

5 Diskussion

5.1 Allgemeine Diskussion von Material und Methode

5.1.1 Injektionsmaterial

In der vorliegenden Arbeit wurden für Disulfidblau und Lokalanästhetika die gleichen Diffusionseigenschaften angenommen. In Wirklichkeit scheinen diese selbst innerhalb der Gruppe der Lokalanästhetika etwas zu variieren (GOUGH et al. 2002b).

Im Folgenden seien kurz Einflussfaktoren auf das Verteilungsverhalten von Stoffen skizziert.

Bereits im Jahre 1932 wird dem Lokalanästhetikum verglichen mit Kontrastmittel eine intensivere Gewebepenetration nachgesagt, da ersteres von „wässriger Konsistenz“ ist (BOLZ u. GREBE 1932). SCHUBA (1993) fordert von Ausgussmaterialien für Korrosionspräparate des Huf-, Kron- und Fesselgelenks eine Einstellbarkeit der Viskosität. Nur so kann man den Durchfluss durch eine maximal 1,2 mm im Durchmesser betragende Kanüle und das Vordringen bis in die kleinste Aussackung der Gelenkscapsel gewährleisten. Insgesamt breiten sich Stoffe von niedrigerer Viskosität weiter aus, so dass leichter feine, interne Bindegewebsspalten permeiert werden können (SACK u. ORSINI 1981).

Hier wurde zur Füllung der Bursa podotrochlearis neben dünnflüssiger Disulfidblaulösung auch zähflüssiges Röntgenkontrastmittel (Micropaque®) appliziert. In den angefertigten Präparaten deutete sich die größere Reichweite des Farbstoffes gegenüber dem sogar geringfügig länger einwirkenden Bariumsulfat an, weil die Färbung zentral blau-weißlich und peripher zunehmend nur noch blau war.

Zwischen Penetrationsvermögen und molarer Masse besteht ein indirekt proportionaler Zusammenhang, da niedermolekulare Stoffe leichter die gesunde semipermeable Membrana synovialis passieren können (ROSE u. FRAUENFELDER 1982).

Unterschiedliche Stoffausbreitung basiert u. a. auf verschiedenen Molekulargewichten und Viskositäten der Substanzen (FRIKER et al. 2002b). So diffundieren Farbstofflösungen weiter als Latex oder Röntgenkontrastmittel (DYSON u. ROMERO 1993, BOWKER et al. 1993b).

Manche fügen ihrem Latex-Wassergemisch zusätzlich einen Teil Fixiermittel als 10%-tige Formalinlösung zu (SACK u. ORSINI 1981, FORD et al.1988), was sich auf eine etwaige Diffusion negativ auswirken dürfte.

DABAREINER et al. (2003) vermuten einen Unterschied im Verteilungsverhalten von Lokalanästhetika und höhermolekularen Medikamenten wie Kortikosteroiden und Hyaluronsäure. Das beste Verteilungsvermögen an Präparaten wird Farbstoffen wie Tusche und verdünntem, jodhaltigen Kontrastmittel zugestanden (FRIKER et al. 2002b).

Letztendlich kann man für Lokalanästhetika auf Grund ihres niedrigen Molekulargewichts (MG (Mepivakain) = 246 g/mol bzw. MG (Lidokain) = 235 g/mol, KNOLL-KÖHLER und KNOLL 2000) tendenziell sogar eine schnellere und weitere Ausbreitung als für Disulfonblau (MG = 566,70 g/mol, MERCK 2006) konstatieren (KEEGAN et al. 1996, GOUGH et al. 2002a).

Hinsichtlich der Fettlöslichkeit besteht eine direkte Proportionalität. Im Gegensatz zu hydrophilen Röntgenkontrastmitteln mit hoher Wasserlöslichkeit ermöglichen die lipophilen Enden der Lokalanästhetika diesen die Diffusion (KEEGAN et al. 1996, GOUGH et al 2002 a). Da Lokalanästhetika einen amphiphilen Charakter (pKa = 7,76 bzw. 7,91) haben, ist ebenso das pH der Umgebung entscheidend (vgl. 2.1).

5.1.2 Appliziertes Volumen

Nach erfolgter Punktion wurde versucht Synovia zu gewinnen, was keinesfalls immer der Fall sein muss (VAN KRUIJNIGEN 1963). Hier bestand eine hohe Variabilität hinsichtlich einer möglichen Synoviaaspiration: Immer ließ sich aus den Karpalgelenken und dem Talokruralgelenk, oft auch aus dem Fesselgelenk Gelenkflüssigkeit entfernen. Der Forderung die äquivalente Menge an Synovia abtropfen zu lassen wie nachfolgend injiziert werden sollte (GERWECK et al. 1994b, STASHAK 2002) konnte nicht nachgekommen werden, so dass mit einem zusätzlichen Verdünnungseffekt (WESTHUES u. FRITSCH 1960) zu rechnen war.

Die unbekannte intrasynoviale Menge an Gelenkflüssigkeit fungiert als Kriterium dafür, welches Volumen an Lokalanästhetikum benötigt wird, um wirksame Konzentrationen zu erreichen. Eine vollständige oberflächliche Benetzung der Synovialmembran wird angestrebt (WESTHUES u. FRITSCH 1960, RIJKENHUIZEN 2001).

Generell sollte wegen der möglichen Reizwirkung auf das Gewebe die kleinstmögliche effektive Menge an Anästhetikum eingesetzt werden, da stets mit lokalen Irritationen zu rechnen ist (MUELLER u. HAY 1999, STASHAK 2002). Des Weiteren gelangt mit zunehmender Gelenkkapselaus- und überdehnung (DYSON 1998) diese in unphysiologische Nähe zu den großen nervalen Leitungsbahnen (GOUGH et al. 2002 a). SCHUMACHER et al. (2000b, 2001a, b) schreiben dem eingesetzten Volumen bei der Hufgelenksanästhesie große Bedeutung zu und bewerten Anästhesien mit über 6 ml als potentiell wirksam bei Schmerzen im Ballenbereich, da dann durch den „artificialen Gelenkhydrops“ (GHETIE 1939) auch proximalere Nervenbahnen desensibilisiert werden könnten.

Grundsätzlich kann eine Wirkungssteigerung durch die größere zur Verfügung stehende Menge eintreten (WESTHUES 1934, SCHUMACHER et al. 2000b, 2004b).

Widersprüchlich verhalten sich die Ergebnisse von RÜTHER (1982) der eine höhere Kommunikationsrate nach Röntgenkontrastmittelinjektion (2 bis 4 ml) als nach Disulfidblauinjektion (6 bis 12 ml) sieht, so dass das Molekulargewicht und Volumen allein nicht ausschlaggebend zu sein scheinen.

In der vorliegenden Arbeit wurden in der Regel konstante Volumina an Disulfidblaulösung intrasynovial appliziert - wobei bei dem Fohlen und den Ponies bewusst eine etwas geringere Menge gewählt wurde, um die Relationen nicht noch mehr zu verzerren. Einzig für das Talokruralgelenk erfolgten, durch die Erkenntnis, dass bereits 2 bis 2,5 ml Lidokain (2 %) zur Anästhesie im Tibiotarsalgelenk ausreichend sind (WINTZER et al. 1981), ergänzende Injektionen von lediglich vier bis 6 ml. Konsequenz war, dass nun der N. fibularis profundus nicht mehr sicher erreicht wurde. Dies korrelierte mit Befunden von SCHUMACHER et al (2000b, 2001a, b) für die Hufregion.

Die Mengenangaben, die in praxi appliziert werden schwanken erheblich.

Je nach Größe der intrasynovialen Struktur genügen einigen drei bis fünf bis 10 ml zur Anästhesie (ROSE u. FRAUENFELDER 1982, RIJKENHUIZEN 2001), während WESTHUES und FRITSCH (1960) zwischen 10 und 50 ml Novokain verabreichen und BERGE und WESTHUES (1969) sogar bis zu 80 ml für weiträumige Gelenke und Sehnenscheiden vorschlagen. Daher sind in nachfolgender Tabelle (Tab.3) die Minimal- und Maximalmengen eingesetzter Stoffe aufgelistet.

Intrasynoviale Injektion in	Untergrenze	Obergrenze
Hufgelenk	3 ml (BOWKER et al. 1997)	20 (GENNING 1938) bis zu 25 ml (BOWKER et al. 1997)
Bursa podotrochlearis	3- 5 ml (GIBSON et al. 1990)	6- 8 ml (HERTSCH et al. 1982, BREIT 1995)
Gemeinsame Fesselbeugeschnenscheide	5- 6 ml (RIJKENHUIZEN 2001)	Bis 70 ml (VUKELIC und MAROLT 1961)
Fesselgelenk	5 ml (WORTHMAN 1982)	50 ml (SCHUBA 1993)
Karpalgelenke	5 ml (WORTHMAN 1982)	Ca. 20 ml (FORD et al. 1988)
Karpalbeugeschnenscheide	5- 7 ml (WRIGHT et al. 1995)	Bis zu 80 ml (BERGE und WESTHUES 1969)
Distale Tarsalgelenke	2- 4ml (RÜTHER 1982)	50 ml (GABEL 1983)
Talokruralgelenk	2- 2,5 ml (WINTZER et al. 1981)	20- 25 ml (HOGAN et al. 1996) bis zu 80 ml (BERGE und WESTHUES 1969)
Tab. 3: Übersicht der in bisherigen Untersuchungen intrasynovial applizierten Minimal- und Maximalvolumina.		

Nach BARNEVELD (1984) bewirkt eine Volumensteigerung eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit der Diffusion aus der Gelenkkapsel.

Insgesamt waren die in vorliegender Arbeit gewählten Volumina im Verhältnis zur Praxis und zu anderen Studien im unteren Bereich anzusiedeln.

5.1.3 Stoffkonzentration

Sicherlich kann man durch eine Erhöhung der Menge oder der Konzentration des Lokalanästhetikums eine Beteiligung der weiter entfernten Gewebe erreichen (WESTHUES 1934). Ebenso Einfluss haben die „Dicke der Nervelemente, das Gewebe, die Gesamtkörperfunktion, die Gewebswärme, die Weite der Gewebsspalten,

der Säftestrom, die chemische Beschaffenheit der Gewebssäfte“ und viele andere Dinge (WESTHUES 1938).

In dieser Arbeit wurde weder die Disulfonblaukonzentration in der Synovia noch im Gewebe gemessen. Vielmehr ließ wie von BOWKER et al. (1993b) vorgeschlagen die Intensität der Blaufärbung Schlüsse bezüglich des Kommunikationsverhältnisses zu. Bei einer direkten Verbindung zeigte sich der Farbstoff mit identischer Färbeintensität in der anderen synovialen Einrichtung, während bei einer indirekten Diffusionsroute diese deutlich blasser gefärbt erschien.

Ein niedrigeres Injektionsvolumen kann mit einer höheren Konzentration kompensiert werden (WINTZER et al. 1981).

Bei den vorliegenden Versuchen kam nur 0,15 %-tige Farbstofflösung zum Einsatz, da so gehofft wurde die neuralen Elemente leichter erkennen zu können. Auch kann die Konzentration von Lokalanästhetikum und Disulfonblau keinesfalls gleichgesetzt werden, da im Vergleich zu chemischen Konzentrationsbestimmungen das menschliche Auge schneller an seine Grenzen stößt.

Es liegen Berichte über diverse Konzentrationsmessungen von Lokalanästhetika vor.

Als anästhetisch effektive Prokainkonzentration im Liquor nach epiduraler Anästhesie werden 0,2 mg/ml für notwendig erachtet (HELRICH et al. 1950). Dieser Wert wird auch von WINTZER et al. (1976) als anästhetisch effektive Lidokainkonzentration in der Synovia angenommen. Obwohl ebendiese bei ihren Synoviauntersuchungen aus dem Hufrollenschleimbeutel in 16 von 45 Fällen diesen Wert erreicht sehen, halten sie dies nur für eine Kontamination und kommen zu dem Schluss, dass durch Diffusion keine ausreichenden anästhetischen Konzentrationen in der Bursa podotrochlearis zu erzielen sind.

GOUGH et al. (2002a, b) messen die Mepivakainkonzentrationen in einer Vielzahl von synovialen Einrichtungen (DIPJ, NB, ICJ, RCJ, TMTJ, DITJ, TCJ, etc.). Beachtung finden sollte bei ebendiesen allerdings die Tatsache, dass Fehlinjektionen nicht ausgeschlossen werden. Es wird nach ermittelten Konzentrationen über dem Wert in der nicht- injizierten Gegengliedmaße, über 0,3 mg/l, über 100 mg/l und über 300 mg/l gestaffelt.

