40 % der Tiere mit nur einseitigem Kastrationserfolg (s. Tabelle 4) war wenige Tage nach der diathermischen Behandlung kein Testosteron im Blut nachweisbar; das lässt auf einen zunächst erfolgreichen Verschluss der Arteria testicularis bei beiden Hoden schließen. Die Hodengewichte nach der Schlachtung veranschaulichen jedoch nur einen einseitigen Kastrationserfolg. Der Testosterongehalt der anderen hemiorchidektomierten Tiere liegt auf einem für diese Altersklasse überdurchschnittlich hohem Niveau.

Die dargestellten Befunde zur Charakterisierung der endokrinen Hodenfunktionen zeigen für die hemiorchidektomierten Versuchstiere eine signifikant erhöhte Testosteronproduktion. Die hier beobachtete „Überkompensation“ durch den verbleibenden Hoden wurde einmal durch eine Größenzunahme von ca. 40 Prozent des Hodens selbst erreicht; daneben dürfte aber auch die Aktivität der einzelnen hormonbildenden Zwischenzellen gesteigert worden sein. Infolge des teilweisen Ausfalls der gonadalen Steroidproduktion führt auch eine einseitige Kastration zu einer verstärkten Gonadotropinsekretion (SCHANBACHER, 1987), die in einer Hypertrophie der verbliebenen Keimdrüse resultiert. Diese ist dann in der Lage, den partiellen Ausfall der germinativen und sekretorischen Funktionen voll zu kompensieren (BARNES, 1981; MIRANDO, 1984; BOOKFOR, 1986).

Bei der Regulation der Freisetzung der gonadotropen Hormone müssen wahrscheinlich noch andere Faktoren beteiligt sein, denn noch ist die Frage offen, warum zwei Hoden notwendig sind, um das normale Feedbacksystem aufrechtzuerhalten, wenn doch ein Hoden genügend Steroidhormone synthetisieren kann (GLATZEL, 1984). Es könnte sich dabei um aus dem Hoden stammendes Inhibin handeln, das zusammen mit Estradiol (hier als Metabolit von Testosteron) bei den Wiederkäuern einen Stillstand der FSH-Sekretion bewirkt. Möglich ist, dass ein basales Inhibinniveau durch verschiedene Mechanismen bei zunehmender Hodenentwicklung stimuliert wird (Mc DONALD, 1991).

Ausgehend von den ermittelten Werten zur Testosteronkonzentration und zu den Hodengewichten erscheint die **Burdizzo-Methode** relativ sicher. Die Versagerquote ist mit 1:40 verschwindend klein, und der Erfolg hängt maßgeblich von der Geschicklichkeit und Erfahrung des Operateurs ab.

Aufgrund von Hormonanalysen gibt es Hinweise, dass nicht alle mit der Burdizzo-Methode kastrierten Bullen frei von Testosteron im peripheren Blut sind (CLARKE, 1980). In den eigenen Untersuchungen bewegt sich der Testosteronspiegel jedoch immer auf ochsentypischem Niveau ($< 0,1 \text{ nmol/l}$; Tabelle 10). Durch die Quetschung der Gefäße des Samenstranges wird eine Thrombosierung erreicht, die Spermio-genese hört wegen Unterbrechung der Blutzufuhr auf, und es kommt zum Funktionsausfall des Hodens (KULSE, 1948; RUDNIK, 1965). Bei der Burdizzo-Methode führen die ablaufenden Degenerationsprozesse im Endeffekt zum Versiegen der Hormonproduktion.

Dabei sind Gewebeveränderungen, die nach Ersteinwirkung zielgerichtet und steril ablaufen, als Ursache dafür anzusehen.

Wenn der Gefäßverschluss bei der Burdizzo-Methode einmal bewirkt ist, kann sich der dann nicht mehr durchblutete Hoden im Normalfall nicht wieder erholen, und damit schließt sich eine Rekanalisierung bei sachgemäßer Handhabung aus.

Eine sinnvolle und praxistaugliche Kastrationsmethode könnte in der **transkutanen Ligatur der Samenstranggefäße** bestehen. Als unblutige und minimal-invasive Methode wird sie den Ansprüchen des Tierschutzes gerecht und könnte in dieser Hinsicht eine echte Alternative zur Kastration mit der Burdizzo-Zange sein. Im Zusammenhang mit dem Enthornen von Bullenkälbern kann diese Methode unter Sedation kostengünstig und produktionsgerecht durchgeführt werden, zumal fast keine Materialkosten anfallen. Nach einer gewissen Einarbeitungszeit ist es für einen Tierarzt ohne weiteres möglich, diese wenig belastende Kastrationsmethode sicher anzuwenden. So tolerieren ganz junge Kälber auch eine transkutane Ligation des gesamten Samenstranges ohne größere Beschwerden.

Misserfolge können bei nur teilweisem Erfassen der Gefäße durch die Ligatur entstehen. Dabei kann es unter Umständen nur zu einer unvollständigen Ligatur und damit zu keiner erfolgreichen Verödung kommen. Möglich ist auch eine Blutung aus den Samenstranggefäßen, wenn diese verletzt werden.

Trotz sauberen und hygienischen Vorgehens kann es auch zu Infektionen kommen. Bedingt durch die Perforation von Haut und Tunica vaginalis können sich diese unter ungünstigen Umständen bis in die Bauchhöhle ausbreiten und eine Septikämie hervorrufen.

Verglichen mit der Burdizzo-Methode erscheint die transkutane Ligatur prinzipiell ebenso kostengünstig, aber tierverträglicher. Bei juvenilen Tieren erfordert sie keine Kraftanstrengung und sehr wenig Zeit. Ebenso wie bei den anderen beschriebenen Kastrationsmethoden kommt es auch hier zu einer Schwellung der Samenstränge bis in die Leistengegend für etwa 14 Tage, was jedoch vom Tier gut toleriert wird. Die Genese des Kastrationseffekts stimmt mit den Veränderungen bei der Burdizzo-Methode überein. Erfolgreich kastrierte Tiere können nach etwa 4 bis 6 Wochen durch Betasten und Palpation der dann kleineren Hoden nachgewiesen werden. Für die Ligatur sollte man verzögert resorbierbares Nahtmaterial verwenden, um die Tiere zum Fädenziehen nicht erneut fangen zu müssen.

Vorteilhaft wäre ein kleiner Hautschnitt im Hodensackhals, um die Knoten der Ligatur dort versenken zu können. Die Wunde wird mit Wundkleber versehen und heilt per primam.

Grundsätzlich ist zu erkennen, dass bei alleiniger Ligation der Gefäße des Samenstranges die Schwellung des Hodensackes wesentlich verkürzt ist. So ist der negative Einfluss einer vollständigen Ligation bei einem jungem Tier etwa vergleichbar mit alleiniger Gefäßunterbindung bei älteren Tieren. Allerdings tolerieren junge Tiere eine transkutane Ligation des gesamten Samenstranges auch ohne wesentliche Schmerzanzeichen. Die Anwendung der transkutanen Ligatur des Samenstranges ist sowohl am liegenden als auch am stehenden Tier möglich und bietet damit gegenüber der Kastrationsmethode nach Burdizzo, die am liegenden Tier schwer durchführbar ist, einige Vorteile.

Zusammengefasst erscheint die transkutane Ligatur der Samenstranggefäße tierverträglicher als die Burdizzo-Methode, weil die Schmerzbelastung hier nicht so groß ist. Dafür spricht einmal die Durchführung der Operation unter Sedation und zum anderen das geringe Ausmaß der Hautwunde. In den eigenen Untersuchungen konnte eine geringere Schmerzhaftigkeit dieser Methode beobachtet werden, die sich in weniger Abwehrbewegungen bei der Operation und einem normalen Verhalten danach äußerte. Die hier aufgezeigte Methode besticht durch ihre Einfachheit und niedrige Kosten. Eine generelle Antibiotikabehandlung ist nicht erforderlich.