Ab welchem Bereich mit einer ausreichenden Analgesie zu rechnen ist, bleibt unklar, so dass die Bestimmung der HNED (highest no effect level dose) für intrasynovial verabreichtes Mepivakain gefordert wird (GOUGH et al. 2002a, b).

Letztendlich interessiert nicht die intrasynoviale Konzentration des Lokalanästhetikums, sondern die im innervierten Gewebe. Als effektive Gewebskonzentration für Mepivakain werden 0,30 µg/mg bwt, also 300 mg/kg KG geschätzt (KEEGAN 1996 et al.). Ebendiese stützen ihre Ergebnisse auf Gewebeproben aus Hufgelenk, Hufrollenschleimbeutel und Strahlbein (Cavum medullare), bei denen sie sich der Technik der HPLC (chromatographisches Verfahren) bedienen. Eingeräumt werden Unzulänglichkeiten hinsichtlich Nervenfasergroße, -funktion und Wartezeit.

5.1.4 Injektionsdruck

Der angewandte Injektionsdruck und damit der intraartikuläre Druck per se nimmt nicht nur mit steigendem Volumen zu (WINTZER et al. 1981), sondern auch bei höherer Viskosität der Materialien (FRIKER et al. 2000b) und bei weniger frischen Präparaten (KRAUS-HANSEN et al. 1992). Eine artifizielle Gelenkkommunikation resultiert nicht zwangsläufig, da sich noch die Möglichkeit des Rückflusses über den Einstichkanal offeriert (KRAUS-HANSEN et al. 1992).

FRIKER et al. (2002b) brechen ohnehin die Injektion ab, sobald intraartikulärer Druck der Füllung entgegenwirkt. Anders dürfte es auch am lebenden Pferd kaum durchführbar sein, weil dann mit Abwehrbewegungen zu rechnen ist.

SACK und ORSINI (1981) attestieren eine höhere Kommunikationshäufigkeit der Intertarsalgelenke bei forcierter Injektion, nämlich von 23,8 % an Stelle von 8,3 %.

Auch GABEL (1983) sieht durch erhöhten Injektionsdruck – er appliziert 50 ml mit einer 6 ml Spritze - eine nahezu vollständige Kommunikation in dieser Region. Ebenso entdeckt BUCHNER (1991) nach Injektion des TMTJ sehr kleine Spalten zwischen den Gelenken und fragt sich, ob deren Ursprung natürlicher oder iatrogenen Art – durch Injektion unter Druck - ist. DYSON (1985) sieht die Möglichkeit durch Injektionen unter exzessiven Druck synoviale Membranen zu sprengen und so eine artifizielle Kommunikation zu schaffen.

Alternativ zu Kapselmikrorupturen kann auch ein übermäßiger Rückfluss von Stoffen in den Einstichkanal auftreten (WINTZER et al. 1981, WÜRFEL 2002). Daraus resultiert unter Umständen nicht nur eine Anästhesie des Hautfelds der Injektionsstelle (DYSON 1994a), sondern durch „subkutanes Durchsickern (*subcutaneous leakage*)“ (KRAUS-HANSEN et al. 1992) dürften zusätzliche periartikuläre Bereiche betäubt werden. Dies geschieht auf Kosten der Präzision (WINTZER et al. 1981). RÜTHER (1982) erwähnt Farbstoffversackungen im Bereich der Injektionsstelle.

Diese fanden sich gelegentlich in den hier vorliegenden Präparaten, so dass das potentiell anästhesierte Gebiet um die Region des Einstichkanals erweitert werden kann.

Bei großem Volumen nimmt generell der Gelenkinnendruck zu (WINTZER et al. 1981). Dies ist bei Irritationen in der Hufregion, die mit vermehrter Füllung einhergehen als Kompartmentsyndrom bekannt und wird sogar diagnostisch in Form der intraartikulären Druckmessung genutzt (HERTSCH u. HÖPPNER 1994, ZUTHER u. HERTSCH 2004).

In dieser Arbeit wurde sich bemüht den Injektionsdruck klinischen Begebenheiten anzupassen. Letztlich dürfte dem injizierten Volumen die größere Bedeutung beigemessen werden.

5.1.5 Wartezeit

Klinische Untersuchungen

Ein Zusammenfassen der klinischen Wartezeiten nach Anästhesien wird auf Grund der erheblichen Varianz bei den einzelnen Praktikern scheitern. Entscheidend ist vielmehr, dass der Untersucher sich selbst immer gleiche Wartezeiten angewöhnt (RIJKENHUIZEN 2001). Ebendiese kontrolliert die Lahmheit nach einer, 5 und 10 Minuten. Auch nach fünf, 10 und 20 Minuten kann evaluiert werden (MUELLER u. HAY 1999). Ein Sonderfall gilt beim zuvor sedierten Pferd, dem langwirksames Bupivakain appliziert worden ist, so dass bis zum Abklingen der Sedation gewartet werden kann (GOUGH 1998). Allerdings ergeben sich im Zuge der erheblich verlängerten Wartezeit vermutlich erweiterte Diffusionsmöglichkeiten, was dieses Vorgehen fraglich macht.

Als weitere Beispiele warten WHITTON et al. (1999) mit ihrer Interpretation mindestens 10 Minuten, GIBSON und STASHAK (1989b) 25 bis 35 Minuten, GABEL (1979) 30 bis 60 Minuten und DYSON und KIDD (1993) beobachten anästhetische Effekte noch nach bis zu 3 Stunden. Diese Auflistung kann beliebig ergänzt werden. BAXTER et al. (2003) wollen mit einer Wartezeit von maximal 30 Minuten das Diffusionsrisiko gering halten, während DYSON (1985) dazu rät, bis zu einer Stunde zu warten, bevor eine intraartikuläre Anästhesie als negativ beurteilt werden kann. Allerdings erhöht eine späte Auswertung das Risiko der periartikulären Diffusion und damit der Anästhesie zusätzlicher Gebiete (DYSON 1985, CARTER 2005).

Andererseits könnte eine zu frühe Auswertung bei einer noch unvollständigen Desensibilisierung irreführen, so dass Wartezeiten von manchmal nur drei, oft 10 bis 15 Minuten, aber bis zu einer Stunde angegeben werden (CARTER 2005).

Für diagnostische Injektionen in der Hufregion empfehlen SCHUMACHER et al. (2000b, 2004a) sich das Pferd nach 5 bis 10 Minuten vorführen zu lassen, da sonst potentiell weitere Gebiete betäubt sind. So kann man zwischen Schmerzen des Hufgelenks oder Hufrollenschleimbeutels differenzieren und der spezielle Fall einer perineuralen Infiltration ist noch nicht so weit proximal eingetreten, dass Schmerzen aus dem palmaren Sohlenbereich reduziert werden könnten (SCHUMACHER et al. 2001 a, 2003 b, 2004a, b). Wenn hingegen eine Bursaanästhesie erst nach 20 Minuten eine Lahmheitsbesserung zeigt, können die Schmerzen auch vom Hufgelenk herrühren (SCHUMACHER et al. 2003a). Ähnliches berichten WRIGHT et al. (1993), die bei Lahmheiten auf Grund des Podotrochlosesyndroms in der Mehrzahl der Fälle bei Anästhesie der Bursa podotrochlearis bereits nach 5 Minuten, hingegen bei der der Articulatio interphalangea distalis erst nach 10 bzw. 20 Minuten ein positives Ergebnis erhalten.

Für den praktischen Einsatz halten (BOWKER et al. 1996) diese von ihnen überprüften Anästhesien nicht für nutzlos, wenn man sich des Einflusses der Wartezeit auf die Ergebnisse bewusst ist. Für andere scheint der Faktor Zeit nur von eingeschränkter Wichtigkeit (DYSON 1995, ANDERSON u. TURNER 1993). So observieren PLEASANT et al. (1997) nach Hufgelenksinjektion binnen lediglich fünf bis 8 Minuten eine Anästhesie der Bursa podotrochlearis.

Entscheidend ist darüber hinaus die Bewegung in der Wartezeit, die exzessiv betrieben einen günstigen Effekt auf die Diffusion hat (GOUGH 1998). Daher wird empfohlen diese von kurzer Dauer zu halten (WESTHUES u. FRITSCH 1960) und die Pferde etwa 100 m im Schritt zu führen (FORSELL 1923). Schließlich soll lediglich die ganze Innenauskleidung der synovialen Höhle benetzt sein.

Versuche an abgetrennten Gliedmaßen

In der vorliegenden Arbeit wurden die Gliedmaßen nach fünf bis zehn Minuten Beuge- und Streckphase in den Tiefkühlraum verbracht.

Insgesamt schwankt das weitere Procedere nach Injektion der diversen Materialien bei den einzelnen Studien enorm.

Sofort überprüfen VUKELIC und MAROLT (1961) die Farbstoffverteilung durch unmittelbare Präparation post injectionem. Selbiges gilt für Studien über die Kontrastmittelverteilung, denen sich eine sofortige röntgenologische Überprüfung anschließt (RÜTHER 1982).

Die Aushärtezeit für polymerisierende Kunststoffe wie Technovit® 7143 beträgt nach BREIT (1995) sechs bis 16 Minuten und für Latex bis zu zwei Wochen. Auch eine Kühlung der mit Latex injizierten Gliedmaßen bei 3 °C über 12 bis 24 Stunden mit anschließendem Tiefgefrieren wird durchgeführt (SACK u. ORSINI 1981, FORD et al. 1988). Andere lassen den Farbstoff 12 bis 24 Stunden einwirken ohne Angaben über irgendein Kühlverfahren zu machen (RÜTHER 1982). Dennoch beobachtet RÜTHER (1982) nach Farbstoffinjektion seiner Gelenke nahezu keine periartikuläre Diffusion.

BOWKER et al. (1993b) schätzen, dass es in dem Tiefgefriererraum bei minus 20° C zwischen 30 und 45 Minuten dauert bis die Gliedmaßen zumindest zum Teil gefroren sind.

Meiner Ansicht nach dürfte das Verbringen in den Kühlraum per se bereits zusätzliche Diffusionsprozesse deutlich reduzieren, da sich die Temperatur in der Gliedmaße ja immer mehr von der physiologischen Körpertemperatur entfernt. So gibt SKARDA (1991) bei einer Absenkung der Temperatur auf + 20° C eine um 45 % reduzierte Aufnahme von Lidokain im Nerven an.

Will man sicher gehen, bietet sich nach fünf Minuten ein Schockgefrierverfahren (mit einem Eisbad aus 100% Trocken-Ethanol oder mit flüssigem Stickstoff) an, wobei selbst hierbei eine Diffusion in das LSDI erfolgt (BOWKER et al. 1996).

Eine denkbare andere Möglichkeit wäre das Einlegen der injizierten Gliedmaßen in Formalinlösung gewesen. Diese Art der Fixierung funktioniert leider nicht, da es dann zu einer Entfärbung des Disulfinblaus kommt (SCHUBA 1993).

Letztendlich wurden hier stets dieselben Wartezeiten (5 bis 10 Minuten bis zum Tiefgefrieren) angewandt, so dass über deren Auswirkung auch nur spekuliert werden kann.

5.1.6 Frischegrad der Gliedmaßen

Studien an anatomischen Präparaten können nie die Verhältnisse beim lebenden Pferd widerspiegeln, das als biologisches System mit individuellen Variationen dem Vorgehen nach Schema F entgegensteht (CARTER 2005).

Zwei konträre Aspekte sind nach GOUGH et al. (2002b) in vivo zu berücksichtigen:

Einerseits erfolgt die Diffusion durch aktiven Transport bzw. durch die lokale Zirkulation, so dass in vivo noch ein höheres Maß an Diffusion zu erwarten wäre. Andererseits würden Stoffe beim lebenden Pferd möglicherweise schneller systemisch entfernt, wodurch das Diffusionsverhalten in den Präparaten überbewertet wäre.

CARTER (2005) zieht durch den venösen und lymphatischen Abtransport möglicherweise auch proximale Wirkungen nach Leitungsanästhesien in Betracht.

Beim toten Pferd aber wird das vaskuläre Transportsystem unwirksam, so dass an die Stelle einer systemischen Elimination des Lokalanästhetikums eine ungehinderte Diffusion in die Gelenkumgebung tritt (WINTZER et al. 1976). Dem kann nicht uneingeschränkt zugestimmt werden, weil sich selbst in den Schnittpräparaten der vorliegenden Arbeit des Öfteren Lymphgefäße mit blauer Füllung zeigten, so dass allenfalls post mortem die vaskuläre Absorption reduziert zu sein scheint (KEEGAN et al. 1996). Hier wurden möglichst frische Gliedmaßen von Pferden oft unverzüglich nach deren Euthanasie, maximal jedoch 6 Stunden nach Eintritt des Todes mit Disulfidblaulösung injiziert.

GIBSON et al. (1990) fassen Untersuchungen am lebendem Pferd und frischen Leichenteilen zu einer Gruppe zusammen, weil in deren radiografischer Studie die Ergebnisse nicht divergieren. Auch für FRIKER et al. (2002b) spielt der Frischegrad der Gliedmaßen keine Rolle. Teilweise fehlen Angaben über den Frischegrad der Gliedmaßen gänzlich (JANN et al. 1991).

Dennoch betonen einige durch Angabe der Gliedmaßenalters wie z. B. binnen einer halben Stunde nach der Euthanasie (BOWKER et al. 1993b) deren Bedeutung. Denkbar wäre, dass die frischen noch warmen Extremitäten eine weitere Diffusion zulassen, als Präparate die schon längere Zeit gekühlt gelagert worden sind.

5.1.7 Anatomische Diffusionsbarrieren

Die Wirkung einer intrasynovialen Injektion richtet sich nach der Eindringtiefe des Stoffes in die Gewebe der Gelenkkapsel, des Periostes und des Knochens (WESTHUES 1934). DERKSEN (1980) und STASHAK (2002) erinnern daran, dass oberflächliche Strukturen wie Sehnen, Bänder und subchondraler Knochen nach intraartikulären Anästhesien sensibel bleiben können.

Die vitale Gelenkkapsel

Schleimbeutel und Sehnenscheiden weisen einen den Gelenken analogen Wandaufbau auf (NICKEL et al. 1992). Im Folgenden werden hier alle synovialen Einrichtungen einander gleichgestellt.

Man unterscheidet ein äußeres Stratum fibrosum, das eventuell durch integrierte Kapselbänder zusätzlich verstärkt wird, vom inneren Stratum synoviale, der Membrana synovialis (SALOMON et al. 2005). Deren zwei Schichten, die Intima („Deckzellschicht“) und die Subintima („Matrix“) sind durch interzelluläres Bindegewebe miteinander verbunden (BECKMANNNS 1993). Synoviozyten repräsentieren die Intima in ein bis vier Zellschichten (MCILWRAITH 1989) und sind nach SALOMON et al. (2005) epithelartig angeordnet, wobei es sich nicht um Epithelzellen handelt, da *tight junctions* und eine Basalmembran fehlen. Viele halten diese Schicht für lückenhaft und diskontinuierlich mit Poren (1 bis 3 µm Durchmesser) oder schmalen Spalten (5 bis 10 µm Durchmesser) (BARNETT et al. 1961, MCILWRAITH 1989, BECKMANNNS 1993, BREIT 1994, HAGO et al 1990, 1991)

BECKMANNNS (1993) elektronenmikroskopische Untersuchungen zeigen, dass diese Lücken durch schmale, sich überlappende Zytoplasmfortsätze der Deckzellen und durch das unterlagernde, dichte, kollagene Bindegewebe zu einer homogenen Verbindung geschlossen werden. Um den Stoffaustausch zwischen Gelenk und Interstitium zu gewährleisten, weichen diese motilen Zytoplasmfortsätze „tor- oder schleußenartig“ auseinander (BECKMANNNS 1993). Damit fungiert die semipermeable Synovialmembran als wichtige Schranke, die ständig die Zusammensetzung der Synovia kontrolliert (ROSE u. FRAUENFELDER 1982, MCILWRAITH 1989). Da ihre Synoviozytenschicht nicht lückenlos ist, können prinzipiell Stoffe über diese Interzellularspalten leichter und schneller ausgetauscht werden (BARNETT et al. 1961, BECKMANNNS 1993). Andererseits ist eine intakte Gelenkkapsel eine biologische Membran, die die Stoffverteilung zumindest einschränkt (WINTZER et al. 1976).

Entscheidender Faktor ist die **Flüssigkeitskonduktivität der Gelenkkapsel**.

Physiologisch besteht im Gelenk ein subatmosphärischer (-2 bis -8 mm Hg) Druck (TODHUNTER u. LUST 1990, BECKMANNNS 1993). Dieser negative hydrostatische Druck ist selbst bei wieder aufgetauten Gliedmaßen noch vorhanden (-5 mm Hg) (MACORIS u. BERTONE 2001).

Durch Injektion des Lokalanästhetikums wird intraartikulärer Überdruck ebenso erzeugt, wie bei krankhaften Veränderungen (BREIT 1994). Dies versucht der Körper auszugleichen, um natürliche Verhältnisse wiederherzustellen, so dass die Capsula articularis durchlässiger wird. Sicherlich ist auch die Gelenkkapseldehnung förderlich, die periartikuläre Umgebung zu erreichen (HERTSCH u. HÖPPNER 1994). Schließlich werden dadurch die Lücken weiter auseinander gezogen und die Diffusionsbarriere wird insgesamt dünner.

Mit zunehmender Füllung steigt auch die Flüssigkeitskonduktivität der Gelenkkapsel, denn der wachsende intraartikuläre Druck erzeugt zunächst deren starke wässrige Durchtränkung bis final die Ruptur eintritt (FORSTENPOINTER u. WINDISCHBAUER 1986). Besonders rupturgefährdet scheint die Synovialmembran beim Fohlen zu sein (BOWKER et al. 1997).

Bei den in dieser Studie injizierten synovialen Einrichtungen war oft eine Färbung der Gelenkkapsel und gelegentlich über diese hinaus der periartikulären Umgebung gegeben.

Der subchondrale Knochen

Der Gelenkknorpel ist je nach Belastung und Gelenkgröße ein bis 7 mm dick. Er ist weder vaskularisiert noch innerviert. Erst der subchondrale Knochen wird mit Nerven versorgt (BARNETT et al. 1961). Intakter Gelenkknorpel fungiert als physikalische Barriere (STASHAK 2002). Stützen lässt sich dies auf Beobachtungen von SHEPHERD und PILSWORTH (1993), die bei einer Absprengungsfraktur („chip fracture“) am distalen Radius in vier Fällen von einem negativen Ergebnis der Radiokarpalgelenksanästhesie berichten. Erklärungsversuch ist zum einen die Funktion des intakten Gelenkknorpels als effektive Barriere und darüber hinaus wird der Radius in diesem Bereich vom Endost ausgehend über weiter proximal gelegene Foramina nutricia sensibel versorgt. Hierhin gelangt das intraartikulär applizierte Lokalanästhetikum nicht.

So bleibt eine Diffusion in den Knochen spekulativ (GOUGH et al. 2002a, b).

Denkbar sind zwei Kommunikationsrouten (BOWKER et al. 1993b, KEEGAN et al. 1996):

Einerseits könnte durch lokale Absorption eine Verteilung über die Foramina nutricia an die „ernährenden“ und innervierenden Gefäße erfolgen. Zum anderen wäre auch eine direkte Diffusion aus dem Gelenk in den Knochen denkbar.

KEEGAN et al. (1996) weisen mittels chromatographischer Verfahren Lokalanästhetikum im Cavum medullare des Os naviculare nach.

In der vorliegenden Arbeit wiesen die Knochenquerschnitte gelegentlich eine deutliche Blaufärbung auf.

5.1.8 Rolle der pathologischen Veränderungen

Für die Diffusionsstudien wurden nur Gliedmaßen von im Hinblick auf eine orthopädische Erkrankung unauffälligen Pferden verwendet.

Diagnostische Anästhesien befinden sich jedoch bei lahmen Pferden im Einsatz, bei denen die Verhältnisse unter Umständen verändert sein können.

Zum einen ist die Durchlässigkeit der Membrana synovialis bei Synovitis gesteigert (ROSE u. FRAUENFELDER 1982). Aber auch erhebliche Defekte an der Sehne können vermutlich leichter betäubt werden, denn in dem veränderten Bereich zeigt sich nach intrasynovialer Farbstofffüllung eine intensivere Blaufärbung (HERTSCH et al. 1982).

Beim Podotrochlosesyndrom kann die intrabursale Synoviamenge bis auf pappige Reste reduziert sein, was gleichzeitig mit einer deutlichen Verkleinerung des Hohlraums einhergeht (WISSDORF et al. 2002 a). Damit steht weniger Synovia zur Verdünnung des Lokalanästhetikums zur Verfügung. Des Weiteren weist bei fortgeschrittenem Krankheitsstadium die hypertrophische und fibrotische Synovialmembran verstopfte Gefäße auf, wodurch der systemische Abtransport erschwert wird (SVALASTOGA u. NIELSEN 1983).

Weitere pathologische Diffusionsbarrieren sind exzessive Adhäsionen zwischen Strahlbein, tiefer Beugesehne und Schleimbeutel, umfangreiche ostitische Veränderungen am Strahlbein (VUKELIC u. MAROLT 1961) – z.B. Enthesiophyten am proximalen Strahlbeinrand (KEEGAN et al. 1996) - oder Exostosenbildung im unpaaren Strahlbein-Hufbeinband (BREIT 1995), so dass durch Hufgelenksanästhesie möglicherweise keine effektive Schmerzausschaltung erreicht wird.

Lokale krankhafte Veränderungen im Hufbereich wiederum können die Diffusion erleichtern (DYSON 1991). BOWKER et al. (1993b) halten Hufgelenk und Bursa podotrochlearis jedoch für widerstandsfähig und gehen nicht davon aus, dass krankheitsbedingte Prozesse eine direkte Kommunikation erzeugen können.

Dass eine Osteoarthritis keinen Einfluss auf das Diffusionsverhalten von Stoffen haben muss, stellen SERENA et al. (2005) trotz röntgenologischen Befunden im Sinne von

Spat fest. Deren klinische Studie weist eine therapeutisch effektive Menge an Methylprednisolonacetat nach Injektion des TMTJ, in diesem und im DITJ nach.

Andere Autoren messen diesen Knochenumbauvorgängen sehr wohl Bedeutung zu.

Nach GABEL (1983) wirken osteoarthritische Proliferationen als Diffusionsbarriere und BUCHNER (1991) berichtet bei seinen in- vivo- Versuchen gar von Schwierigkeiten derartig veränderte Gelenke überhaupt korrekt zu befüllen. Aus der knöchernen Durchbauung resultiert eine reduzierte Diffusion (BAXTER et al. 2003). Auch SACK und ORSINI (1981) schließen Gliedmaßen, bei dehnen eine Fusion zwischen Tc und T III besteht, aus ihrer Studie aus.

5.1.9 Schwierigkeit der makroskopischen Nervendarstellung und Innervationsverhältnisse der Pferdegliedmaße

BUDA und BUDRAS (2005) schreiben den begrenzten Wissensstand bezüglich der Innervation der verschiedenen Hufsegmente den schwierigen Präparations- und Untersuchungsmöglichkeiten im Bereich der harten Hufkapsel zu.

Oft sind die feinen Nervenzweige leider nicht von Bindegewebsfasern zu unterscheiden (WESTHUES 1938).

Um einen genaueren Einblick über die Innervationsverhältnisse an der Gliedmaße zu gewinnen, sind in älteren anatomischen Studien Präparierlupen (KOCH 1938, POHLMAYER u. REDECKER 1974) oder die Technik histologischer Serienschnitte an der fötalen Gliedmaße (SACK 1974, 1975) zum Einsatz gekommen.

Auch im Gliedmaßenquerschnitt ist es schwierig makroskopisch die nervalen Leitungsbahnen zu erkennen (BLAIK et al. 2000).

Obwohl in der vorliegenden Arbeit bewusst eine niedrig konzentrierte Disulfonblaulösung gewählt wurde, waren die Nerven per se nicht immer sicher zu erkennen. Daher leisteten einige anatomische Veröffentlichungen Orientierungshilfe, so dass eine Blaufärbung an der Stelle der Nervenlokalisierung mit einer Infiltration am Nerven gleichgesetzt wurde.

Histologische, histo- und immunozytochemische Untersuchungen sind nötig, um sich mit den Gefäßen und Nerven der Gelenkkapsel auseinanderzusetzen.

Die Blut- und auch die Lymphgefäße in der Synovialmembran sind so zahlreich, dass man durchaus von einer Hypervaskularität sprechen kann (BARNETT et al. 1961, MCILWRAITH 1989, TODHUNTER u. LUST 1990, SALOMON et al. 2005). Spärlich hingegen ist hier die Innervation, da sich nur gelegentlich zarte Nervenfasern

finden lassen (CUTLIP u. CHEVILLE 1973). BOWKER et al. (1993a, b, 1994, 1997) weisen Nervengewebe in der Membrana synovialis nach. Ob die wenigen Nerven an deren Gefäßen neben ihrer neuroregulatorischen Komponente auch eine sensible aufweisen, stellen BARNETT et al. (1961) in Frage. Er hält die Synovialis bis auf „gelegentliche Schmerzpunkte“ für relativ unsensibel und glaubt an eine Überleitung von Schmerzen auf die sehr sensible Capsula fibrosa.