Nachteile einer Kastration mit der transkutanen Ligatur auf dem derzeitigen Entwicklungsstand sind die mögliche Ausbreitung von Infektionen innerhalb der Bauchhöhle und die infolge der geringen Anzahl der behandelten Bullen eingeschränkte Aussagefähigkeit der Untersuchungen.

Bei den behandelten Tieren wurden keine Testosteronwerte ermittelt, da die Besitzer lediglich eine Hemiorchidektomie wünschten und in diesem Fall die Testosteronkonzentration nicht aussagekräftig ist. Bei einem Tier wurde an Hand der Hodenbeschaffenheit der Kastrationserfolg mit der transkutanen Methode dokumentiert. So ist nur eine Gegenüberstellung mit den Erfahrungswerten aus den eigenen Untersuchungen möglich. Deshalb besitzen die hier dargestellten Versuchsergebnisse an wenigen Patienten mit einer transkutanen Ligatur nur einen vorläufigen Charakter.

Als erste Anwendung dieser Art beim Bullen erscheint die transkutane Ligatur der Samenstranggefäße bei Jungtieren sicher, wiederholbar und zudem stressärmer und besser verträglich als die Burdizzo-Methode und kann somit für den praktischen Tierarzt empfohlen werden. Eine Kastration mit der transkutanen Ligatur der Samenstranggefäße ist möglich, muss aber in weiteren Anwendungen überprüft werden.

4.4 Bewertung der Tierverträglichkeit

Eine objektive Feststellung der Tierverträglichkeit im Sinne des Tierschutzgesetzes ist nicht ohne weiteres möglich. VORWALLNER (2002) versucht dieses durch Kortisolbestimmungen anlässlich der Kastration von Ferkeln zu begründen. Dieses Vorgehen ist aber noch nicht als eigentlicher Indikator der Schmerzempfindlichkeit anerkannt. So ist es nachfolgend nur möglich, die eigenen Versuche aus dem Verhalten der Tiere und der tierärztlichen Arbeitserfahrung zu bewerten. Ziel muss es sein, dem Tier so wenig Schmerzen wie möglich zuzufügen. Die Bewertung der Tierverträglichkeit muss mit der Bewertung der Notwendigkeit des Eingriffes überhaupt begründet werden. So können betriebswirtschaftliche Vorteile aus ethischer Bewertung heraus nicht das ausschlaggebende Argument für die Anwendung von bestimmten Methoden sein.

Durch eine Kastration von männlichen Tieren wird die unkontrollierte Fortpflanzung verhindert und ihr Imponiergehabe eingeschränkt. Dadurch werden eine sexuelle Beunruhigung und daraus oft resultierende Verletzungen weitgehend vermieden. Das wiederum trägt entscheidend zum Wohlbefinden des Einzeltieres in Tiergruppen bei und rechtfertigt eine Kastration unter minimalen Schmerzen. Die Auswirkungen der Kastration als produktionstechnisches Verfahren, um männliche und weibliche Tiere gemeinsam halten zu können, sind vor allem durch praktische Erfahrungen belegbar.

Alle hier beschriebenen Behandlungsmethoden sind risikoarm durchzuführen und belasten das Tier infolge der Schmerzausschaltung bei der Operation nur wenig. Erst die Intensität der postoperativen Schmerzen und die damit verbundene Zeitdauer der Rekonvaleszenz ermöglichen eine Aussage bezüglich der Tierverträglichkeit. Entscheidend für die Intensität des postoperativen Schmerzes ist die Einbeziehung des Anteils von gut innerviertem Gewebe. Darin unterscheiden sich die hier vorgestellten Behandlungsmethoden.