Das Stratum synoviale spielt offenbar nur eine untergeordnete Rolle bei der Wahrnehmung von Propriozeption und Schmerzen. Dies impliziert, dass eine erfolgreiche intrasynoviale Anästhesie stets die Intima permeieren muss, um den Hauptsitz des Schmerzes die Membrana fibrosa zu betäuben. Somit dürfte ein bloßes Benetzen der Gelenkoberfläche wie von WESTHUES und FRITSCH (1960) gefordert ohnehin nicht genügen.

Neben der Synovia wird synovektomiertes Gewebe auf Neurotransmitter untersucht. Die Arbeitsgruppe um BOWKER (1993a, 1994, 1995) kommt zu folgenden Ergebnissen: Substanz P-sensitive Nervenfasern erfüllen einerseits in der Adventitia von Arteriolen und kleineren Arterien des Stratum synoviale vasomotorische bzw. – sensorische Funktionen. Zusätzlich finden sich aber auch individuelle Nervenfasern dieses Typs unabhängig von den Gefäßen in Subsynovialis und Intima, die durchaus sensibler Natur sein könnten (CARON et al. 1992). Nur in der Subsynovialis v. a. an den größeren Arterien, aber auch unabhängig von diesen, finden sich Neurokinin A-sensitive Nervenfasern. Diese reichen nicht bis zur Intima. Ähnlich verhalten sich Neuropeptid Y-sensitiven Nervenfasern, die allerdings nur in der subsynovialen Tunica muscularis von Arteriolen und schmalen Arterien vorkommen (BOWKER et al. 1993a, 1994, 1995).

Demnach ist die Schmerzhaftigkeit der Synovialmembran unsicher.

5.2 Diskussion der Farbstoffverteilung in der Zehenregion

Nach WESTUES (1938) sind in der Hufregion drei synoviale Einrichtungen unmittelbar benachbart, so dass mittlerweile viele Untersuchungen bezüglich einer etwaigen Kommunikation durchgeführt worden sind ohne zu einem eindeutigen Ergebnis zu kommen. Einige gehen von einer Selektivität der intrasynovialen Anästhesien aus (GIBSON et al. 1990, WORTHMAN 1981), während z.B. KEEGAN et al. (1996) ihre Ergebnisse eher für konkludent auf eine potentiell funktionelle Kommunikation zwischen Hufgelenk, Hufrollenschleimbeutel und Strahlbein halten. Diese Überlegungen geraten hinsichtlich der Möglichkeit einer Nerveninfiltration in den Hintergrund, da dann in Form einer Leitungsanästhesie eine Desensibilisierung einer größeren Region resultiert.

5.2.1 Injektion der *Articulatio interphalangea distalis*

„Was wird nun eigentlich mit der Injektion in das Hufgelenk anästhesiert?“ ist eine immer noch aktuelle Frage, die GENNING bereits im Jahre 1938 in den Raum gestellt hat.

Kommunikation zur Bursa podotrochlearis

Das Vorliegen einer anatomischen Verbindung im Sinne einer natürlichen, direkten Kommunikation zwischen Hufgelenk und Hufrollenschleimbeutel (CALISLAR u. ST. CLAIR 1969) und ein intrasynovialen Flüssigkeitsaustausch werden negiert (HERTSCH et al. 1982, BREIT 1994, 1995, ASQUITH u. KIVIPELTO 1994). WINTZER et al. (1976) zweifeln an der Effektivität der Diffusion in ausreichender Konzentration - auch wenn sie in einem Drittel ihrer Synoviaproben aus der Bursa podotrochlearis wirksame Konzentrationen nachweisen - und werten dies einfach als Verschmutzung bei der präparativen Freilegung ab. Für diese bleibt die Hufgelenkanästhesie selektiv.

Dennoch bestand bei vorliegender Arbeit hin und wieder zumindest der Verdacht einer leichten Blaufärbung der Bursa podotrochlearis nach Hufgelenksinjektion. Dies steht in Kongruenz zu den Ergebnissen von BOWKER et al. (1993b), die einen „zarten blauen Hauch“ im Hufrollenschleimbeutel als Inzidenz eines Farbstoffaustauschs zwischen den

beiden synovialen Einrichtungen werten. Ebendiese führen den Befund an Hand der Intensität der Blaufärbung auf eine indirekte und funktionelle Kommunikation zurück. Eine Ausbreitung des Farbstoffes bis in die Bursa podotrochlearis erfolgt über das unpaare Strahlbein-Hufbeinband bzw. durch die Intersektion zwischen diesem und der tiefen Beugesehne (VUKELIC u. MAROLT 1961, BOWKER et al. 1996). Dem Lokalanästhetikum erlauben es anscheinend Septen zwischen dem Ligamentum sesamoideum distale impar und tiefer Beugesehne bis in den Hufrollenschleimbeutel zu gelangen (VAN WULFEN u. BOWKER 2002b). Des Weiteren fungiert das lockere Bindegewebe des „T-Ligaments“ als Brücke zur Bursa podotrochlearis (BOWKER et al. 1996).

Ergänzend weisen neuere Konzentrationsmessungen Lokalanästhetikum im Hufrollenschleimbeutel nach (KEEGAN et al. 1996, GOUGH et al. 2002a).

Schon WESTHUES (1934) glaubt seiner klinischen Erfahrung nach, dass bei der Hufgelenksanästhesie binnen ca. 20 bis 30 Minuten zusätzlich die Hufrolle betäubt ist und begründet dies damit, dass das Novokain die dünne Gelenkkapsel durchdringt. Konsequenz für die Nutzung zur Podotrochlitidiagnostik ist die Schwierigkeit durch die Anästhesie alleine zwischen einer Affektion des Hufgelenks oder der Podotrochlea oder beider zu differenzieren (WESTHUES 1934).

Kommunikation zur gemeinsamen Fesselbeugesehnenscheide

In dieser Arbeit war mehrmals eine Kommunikation zwischen Hufgelenk und gemeinsamer Fesselbeugesehnenscheide zu beobachten. Dies wird allerdings von VUKELIC u. MAROLT (1961) nie registriert und generell oft bestritten (HAGO u. VAUGHAN 1986, HOFFER et al. 1989, HERTSCH 1983, WINTZER et al. 1976, BREIT 1994, 1995).

Andererseits stülpen sich in die Fesselbeugesehnenscheide fingerförmige Ausdehnungen des kaudalen Kompartiments des Recessus palmaris proximalis des Hufgelenks (BOWKER et al. 1997). Noch deutlichere Ergebnisse erzielten CALISLAR und ST. CLAIR (1969) beim Fohlen, so dass eine Verbindung zwischen Articulatio interphalangea distalis und Vagina synovialis digitorum manus in 5 von 18 Fällen nachgewiesen wird. Von einem Fall (1/122) beim erwachsenen Pferd berichten auch BOWKER et al. (1993b).

Weitere Kommunikationen

Hier trat gelegentlich eine Blaufärbung der Sehnenscheide bzw. des Schleimbeutels der Endsehne des M. ext. digitalis communis in Erscheinung. Dies könnte auf einer intrasynovialen Kommunikation wie sie KAINER (1989) anatomisch beschreibt basieren. Ebenso wäre ein Technikfehler denkbar, indem die Struktur nicht geschont sondern fehl punktiert worden ist.

Periartikuläre Diffusion

COLAHAN (1994) rät zur Vorsicht bei der Auswertung einer Hufgelenkanästhesie, da er eine potentielle Diffusion in umgebende Strukturen ins Auge fasst.

Möglicherweise hat diese Einfluss auf die synovialen Einstülpungen in die Fossa synovialis des Strahlbeins und auf den Knochen per se (DYSON 1991). In Korrelation hierzu erzielen DYSON und KIDD (1993) nach dieser Anästhesie bei bestehenden radiologischen Veränderungen am Strahlbein eine deutliche Lahmheitsbesserung. Untermauernd wirkt sich die Messung effektiver lokalanästhetische Konzentrationen im Cavum medullare des Strahlbeins aus (KEEGAN et al. 1996).

Die Canales sesamoidales waren in der vorliegenden Arbeit gelegentlich mit der Farbstofflösung gefüllt und es deutete sich auch eine Blaufärbung des Strahlbeins an.

Dies verwundert wenig, da diese „sogenannten Gefäßlöcher“ als Teil des Hufgelenks mit einem Stratum synoviale ausgekleidet sind, so dass es sich nicht um eine Diffusion im eigentlichen Sinne handelt, sondern der Farbstoff intraartikulär verbleibt (HERTSCH et al. 1982). Dennoch füllen sich nach Applikation von 1,5 ml Röntgenkontrastmittel in der Studie von JANN et al. (1991) diese synovialen Ausstülpungen nicht. Kausal hierfür ist eventuell die zu geringe Menge.

Vom Os naviculare wird wahrscheinlich nur dessen mittlerer Teil erreicht, während die Extremitäten nicht gefärbt sind und damit sensibel bleiben (BOWKER et al. 1993b).

Nach ebendiesen bleibt der tatsächliche Eintrittsweg von Farbstoffen und Lokalanästhetika in Strahl- und Hufbein spekulativ: Denkbar ist sowohl der Weg über die Foramina nutricia mit den Gefäßen als auch über die synovialen Einstülpungen am distalen Strahlbeinrand.

Eine Blaufärbung des Cavum medullare des Hufbeins ist sehr selten (BOWKER et al. 1993b).

Die elastische Bindegewebsbrücke zwischen tiefer Beugesehne und Kronbein stellte in der vorliegenden Arbeit ebenfalls einen optionalen Ausbreitungsweg für die Disulfidblaulösung dar. Da es sich beim sogenannten „T-Ligament“ eben nicht um Sehngewebe handelt (KÖNIG et al. 2003), ist mit deutlich weniger Diffusionswiderstand zu rechnen.

In den hier angefertigten Querschnittspräparaten war gelegentlich eine deutliche Blaufärbung der Sesambeinseitenbänder ersichtlich.

Die synovialen Aussackungen des Recessus palmaris proximalis ummanteln das 5 bis 10 mm dicke (BREIT 1995) Sesambeinseitenband nahezu völlig, wodurch sie selbst in ein kraniales und ein kaudales Kompartiment unterteilt werden und das Band im Randbereich infiltriert wird (BOWKER et al. 1997). Nach ebendiesen lassen die Sesambeinseitenbänder mit ihrem relativ dichten Bindegewebe kaum eine Penetration zu.

Die Klärung ob eine Insertionsdesmopathie der Sesambeinseitenbänder schmerzhaft ist, wird von SCHOENBERG et al. (2005) gefordert. Ist das der Fall, besitzt eine Hufgelenksanästhesie auch die potentielle Abilität bei Lahmheiten dieser Ursache zu einer Besserung zu führen. Eine Restlahmheit bliebe aber auf Grund der nur partiellen, direkten Infiltration zu erwarten.

Vermutlich ist diese Überlegung ohnehin nebensächlich, weil die Sesambeinseitenbänder im dorsalen Bereich blau gefärbt sind und an dieser Stelle gemeinsam mit dem neurovaskulären Bündel distal ziehen (BOWKER et al. 1997) (sh. unten).

Nach BREIT (1994, 1995) stellt das ca. 5 mm dicke Ligamentum sesamoideum distale impar eine Infektionsbarriere dar und verhindert oder verzögert so die intersynoviale Ausbreitung einer Entzündung in dieser Region. Andere beschreiben zwischen den Faserbündeln dieses Bandes deutliche distale Gelenkkapselaussackungen bis an den Hufrollenschleimbeutel (HERTSCH et al. 1982). Diese sind je nach Gelenkfüllung zwischen 0,3 und 0,5 cm lang (SCHUBA 1993).

BOWKER et al. (1993b) sehen hier eine Möglichkeit zur indirekten Kommunikation der beiden synovialen Einrichtungen, wobei bei deren Versuchen oft eine deutliche Blaufärbung des dorsalen Randbereichs des Strahlbein-Hufbeinbandes resultiert.

Ergebnis der vorliegenden Arbeit war, dass ebenso der palmare Bereich des Bandes bis hin zum ganzen Band gefärbt sein konnte.

Die Anästhesie erstreckt sich infolge Diffusion durch das Strahlbein-Hufbein-Band bis auf die Fußrolle (WESTHUES u. FRITSCH 1960, BERGE u. WESTHUES 1969, HOGAN et al. 1996). Begründen lässt sich dies durch die „einzigartige Anatomie“ des Bandes, das im Gegensatz zu den CSLL und den CLL des Hufgelenks aus lockeren Bindegewebssepten besteht, die ihre Barrierefunktion nur eingeschränkt erfüllen (BOWKER et al. 1997).

Auch Schmerzhaftige Zusammenhangstrennungen des LSDI sprechen auf eine Hufgelenksanästhesie deutlich positiv an (DYSON 1998).

Nie waren in dieser Arbeit die Hufgelenksseitenbänder vollkommen bläulich infiltriert. Es zeigte sich eine Färbung im axialen Randbereich, die gelegentlich maximal bis zur Bandmitte reichte.

Für DYSON (1991, 1998) ist es denkbar, dass die Hufgelenksanästhesie auch Einfluss auf Schmerzen durch Pathologien dieser Bänder hat. So liefert eine Studie bei 24 % der an einer Desmitis des Hufgelenksseitenbandes erkrankten Pferde ein positives Ergebnis (DYSON u. MURRAY 2004).

Einige Kliniker berichten von einem positiven Ergebnis der Hufgelenksanästhesie bei Entzündungen der tiefen Beugesehne (SCHRAMME et al. 2002, DYSON et al. 2003, CARTER 2005). Dies dürfte überwiegend auf Folgendem beruhen:

Perineurale Infiltration

Die Zeheneigennerven begleiten die Sesambeinseitenbänder beidseits direkt seitlich des Hufgelenks (VACEK et al. 1992, BOWKER et al. 1997). Nach BREIT (1995) erfolgt eine röhrenförmige Ummantelung der Bänder. Diese anatomische Begebenheit bedingt eine Unterteilung der proximalen palmaren Hufgelenksaussackung in ein kraniales und ein kaudales Kompartiment (BOWKER et al. 1997). Ebendiese sind der Auffassung, dass durch eine Hufgelenksinjektion das Lokalanästhetikum in unmittelbare Band- und Nervennähe gelangt und letztere konsekutiv im Sinne einer Leitungsanästhesie blockiert werden. Einzig ein kleiner abaxialer palmarer Randbereich des Bandes und dessen in der Tiefe gelegene Nerven werden nicht direkt erreicht (BOWKER et al. 1997).

Eine Ausbreitung des Anästhetikums an den unmittelbar der Gelenkkapsel benachbarten R. palmaris medialis bzw. lateralis der Zeheneigennerven wird für möglich gehalten (RIJKENHUIZEN 2001).

Trotz positiver Hufgelenksanästhesie versagt die intraartikuläre, nicht in allen Fällen aber die intrabursale Therapie (DABAREINER et al. 2003). Dies könnte ein Hinweis sein, dass die Hufgelenksinjektion zusätzlich durch perineurale Infiltration eine Betäubung des Hufrollenschleimbeutels bewirkt. Explizit legen PLEASANT et al. (1997) in ihrer klinischen Studie den Verdacht einer Desensibilisierung des neurovaskulären Bündel an dessen Umschlagspunkt auf die axiale Seite der Hufknorpel nahe.

Die immense Bedeutung erwächst daraus, dass distale Strukturen der Zehenregion durch die Nervenblockade bereits betäubt werden, bevor sich das Lokalanästhetikum im Gewebe ausbreiten müsste. Damit wird eine Wirkung erzielt, die ähnlich einer Leitungsanästhesie ist (BOWKER et al. 1996, 1997). Je weiter proximal der Nerv infiltriert ist, desto größer wird das desensibilisierte Gebiet ausfallen.

Für TURNER (1996) hängt die Diagnose des Podotrochlosesyndroms von den Ergebnissen der diagnostischen Anästhesien ab, wobei sie einzig die Hufgelenksanästhesie als zuverlässig genug einschätzt, „Schmerz im Bereich der Hufrolle (*navicular region pain*)“ von „Schmerz im palmaren Trachtenbereich (*palmar heel pain*)“ abzugrenzen. Für ebendiese wird die Hufrolle im Gegensatz zum oberflächlichen Ballenbereich durch Hufgelenksanästhesie erfasst.

Eine Erklärung hierfür liefern SCHUMACHER et al. (2000a,b, 2001a), indem sie zwischen Schmerzen der Sohle aus dem Zehenspitzenbereich „*solar toe pain*“ und aus dem Ballen- und Eckstrebenbereich „*solar heel pain*“ unterscheiden. Letzterer bleibt bei der Hufgelenksanästhesie in Abhängigkeit von Volumen und Wartezeit in der Regel sensibel, da die für die Innervation zuständigen oberflächlichen Nervenäste weiter proximal abzweigen und somit nicht betäubt werden. Also ist keine Blockade des Ramus pulvinus garantiert, was eine TPA hingegen gewährleistet.

SCHUMACHER et al. (2000a, b, 2003b, 2004b) legen als Reihenfolge für die Anästhesie der einzelnen Strukturen – abhängig von der proximalen Ausbreitung des Lokalanästhetikums am N. dig. palmaris - fest:

Erst wird das Hufgelenk, anschließend die Hufrolle, dann die Sohlenlederhaut im Bereich der Zehenspitze und final unter Umständen die Sohlenlederhaut im Bereich des Ballens desensibilisiert.

Verdacht auf die Möglichkeit einer Affektion der Nervenbahnen wecken auch Berichte von Pferden, die bei Hufgelenksanästhesie eine Besserung der Lahmheit zeigen und dennoch eine Therapieresistenz bei intraartikulärer Medikation aufweisen (DABAREINER et al. 2001, DABAREINER 2002).

Da das neurovaskuläre Bündel am axialen Rand der Hufknorpel lokalisiert ist (CALISLAR u. ST.CLAIR 1969), zeigte sich in der vorliegenden Arbeit oft eine Blaufärbung in diesem Bereich und somit der Leitungsbahn. Dies geschah in manchen Fällen so weit proximal, dass auch eine Infiltration des R. pulvinus denkbar war.

Nicht vergessen sollte man, dass bei Schmerzen auf Grund einer bestehenden Hufgelenkskrankung die intrasynoviale Anästhesie andererseits nur partiell erfolgreich sein kann (DYSON 1998). Als Gründe sind eine unvollständige Desensibilisierung oberflächlicher schmerzhafter Strukturen zu nennen (STASHAK 2002), sowie das Faktum, dass neben den Zehennerven des somatischen Systems die Fasern des autonomen Nervensystems in den perivaskulären Geflechten Schmerz transduzieren (BUDA u. BUDRAS 2005). Nach ebendiesen kann der „Gefäßschmerz“ weder durch Neurektomie noch durch Leitungsanästhesie sicher eliminiert werden.

Summa summarum ist die Hufgelenksanästhesie einer TPA in so fern überlegen, dass sie bei „*solar heel pain*“ in der Regel nicht zu einer Desensibilisierung der Sohle des Ballenbereiches führt (SCHUMACHER et al. 2001b, 2004b) - was aber auch mit einer Hufzange getestet werden könnte. Diese Anästhesie als alleinig selektiv für die Gelenkoberfläche zu halten, wird aller Wahrscheinlichkeit nach zu gravierenden Fehlinterpretationen führen (BOWKER et al. 1996). Dennoch divergiert ihr Wirkungsbereich ein wenig von dem einer Ramus pulvinus- Anästhesie oder einer Tiefen Palmarnervenanaästhesie.

HERTSCH und HÖPPNER (1999) halten die Hufgelenksanästhesie für unselektiv zur Diagnostik des Podotrochlosesyndroms und gehen zur Kompartiment-Druckmessung im Hufgelenk über, während PAURITSCH et al. (1999) eine Kombination beider Verfahren empfehlen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit liefern einige Gründe für berechtigte Zweifel an der Selektivität der Hufgelenksanästhesie.

5.2.2 Injektion der Bursa podotrochlearis

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Nach Ansicht vieler besteht keine natürliche Kommunikation zwischen Bursa podotrochlearis und Articulatio interphalangea distalis (GIBSON et al. 1990, JANN et al. 1991, SEEHERMAN 1999). Hiermit geht die Meinung von VERSCHOOTEN et al. (1990, 1991) konform, dass intrabursal applizierte Kortikosteroide nicht in das Hufgelenk diffundieren können. Einer intrabursalen Injektion von Amphotericin B muss keine Entzündung des Hufgelenks folgen, was sich bei anschließend durchgeführter Sektion zeigt (PLEASANT et al. 1997).

CALISLAR und ST. CLAIR (1969) halten durch die Lage des Hufrollenschleimbeutels zur Hufgelenksaussackung eine Kommunikation für unwahrscheinlich, da kein Wandkontakt zwischen den synovialen Einrichtungen besteht. Allerdings ist zu erwähnen, dass ebendiese vor Injektion der Bursa podotrochlearis den Strahl entfernen, woraus sicherlich andere Füllungsverhältnisse als in der geschlossenen Hufkapsel resultieren.

Gewöhnlich ist nur die synoviale Auskleidung der Bursa podotrochlearis blau gefärbt, wobei eine Kommunikation vorkommen kann (BOWKER et al. 1993b). Hierbei scheinen die im Hufgelenk erreichbaren Konzentrationen weniger hoch als bei dem inversen Ausbreitungsweg zu sein (GOUGH et al. 2002a).

Eine Blaufärbung des Hufgelenks manifestierte sich in der vorliegenden Studie mehrmals, so dass intrabursal applizierte Stoffe nicht zwangsläufig exklusiv im Hufrollenschleimbeutel nachweisbar sind.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Stoffausbreitung vom Hufrollenschleimbeutel in die gemeinsame Fesselbeugesehnenscheide (GIBSON et al. 1990).

Perithekale Diffusion

GAUGHAN (1995) berücksichtigt bei einer septischen Hufrollenschleimbeutelentzündung die Gefahr einer Infektionsausbreitung in das Strahlbein, in das Hufgelenk, in die tiefe Beugesehne samt Sehnenscheide und in das Ballenkissen.

Während keine Verbindung zum Strahlbein gesehen wird (JANN et al. 1991), finden BOWKER et al. (1993b) in zwei Fällen eine Blaufärbung im Cavum medullare des Hufbeins.

Insgesamt dehnt sich der injizierte Schleimbeutel proximal bis zum sogenannten „T-Ligament“ und distal bis zum Ansatz der tiefen Beugesehne am Hufbein aus (CALISLAR u. ST. CLAIR 1969). Nach Disulfidblauapplikation färben sich Stratum synoviale und intakte Sehnengleitfläche gleichmäßig blau (HERTSCH et al. 1982). Der fibrokartilaginöse Anteil der tiefen Beugesehne beteiligt sich an der Wandbildung des Schleimbeutels, ist nicht von einer Synovialmembran überzogen und nicht schmerzempfindlich (HICKMAN 1989).

Die Sesambeinbänder (LSDI, CSLL) werden nur in ihren palmaren, mit Synovialmembran überzogenen Randbereichen gefärbt (BOWKER et al. 1993b).

In der vorliegenden Arbeit zeigte sich selten eine Blaufärbung im Hufbein (Canalis solearis) und in den Sesambeinseitenbändern, so dass Teile dieser Strukturen möglicherweise betäubt werden können. Gerade für das Hufbein erfährt die Studie Unterstützung durch die Ergebnisse von BOWKER et al. (1993b). Leider befassen sich KEEGAN et al. (1996) bei ihren Messungen von Lokalanästhetikum im Cavum medullare des Strahlbeins nur mit der Hufgelenksinjektion.

Perineurale Infiltration

Wieder gilt je weiter proximal der Nerv infiltriert ist, desto größer wird der betäubte Bereich ausfallen. Die Blaufärbung am neurovaskulären Bündel variierte in vorliegender Untersuchung von im Canalis solearis bis proximal des Strahlbeins und axial der Hufknorpel befindlich.

Desensibilisiert werden können neben der Bursa podotrochlearis, die in diese integrierten und umgebenden sensiblen Fasern im Palmarrand der Sesambeinbänder (LSDI, CSLL), im medialen und lateralen Bindegewebe, im dorsalen Teil der tiefen Beugesehne und in der Facies flexoria des Strahlbeins (BOWKER et al. 1994, 1995, 1997). Nach ebendiesen werden die dorsalen Ränder der Strahlbeinbänder, in denen die proximalen Nerven zur Versorgung des Strahlbeins verlaufen nicht erfasst. Ergo kann das Os naviculare immer noch lahmheitskausal sein. Selbst wenn Strahlbein und Sesambeinkollateralbänder zunächst nicht völlig desensibilisiert sind, scheint dies nur eine Frage der Wartezeit zu sein (BOWKER et al. 1995).