VORWALLNER (2002) findet bei der Kastration von drei Wochen alten Ferkeln eine kurzzeitige Erhöhung von Adrenalin und Noradrenalin und bezeichnet dies als eine erhebliche Störung des Wohlbefindens dieser Tiere. Allerdings hält der Anstieg nur zehn Minuten an und normalisiert sich danach wieder. So ist davon auszugehen, dass eine Belastungssituation wie eine Kastration nur wenige Minuten „Stress, Leiden oder einen Mangel an Wohlbefinden“ verursacht und sich der Empfindungszustand des Tieres danach wieder normalisiert. Unabhängig davon verursacht eine Kastration in der oben beschriebenen Form wenn auch geringe postoperative Schmerzen, deren Auswirkungen lediglich durch praktische Erfahrungen belegt werden können.

Ähnlich wie bei FELL et al.(1996) gab es auch in den eigenen Untersuchungen nach der Behandlung nur geringe Verhaltensänderungen. Diese äußerten sich lediglich in einem vermehrten Liegebedürfnis über wenige Tage und in einem steifen Gang. Demnach ist der Stress bei den geübten Kastrationsmethoden nicht größer als bei anderen Manipulationen mit dem Tier.

Eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens und der Futteraufnahme der behandelten Tiere in ihrer Haltungsumwelt (METHLING, 2002) sowie eine direkte Äußerung von Schmerzen über mehrere Stunden (SANN, 2000) konnten in keinem Fall nachgewiesen werden. Damit können die angewendeten Methoden dem modernen Tierschutzgesetz von 1998 als tierverträgliche Behandlungsmethoden entsprechen.

Durch die Einbeziehung von Haut und Samenstrang kommt es bei der **Burdizzo-Methode** zu einer Gewebereaktion in größerem Umfang, so dass infolge der Beteiligung von intensiv innervierten Organanteilen das Tier trotz lokaler Analgesie auch schmerzempfindlich reagiert. Deshalb ist es vorstellbar, dass ein mit der Burdizzo-Methode kastrierter Bulle im Moment des Zangenschlusses starke Schmerzen empfindet. Dieses wird auch durch entsprechende Abwehrbewegungen und Lautäußerungen deutlich.

Bei der **diathermischen Methode** wird im Verhältnis zur Kastration mit der Burdizzo-Zange relativ wenig Haut mit in die Operation einbezogen. Allerdings verursacht die Koagulation des Samenstranges bzw. seiner Gefäße trotz Analgesie auch für den Operateur erkennbare Schmerzzeichen beim Tier. Diese scheinen jedoch nicht so stark zu sein wie die Schmerzen bei der Burdizzo-Kastration, da auch nicht so viel Gewebe beeinträchtigt wird.

Die diathermische Methode erfordert sowohl anatomische als auch technische Sachkenntnis, und es ist damit für den geübten Tierarzt möglich, einen Kastrationserfolg herbeizuführen. Allerdings ist dieser in der vorliegenden technischen Version nicht sicher und wiederholbar, so dass diese Methode nur einen experimentellen Charakter haben kann. Als minimal-invasive Behandlungsmethode ist sie tiergerecht und wenig belastend für das Tier.

Aus der Praxiserfahrung heraus ist es denkbar, dass durch die alleinige **Ligatur der Samenstranggefäße** eine schnellere Rekonvaleszenz als bei der großflächigen Strangulation mittels der Burdizzo-Zange erfolgt. Hinzu kommt bei der Kastration mit einer transkutanen Ligatur noch eine wesentlich geringere Beteiligung der Haut, so dass auch entsprechend weniger Noxen das Tier belasten. Da die Operation im Zusammenhang mit dem Enthornen von Bullenkälbern unter Sedation durchgeführt werden soll, ist die Schmerzbelastung für das Tier geringer als bei den anderen beschriebenen Methoden, bei denen es nur eine lokale Analgesie gibt. So ist die transkutane Ligatur der Samenstranggefäße in der gegenwärtigen Entwicklungsphase lediglich bezüglich der Tierverträglichkeit eine Alternative zur Burdizzo-Methode bei jungen Bullenkälbern.