Für die Diagnostik klinischer Pododermatitiden sind insbesondere die Huf- und Hufzangenuntersuchung entscheidend. HERTSCH (1994) erwartet bei dieser Erkrankung ein negatives Ergebnis der intrasynovialen Anästhesien, das heißt die Lederhaut bleibt druckempfindlich, und ein positives bei Leitungsanästhesie der Zeheneigennerven.

Dies widerspricht neueren Studien. Um die Effekte einer Hufrollenschleimbeutelanästhesie auf die Innervation der Lederhaut zu evaluieren, wird analog zum Hufgelenk experimentell durch Hufeisen mit Stellschrauben eine Lahmheit induziert (SCHUMACHER et al. 2001b, SARDARI et al. 2002). Im Ergebnis bleibt bei den Untersuchungen ebendieser die Sensibilität der Lederhaut in der „solar heel region“ oft erhalten, während Leitungsbahnen zur „solar toe region“ in ihrer Schmerzleitung eingeschränkt sind.

Der N. palmaris digitalis ist engst assoziiert mit dem Hufrollenschleimbeutel (TURNER u. ANDERSON 1996), so dass intrabursal applizierte Stoffe das nVB medial der Hufknorpel umgeben (BOWKER et al. 1996, CALISLAR u. ST. CLAIR 1969).

SARDARI et al. (2002) sehen gar die Möglichkeit der Diffusion von der Bursa podotrochlearis in die Articulatio interphalangea distalis und von dort an das neurovaskuläre Bündel, was nach Meinung derer die Leitungsbahn weiter proximal blockieren würde.

Manche Kliniker gehen nach intrabursaler Anästhesie von einer Betäubung der gesamten Hufrolle einschließlich Strahlbein und tiefer Beugesehne im Bereich der Bursa und des Strahlbeinbandapparates aus (DYSON u. KIDD 1993, RIJKENHUIZEN 2001). So wird von deren positiven Ausfall bei bestehender Tendinitis der tiefen Beugesehne berichtet (SCHRAMME et al. 2002).

Unsicherheit besteht, ob eine Schmerzfreiheit im Hufgelenk konsekutieren kann.

Auf Grund des anatomischen Faktums, dass größere Äste der Nn. dig. palmares in engster Nachbarschaft zum Hufrollenschleimbeutel verlaufen, wird vermutet additiv Schmerzen im Hufgelenk beeinflussen zu können (GAUGHAN 1995, GOUGH 1998, SCHUMACHER et al. 2003a). Zur Überprüfung dessen wählen SCHUMACHER et al. (2003a) den inversen Versuchsaufbau wie PLEASANT et al. (1997), indem sie eine Entzündung im Hufgelenk induzieren und den Effekt einer Anästhesie der Bursa podotrochlearis auf die Lahmheit beurteilen. Ein positives Ergebnis scheint aber nur bei ausreichender Wartezeit (über 20 Minuten) möglich, sicher nicht nach 10 Minuten.

Ebendiese bieten als Erklärung eine zunächst distalere Leitungsanästhesie als bei Hufgelenksanästhesie an.

Nach Ansicht des Verfassers könnte das nvB ebenso bei beiden Anästhesien nicht proximal genug erreicht werden, um das Gelenk völlig zu desensibilisieren. Doch ist das Hufgelenk durch dessen Anästhesie per se bereits betäubt, so dass Auswirkungen einer potentiellen Leitungsanästhesie auf dieses irrelevant werden.

Ferner ist es denkbar, dass das Lokalanästhetikum länger braucht, um von der Bursa podotrochlearis in das Hufgelenk zu diffundieren.

Andererseits beobachten JANN et al. (1991) eine proximale Ausdehnung der Bursa podotrochlearis, die das Strahlbein um ca. 1 cm überragt. Dies ist ein Indiz für eine ziemlich proximale Affektion des neurovaskulären Bündels, wodurch ein weites Gebiet einschließlich des Hufgelenks desensibilisiert sein sollte. Dem konnte auch in Fällen der vorliegenden Studie zugestimmt werden. Ebenso aber schien es möglich, dass der R. tori digitalis und damit die „*palmar heel region*“ sensibel bleiben.

Abgesehen von diesen Unwägbarkeiten ist die Bursapunktion immer noch fehlerbehaftet, was schon allein die genauso mögliche Nutzung des Zugangs für die Hufgelenksanästhesie zeigt (GERWECK et al. 1994b). BOWKER et al. (1993b) ziehen eine zusätzliche unbeabsichtigte Punktion des Hufgelenks ins Kalkül.

Dies war in der vorliegenden Arbeit einmal der Fall, so dass eine Füllung beider synovialer Einrichtungen erfolgte. Kausal hierfür ist die unbeabsichtigte Punktion des Recessus palmaris des Hufgelenks beim Nadelrückzug (GIBSON et al. 1990, PICCOT-CRÉZOLLET et al. 2005a).

Letztendlich sollte diese aufwendige Technik wohl erst nach Ausschöpfung der anderen lokalanästhetischen Verfahren zum Einsatz kommen. Vorteil ist, dass neben der Sohle der Ballenregion auch das Hufgelenk in der Regel sensibel bleibt (SCHUMACHER et al. 2004b) und so das Ausschlussverfahren greift. Oft raten daher Kliniker zur Kombination der diagnostischen Anästhesien zu verschiedenen Zeiten (DYSON u. KIDD 1993, DYSON 1998, SCHUMACHER et al. 2004b). Da es insgesamt sehr kompliziert ist den Zehenschmerz zu differenzieren (EASTER et al. 2000), bietet sich ein Vorgehen in dieser Reihenfolge an (DYSON 1994a):

1. Leitungsanästhesie der Zeheneigennerven
2. Hufgelenksanästhesie
3. Bursa podotrochlearis- Anästhesie.

Die einzelnen, nach diesen drei Anästhesien betäubten Gebiete überlappen sich (TURNER u. ANDERSON 1996, PLEASANT 1997). Dennoch scheint die intrabursale Anästhesie ein zusätzliches anderes Gebiet abzudecken, als das was durch eine mögliche perineurale Infiltration bei der intraartikulären Anästhesie erreicht werden könnte, da TURNER (1996) von neun Pferden berichtet, die nur auf die Anästhesie des Hufrollenschleimbeutels eine Lahmheitsbesserung zeigen.

LANGFELDT und HERTSCH (1988) messen auch der Anästhesie des Ramus pulvinus vor allem bei positivem Ergebnis in Verbindung mit einer Lahmheitsumkehr eine Bedeutung in der Podotrochlosediagnostik zu.

Kürzlich erst haben PICCOT-CRÉZOLLET et al. (2005b) nochmals die Hypothese der Wirkung einer Anästhesie des Hufgelenks oder auch der Bursa podotrochlearis als perineurale Infiltrationsanästhesie - „l'anesthésie de nerfs cheminant“ - herausgestellt. Inzidiert dies, verliert nach Auffassung ebendieser das immer noch nicht abschließend geklärte Diffusionsverhältnis zwischen Hufgelenk und Hufrollenschleimbeutel - ob direkt, indirekt und ob überhaupt in ausreichender Konzentration- an Bedeutung. Sie schreiben den diagnostischen Anästhesien allgemein den Mangel einer Standardisierung (hinsichtlich injizierter Volumina, Wartezeit, Zugang) zu, was zu unsicheren Schlussfolgerungen und fraglicher Vergleichbarkeit der Ergebnisse führt (PICCOT-CRÉZOLLET et al. 2005b).

Niemals außer Acht gelassen werden darf das klinische Gesamtbild, was zusätzlich durch intrabursale Druckmessung komplettiert werden kann (ZUTHER 2005).

<p>Eine sehr wahrscheinliche perineurale Infiltration nach Anästhesie der Bursa podotrochlearis lässt hier auch deren Spezifität als fraglich erscheinen.</p>
--

5.2.3 Injektion der *Vagina synovialis digitorum manus*

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Trotz engster Nachbarschaft der synovialen Strukturen besteht keine offene Verbindung zum Fessel-, Kron-, oder Hufgelenk und Hufrollenschleimbeutel (SALOMON et al. 2005). VUKELIC und MAROLT (1961) berichten von einer Diffusion des Prontosils sowohl zur Bursa podotrochlearis, als auch zum Hufgelenk. Allerdings verwenden ebendiese sehr große Volumina (40 bis 60 ml) und erzeugen so einen erhöhten Druck. Selbst bei 20 ml scheint dies durch das Gesetz der Schwerkraft möglich zu sein (WESTHUES 1938). CALISLAR und ST. CLAIR (1969) beschreiben beim Fohlen nur die gegenläufige Ausbreitungsrichtung vom Hufgelenk in die gemeinsame Fesselbeugeschnenscheide.

Nach der vorliegenden Arbeit war lediglich im Einzelfall eine Verbindung zum Fesselgelenk denkbar.

Perineurale Infiltration

Nach GENNING (1938) verdient diese Anästhesie größere Beachtung, um Schmerzen am distalen Ende der Beugeschnen und deren Schnenscheiden zu diagnostizieren. Dies dürfte bezüglich der Selektivität angezweifelt werden, da bei der Anästhesie der gemeinsamen Fesselbeugeschnenscheide auch eine Komplettanästhesie der Podotrochlea angenommen werden kann (WESTHUES 1938). Ohnehin sind die Zehennerven proximal des Fesselgelenkes rot gefärbt, so dass diese Anästhesie mindestens den Effekt einer MPA zu haben scheint (VUKELIC u. MAROLT 1961). Es wird daher die Möglichkeit offeriert, statt dieser intrasynovialen Anästhesie eine Palmarnerven-anästhesie oberhalb der FBSS durchzuführen (WORTHMAN 1981).

Selbst bei Gleichbeinlähme oder schmerzhaftem distalem Gleichbeinband kann eine Fesselbeugeschnenscheidenanästhesie positiv ausfallen (WESTHUES 1934, 1938). Ersteres dürfte im Zusammenhang mit einer Blockade der Nn. sesamoidei (CORNELISSEN et al. 1996) stehen, während bei zweitem auch an eine perithekale Diffusion zu denken ist.

Für Pferde, die erst nach einer Leitungsanästhesie auf Höhe der Gleichbeine lahmfrei werden, könnte nach SCHUMACHER et al. (2004b) der Einsatz dieser intrathekalen

Anästhesie hilfreich sein. Denn der distale Endabschnitt der tiefen Beugesehne wird wohl auch von weiter proximal gelegenen Ästen der Palmarnerven innerviert. Dies erklärt in gewisser Weise, weshalb Hufgelenksanästhesie und Anästhesie der Bursa podotrochlearis nicht in allen Fällen einer Tendinitis der tiefen Beugesehne völlig erfolgreich sind (SCHRAMME et al. 2002). Wie sollten sie auch, wenn eine Leitungsanästhesie der digitalen Palmarnerven per se nicht immer zu einer Lahmheitsresolution führt? Zünglein an der Waage scheint hier die möglichst proximale Blockade an der Leitungsbahn zu sein, worin diese intrasynoviale Anästhesie die beiden anderen bei Weitem übertrifft.

Letztendlich dürfte die Anästhesie der gemeinsamen Fesselbeugesehnenscheide mit einem erheblichen Mangel an Spezifität belastet sein, weshalb diese klinisch auch kaum mehr im Einsatz ist.

5.2.4 Injektion der *Ariculatio metacarpo- bzw. metatarsophalangea*

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

In der vorliegenden Arbeit deutete sich in einem Fall eine schwache Diffusion aus dem Fesselgelenk zur gemeinsamen Fesselbeugesehnscheide an, worüber sich in der Literatur keine Berichte finden lassen.

Lediglich vor deren Fehlpunktion wird gewarnt (SCHUBA 1993).

Allerdings muss das Verhältnis der synovialen Einrichtung zu den Gleichbeinen näher beleuchtet werden. An der Bildung des Fesselgelenks beteiligen sich Röhrbein und Fesselbein sowie die Gelenkflächen der beiden Gleichbeine, die als proximale Sesambeine in die Gelenkkapsel integriert sind (KÖNIG u. LIEBICH 2000, WISSDORF et al. 2002a).

CORNELISSEN et al. (1996) erzielen in ihrer Studie ein negatives Ergebnis der Fesselgelenksanästhesie bei Pferden für die die Implantation von Schrauben in die Gleichbeine lahmheitskausal ist. Nach RIJKENHUIZEN (2001) besteht Unsicherheit über das Ausmaß der Desensibilisierung der Gleichbeine nach Fesselgelenksanästhesie.

Die hier angefertigten Querschnittspräparate ließen kaum eine Blaufärbung der Gleichbeine erkennen. Da verglichen mit dem Hufgelenk die Canales sesamoidales distales fehlen, wird durch die geringere Kontaktfläche eine Infiltration der Knochen unwahrscheinlicher.

Periartikuläre Diffusion

Die Gelenkkapselwand ist dorsal bis zu 6 mm stark, während dies palmar nur 0,5 bis 1 mm sind (SCHUBA 1993). Allerdings wird sie dort durch den massiv ausgeprägten Bandapparat und die Zehenfaszie verstärkt. Dieser besteht aus den Seitenbändern des Fesselgelenks, dem M. interosseus medius und den Gleichbeinbändern (TAYLOR 1959) und schien hier zu dick zu sein als dass er für die Disulfidblaulösung über Randbereiche hinaus durchgängig war.

Der konstante, dorsale Schleimbeutel unter den Strecksehnen kann mit dem Fesselgelenk kommunizieren (MÜLLER 1936). Dieses synoviale Kissen war in den angefertigten Querschnittspräparaten nicht zu erkennen. Hin und wieder fiel aber eine

dezenzente Blaufärbung der Strecksehnen auf, so dass zumindest die Möglichkeit einer zarten dorsalen Infiltration bestand.

CORNELISSEN et al. (1998a) sehen den Wirkungsbereich der Fesselgelenksanästhesie sehr limitiert. Sie bezweifeln, dass diese eine effektive Betäubung bei induzierter Synovitis und Gelenkkapselentzündung gewährleistet, da die Kapsel zu dick für die Diffusion in entzündete Bereiche zu sein scheint. Daher präferieren ebendiese für die Betäubung des Fesselgelenks die Leitungsanästhesien.

Dies ist in vorliegender Arbeit in so fern nachvollziehbar, als das Fesselgelenk mit Abstand die geringste Diffusion zuließ.

Perineurale Infiltration

RIJKENHUIZEN (2001) ist nichts bezüglich einer Diffusion aus dem Fesselgelenk an die Palmarnerven oder Nn. sesamoidei bekannt und auch sonst finden sich in der Literatur keine Hinweise.

In der vorliegenden Arbeit trat im Einzelfall die Möglichkeit einer perineuralen Infiltration der Nn. digitales palmares ein. Im oberen Bereich der Fesselbeuge zwischen den beiden Zipfeln der vierzipfeligen Fesselplatte der Zehenfaszie breitete sich die Disulfidblaulösung sehr selten bis an das nvB aus.

Damit lässt sich für die Fesselgelenksanästhesie der zusätzliche Effekt einer zu weit proximal angesetzten TPA nicht ganz ausschließen.

<p>Nach Füllung von 38 Fesselgelenken ist basierend auf dieser Studie von einer hohen Selektivität dieser Anästhesie auszugehen.</p>

5.3 Diskussion der Farbstoffverteilung in der Karpalregion

5.3.1 Injektion der *Articulatio mediocarpea*

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Als selbstverständlich wird die Verbindung zwischen Karpometakarpalgelenk und Mediokarpalgelenk angesehen. Beschrieben sind viele Möglichkeiten der Kommunikation, wobei als häufigste Übertrittsstelle von Stoffen die Lokalisation zwischen *Os carpalae tertium* und *quartum* angeführt wird (BYARS et al. 1982, WISSDORF et al. 2002a). Zusätzlich werden auch der palmare Rand des *Os carpalae quartum*, der palmare Rand des *Os carpalae secundum*, bei Vorhanden sein eines *Os carpalae primum* die Stelle zwischen diesem und dem *Os carpalae secundum* (FORD et al. 1988) oder die Lokalisation zwischen *Os carpalae secundum* und *Os carpalae tertium* (VAN PELT 1962) genannt.

Eine Verbindung zum Radiokarpalgelenk wurde in dieser Arbeit nie beobachtet.

Dem schließen sich die meisten Autoren an (VAN PELT 1962, VAN KRUININGEN 1963, GIBSON u. STASHAK 1989b). Die Ligamenta intercarpea interossea der proximalen Reihe verhindern eine Kommunikation zwischen proximalem und mittlerem Gelenkspalt, gestatten aber eine Kommunikation zwischen mittlerem und distalem Gelenkspalt (WISSDORF et al. 2002a).

FORD et al. (1988) beschreiben einen ungewöhnlichen Einzelfall: Nach Injektion von 20 ml blauer Latexlösung füllt sich über den Spalt zwischen *Os carpi intermedium* und *Os carpi ulnare* das Radiokarpalgelenk.

Basierend auf den Konzentrationsmessungen von GOUGH et al. (2002a), die die Diffusion des Mepivakains von einer Karpalgelenkspalte zur anderen nachweisen, müssen anästhetische Effekte auf das Radiokarpalgelenk einkalkuliert werden. Ebendiese spekulieren über Ausbreitungsrouten durch Synovialmembran und Gelenkkapsel oder durch die Karpalknochen per se.

Zum Teil wurden in vorliegender Studie die synovialen Einrichtungen des *M. ext. carpi radialis* und des *M. ext. dig. comm.* blau gefärbt. Bei diesen Ergebnissen ist sicherlich die Frage berechtigt, ob es sich um eine tatsächlich vorhandene anatomische Kommunikation, um Diffusion oder um eine fehlerhafte Injektionstechnik handelt.

Anatomisch betrachtet, schließt sich distal an die Sehnenscheide des M. ext. carpi radialis ein fast konstanter Schleimbeutel an, der zwischen dieser und dem Os carpale tertium lokalisiert und oft mit dem Karpometakarpalgelenk verbunden ist (MÜLLER 1936, NICKEL et al. 1992). Über eine mögliche Verbindung zwischen Sehnenscheide und Gelenk wird keine Aussage getroffen.

Für eine technisch bedingte Blaufärbung spricht, dass nie die Sehnenscheide des M. extensor digitalis lateralis erreicht war. Andererseits legte die diffuse Farbstoffverteilung in der Region eine periartikuläre Route nahe.

Palmare Diffusion

Sowohl Fesselträgerursprung, als auch das Unterstützungsband zur tiefen Beugesehne und gelegentlich dessen Ursprung, das Ligamentum carpi palmare profundum, wiesen hier nach den Injektionen eine Blaufärbung auf. Deren Ausprägungsgrad nahm bei den einzelnen Strukturen in der Reihenfolge dieser Aufzählung ab.

Die Blaufärbung war jedoch keinesfalls so deutlich wie die Gewebeeinfiltration, die FORD et al. (1988) beschreiben. Bei deren Präparationen nämlich dehnen sich die Gelenkkapselaussackungen bis in die Fasern von Fesselträgerursprung und Unterstützungsband durchschnittlich 2,5 cm (1,1 bis 4 cm) weit aus.

Hierzu sei angemerkt, dass ebendiese durchschnittlich 20 ml Latexlösung injizieren. GHETIE (1939) übt Kritik am Einsatz zu hoher Volumina insofern, dass durch den artifiziell erzeugten, gallenartigen Charakter keine realen Verhältnisse mehr existieren.

Das Faktum, dass die distalen palmaren Gelenkaussackungen bis an und in den Fesselträgerursprung reichen und somit eine Anästhesie der Articulatio mediocarpea diesen und auch die proximale palmare metakarpale Region betäuben kann, hat im Schrifttum bereits weiten Einzug gefeiert (GIBSON u. STASHAK 1989b, WHITTON et al. 1999, HOGAN et al. 1996, MUELLER u. HAY 1999, STASHAK 2002).

Genauso kann dies auf der folgenden Möglichkeit basieren:

Perineurale Infiltration

Der R. profundus des R. palmaris des N. ulnaris konnte in dieser Studie bläulich infiltriert werden. Ähnliches galt weiter distal für die palmaren Metakarpalnerven.

MUELLER und HAY (1999) halten die Mediokarpalgelenksanästhesie für nicht spezifisch, da Nervenfasern, die mit dem Fesselträgerursprung und mit dem palmaren

Metakarpus assoziiert sind, mit betäubt werden können. Direkter formuliert liegt die Gelenkkapsel eben sehr nahe an den palmaren Metakarpalnerven (FORD et al. 1989, RIJKENHUIZEN 2001).

FORD et al. (1989) führen eine konträre Studie durch, indem sie die Wahrscheinlichkeit einer unbeabsichtigten Gelenkpunktion bei diversen Anästhesien im proximalen palmaren metakarpalen Bereich überprüfen. Danach favorisieren ebendiese vorab die Durchführung der direkten Gelenksanästhesie gegenüber einer Infiltration des Fesselträgerursprungs oder einer hohen Leitungsanästhesie der Palmarnerven und palmaren Metakarpalnerven und halten deren Ausfall für gelenksspezifisch.

De facto aber scheinen die Leitungsanästhesien und die Gelenkanästhesie in der proximalen palmaren metakarpalen Region hinsichtlich ihrer Spezifität auf einer Stufe zu stehen. Bei ersteren kann durch eine Fehlpunktion das Gelenk mit betäubt werden, und bei der intraartikulären Anästhesie ist durch die Diffusion eine Wirkung als Leitungsanästhesie nicht von der Hand zu weisen. CARTER (2005) beobachtet oft positive Ergebnisse nach Injektion dieses Gelenks bei Pferden, die Schmerzen im Bereich des Fesselträgerursprungs haben. Dies könnte auch eine Erklärung sein, weshalb GIBSON und STASHAK (1989b) bei manchen Pferden mit einer positiven HPA auch nach einer Mediokarpalgelenksanästhesie eine Lahmheitsbesserung beobachten.

Die Exklusivität einer Injektion des Mediokarpalgelenks für die beiden distalen Karpalgelenke scheint nicht nur durch eine mögliche Betäubung des Fesselträgerursprungs, sondern auch durch eine denkbare Anästhesie aller weiteren von den palmaren Metakarpalnerven innervierten Strukturen limitiert zu sein.

5.3.2 Injektion der *Articulatio radiocarpea*

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Es besteht ein weitgehender Konsens darüber, dass das Radiokarpalgelenk und das Mediokarpalgelenk in der Regel nicht miteinander kommunizieren (FORSELL 1923, VAN KRUIJNIGEN 1963, WHITTON et al. 1999).

Bei vorliegender Arbeit war zumindest bei einem Pferd das Verdachtsmoment gegeben, dass via Diffusion über den Bandapparat sehr wohl eine derartige indirekte Kommunikation möglich ist. Es deutete sich nämlich eine zarte Blaufärbung der Art. *mediocarpea* an.

Aus den Konzentrationsmessungen von GOUGH et al. (2002a) resultiert, dass nach Applikation eines Lokalanästhetikums in die Art. *radiocarpea* bei bis auf einem Pferd stets Mepivakain in der Art. *mediocarpea* nachweisbar ist.

Der proximale Blindsack der Karpalbeugesehnnenscheide befindet sich direkt kaudal der lateralen Gelenkkapselaussackung, was auch beim kaudolateralen Zugang zu beachten wäre, um eine Fehlpunktion zu vermeiden (WISSDORF et al. 2002a, GASTHUYS u. DEMOOR 2006).

Hier zeigte sich bei der Gliedmaße des Fohlens eine deutliche Kommunikation der beiden synovialen Einrichtungen an dieser Stelle - trotz dorsolateraler Injektion. Vermutlich sind eben die periartikulären Strukturen beim Fohlen für Stoffe noch leichter zu permeieren, als bei einem älteren Tier. Wenn auch bei den übrigen injizierten Gliedmaßen keine Färbung der Sehnnenscheide so markant ins Auge stach, war dennoch der blaue Farbstoff stets in deren unmittelbarer Nähe, was zumindest suspizient für eine Verbindung war.

Leider finden sich zu dieser Problematik keine Angaben in der Literatur. FORD et al. (1989) messen allerdings einer zusätzlichen Anästhesie der Karpalbeugesehnnenscheide keine große Bedeutung bei. Sie halten diese Struktur für kaum lahmheitsursächlich.

Analog zu den Ergebnissen nach Farbstoffinjektion des Vorderfußwurzelmittelgelenks trat bei der hier vorliegenden Studie gelegentlich eine Infiltration der synovialen Einrichtungen der dorsalen Zehenstrecker (M. *ext. carpi radialis* und M. *ext. digitalis communis*) auf. Hierfür wird dieselbe Kausalität zu Grunde gelegt (sh. oben).

Perineurale Infiltration

Hier wurde keine perineurale Infiltration evaluiert.

Dies steht im Gegensatz zu der Option einer Diffusion von Anästhetikum zum R. palmaris des N. ulnaris und/oder N. palmaris lateralis des N. medianus (RIJKENHUIZEN 2001), was somit nicht nachvollzogen werden konnte.

GOUGH et al. (2002a) glauben sogar an die Möglichkeit, durch eine Anästhesie des Radiokarpalgelenks via Diffusion über die einzelnen Gelenktagen Einfluss auf eine Schmerzhaftigkeit des Fesselträgerursprungs zu haben.

Bei der Anästhesie des Radiokarpalgelenks ist nach der vorliegenden Arbeit von keiner simultanen perineuralen Infiltration auszugehen.

5.3.3 Injektion in die *Vagina synovialis communis mm. flexorum*

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Hier bestand kein Hinweis auf eine Kommunikation zu den Karpalgelenken. Das Schrifttum hält sich bedeckt, lediglich RIJKENHUIZEN (2001) warnt beim proximalen Zugang vor einer Fehlpunktion des Radiokarpalgelenks.

Perithekale Diffusion

Wohl durch das schwache Stratum fibrosum der Karpalbeugesehnenscheide (WISSDORF et al. 2002a) bedingt, trat hier eine Blaufärbung des Ligamentum accessorium und des M. interosseus medius ein. Dennoch berichtet WESTHUES (1934) von einem negativen Ausfall dieser Anästhesie bei einem Pferd mit chronischer Entzündung des Unterstützungsbandes.

Auch durch Rückfluss aus dem Einstichkanal scheint eine Farbstoffverteilung lateral der *Vagina synovialis* möglich zu sein (RIJKENHUIZEN 2001).

Perineurale Infiltration

Vorliegende Arbeit demonstrierte im proximalen Metakarpalbereich eine Blaufärbung der Nn. metacarpei palmares und der Nn. palmares. Übertragen auf eine Leitungsanästhesie entspräche dies einer HPA. Zusätzlich erfolgte proximal eine Infiltration des N. palmaris medialis in etwa ab Eintritt in den Karpalkanal. Dies galt nicht für den lateralen Palmarnerv.

RIJKENHUIZEN (2001) sieht die Gefahr, dass nach Austreten von Anästhetikum aus der Punktionsstelle der N. palmaris lateralis bzw. der N. metacarpeus lateralis mit betäubt werden könnten. Grundsätzlich hält sie eine Infiltration der Palmarnerven und der palmaren Metakarpalnerven bei starker Füllung der Sehnenscheide durch deren unmittelbare Ausdehnung in Nervenbahnnähe für möglich.

<p>Die ohnehin kaum praktizierte Anästhesie der Karpalbeugesehnenscheide kann ein weitaus größeres betäubtes Gebiet zur Folge haben.</p>

5.4 Diskussion der Farbstoffverteilung in der Tarsalregion

5.4.1 Injektion der *Articulationes tarsometatarseeae*

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Bei allen zehn injizierten Tarsometatarsalgelenken offerierte sich eine zusätzliche Blaufärbung der distalen Intertarsalgelenkspalten. Anatomische Überlegungen verbunden mit den Ergebnissen der Querschnittpräparate lassen folgenden Schluss zu: Es dürfte sich um eine „direkt-indirekte“ Kommunikation handeln.

Eine denkbare direkte Verbindung besteht über den knöchern begrenzten *Canalis tarsi* oder medial zwischen T I+II und T III (SACK u. ORSINI 1981). Ebenso können Stoffe indirekt über die *Ligamenta intertarsae* der vertikalen Gelenke in das DITJ gelangen. Möglich ist, dass dieser Weg höhermolekularen Stoffen verwehrt bleibt, selbst wenn die inneren Synovialmembranen sehr dünn oder unvollständig sind (SACK u. ORSINI 1981).

Außerdem scheint eine Diffusion über die dorsalen Gelenkaussackungen zwischen den beiden Gelenkkapseln plausibel (DYSON u. ROMERO 1993). Konträr hierzu ziehen FRIKER et al. (2000b) diese Möglichkeit nicht in Betracht, sondern sehen in den Begrenzungen der Gelenkhöhlen eine effektive Barriere.

GOUGH et al. (2002b) wiederum gestehen dem Lokalanästhetikum sowohl eine Permeation der Gelenkkapsel als auch der Knochen zu, wobei sie einräumen, dass keine Studie existiert, die Mepivakain in den Tarsalknochen nachweist. In der vorliegenden Arbeit trat gelegentlich eine Blaufärbung der Knochen auf, so dass dies nicht von der Hand zu weisen ist. Dies gilt insbesondere unter dem Aspekt, dass osteoarthritische Proliferationen keinen Einfluss auf das Diffusionsverhalten von Stoffen haben sollen (SERENA et al. 2005).

Hüten möge man sich aber davor von zehn Gliedmaßen auf alle Pferde zu schließen, zumal die Inzidenz einer 100 %-tigen Kommunikation auf Grund der Literaturangaben kritisch beäugt werden muss.

So schwanken die Angaben darüber zwischen 0 und 100 % und haben sich auf einen Mittelwert um die 30 % eingependelt.

Während GHETIE (1939) eine Verbindung aller Synovialsäcke am Tarsus noch negiert, finden RÜTHER (1982) für die Verteilung von Röntgenkontrastmittel und

FRIKER et al. (2002b) für Tusche und verdünntes jodhaltiges Röntgenkontrastmittel eine 100 %-tige Kommunikation. Aus der klinischen Erfahrung von GABEL (1979) besteht ein Stoffaustausch in den meisten, wenn nicht in allen Fällen.

Nach weiteren Studien ist eine Füllung des distalen Intertarsalgelenks zu 8,8 % (BROWN u. VALKO 1980), zu 26 % (BELL et al. 1993), zu 35 % (DYSON u. ROMERO 1993), zu 38 % (KRAUS-HANSEN et al. 1992) bis hin zu über 80% (GOUGH u. MUNROE 1998) erfolgt.

BARNEVELD (1984) stellt sich außerdem die Frage, ob es bezüglich der Farbstoffverteilung eine Rolle spielt die Tarsometatarsalgelenke oder die Art. centrodistalis zu injizieren. Er macht sich Gedanken über eine mögliche Ventilwirkung, die bei einer der beiden synovialen Einrichtungen stärker ausgeprägt sein könnte. Dadurch dass seine Röntgenkontrastmittelinjektionen bei Pferden in vivo durchgeführt werden, hat er die Möglichkeit die Injektion drei Wochen später jeweils am anderen Gelenk zu wiederholen. Bei all seinen positiven Ergebnissen (18%) erfolgt sowohl eine Diffusion vom TMTJ ins DITJ als auch umgekehrt. Somit scheint es bei Vorliegen einer Kommunikation keine Rolle zu spielen welches der beiden Gelenke injiziert wird.

Die Konzentrationsmessungen von GOUGH et al. (2002b) verdeutlichen, was hier ohnehin bereits makroskopisch sichtbar ist. Nach Injektion von Mepivakain ist die Konzentration stets in beiden Gelenken erhöht, weshalb ebendiese die CDJ- Injektion in vielen Fällen für unnötig halten. Unterstützung finden diese Ergebnisse auch durch die Methylprednisolon-Konzentrationsmessungen von SERENA et al. (2005), die wirksame Spiegel von Methylprednisolon in allen Artt. centrodistales nachweisen.

In Kongruenz hierzu steht die Aussage von RÜTHER (1982), dass es nicht möglich sei diese Gelenke einzeln und voneinander unabhängig zu anästhesieren.

Dennoch empfehlen viele Autoren zur Sicherheit die getrennte Anästhesie von TMTJ und DITJ, da allein ein negatives Ergebnis der TMTJ- Anästhesie keine distale Arthritis sicher ausschließen kann (BUCHNER 1991, BELL et al. 1993, SEEHERMAN 1999, CAUVIN 2000, FRIKER et al. 2000b, RÜTHER 1982).

Des Weiteren ergab sich in der vorliegenden Untersuchung selten eine zarte Blaufärbung im proximalen Intertarsalgelenk. Derartige Einzelfallberichte finden sich in der Literatur häufiger (BELL et al. 1993, BOHANON 1994, BROWN u. VALKO

1980, BUCHNER 1991), wobei sich diese Möglichkeit bei FRIKER et al. (2000b) auf 25% (11 von 44) akkumuliert.

In Erwägung gezogen werden könnte, dass ebenso wie eine Gelenketape weiter distal eine dorsale oder proximale Diffusion stattfindet. Alternativ werden um in die enge Aussackung zwischen Os metatarsale IV und Os tarsale IV zu gelangen, eventuell Kanäle nicht nur zum TMTJ sondern auch zum PITJ geöffnet, woran SACK und ORSINI (1981) beim lateralen Zugang glauben. Dem entgegensteht, dass FRIKER et al. (2000b) den medialen Zugang wählen.

Obwohl die Verbindung vom proximalen Intertarsalgelenk zum Talokruralgelenk allgemein anerkannt ist, war bei vorliegender Arbeit in letzterem keine Färbung mit bloßem Auge zu erkennen. GOUGH et al. (2002b) hingegen weisen Mepivakain nach Injektion beider distaler Gelenke im Talokruralgelenk nach und verzichten auf eine Untersuchung der Synovia im proximalen Intertarsalgelenk auf Grund der allgemein anerkannten Verbindung.

Während KRAUS-HANSEN et al. (1992) in sieben Fällen von einer Kommunikation zwischen den distalen Intertarsalgelenken und der Tarsalbeugesehnenscheide berichten, entdecken nach Tarsometatarsalgelenksinjektion DYSON und ROMERO (1993) dies bei sieben (35 %) und FRIKER et al. (2000b) bei vier (9 %) der injizierten Gliedmaßen. Die Inzidenz einer Kommunikation zur Tarsalbeugesehnenscheide war in vorliegender Arbeit nicht zu erkennen. Dennoch kann natürlich an Hand der zehn hier untersuchten Präparate diese nicht bestritten werden.

Nie wurde bei der Bursa subtendinea calcanea, die unter der oberflächlichen Beugesehne am Calcaneus verläuft (MÜLLER 1936), eine Füllung bemerkt.

Periartikuläre Diffusion

BARNEVELD (1984) räumt ein, dass die Injektion von 4 bis 8 ml Lösung in die distalen Tarsalgelenke zweifelsohne zu einer periartikulären Diffusion führt, was er bei der Diagnostik der Späterkrankung sogar für wünschenswert erachtet. Trotzdem zeigen die klinischen Erfahrungen von MOYER et al. (1983), dass sich oft nur eine Besserung der Lahmheit um 50 bis 90% nach intraartikulärer Anästhesie der erkrankten Tarsometatarsalgelenke bzw. des distalen Intertarsalgelenks evaluieren lässt.

SACK und ORSINI (1981) bescheinigen den dünnen Gelenkkapseln der dorsalen Aussackungen gelegentlich eine Durchlässigkeit für Stoffe bis zur Trochlea tali.

Ergebnis der vorliegenden Arbeit war eine Blaufärbung in Teilbereichen der Sehnen der Mm. ext. dig. lateralis und longus sowie des Ansatzes von M. fibularis tertius und M. tibialis cranialis. Dies korreliert mit den Ergebnissen von SACK und ORSINI (1981).

In anderen Studien permeiert das Füllmaterial die kurzen Gelenkbänder, um eine haselnussgroße Auftreibung dorsal unter den sehnigen Muskelansätzen zu formieren (BUCHNER 1991) oder lässt sich radiografisch in diesem Bereich nachweisen (DYSON u. ROMERO 1993). Nach FRIKER et al. (2000a) bleibt die Gelenkkapsel intakt und es handelt sich lediglich um eine Ausdehnung zwischen die genannten Sehnen.

Eine mögliche Konsequenz bei Übertragung auf den Einsatz von Lokalanästhetika beim lebenden Pferd ist, dass Schmerzen im Ansatzbereich des M. tibialis cranialis und des M. fibularis tertius ausgeschaltet werden (DYSON 1997, SEEHERMAN 1999).

Plantar färbten sich hier nur spärlich der Fesselträgerursprung, sowie das Ligamentum plantare longum mit seinem schwachen Ligamentum accessorium zur tiefen Beugesehne blau an.

BELL et. al. (1993) hingegen registrieren eine weite subkutane plaqueartige Stoffverteilung nach Injektion des Tarsometatarsalgelenks. Bei Erkrankung des Fesselträgerursprungs der Hintergliedmaße setzt DYSON (1994b) die Tarsometatarsalgelenkanästhesie bei 24 Pferden mit mäßigem Erfolg ein, da lediglich zwei Pferde positiv reagieren. BUCHNER (1991) beruft sich auf eine persönliche Mitteilung von NOVAK (1989), dass nach Anästhesie des Tarsometatarsalgelenks diesem noch kein Auftreten einer Lahmheitsbesserung bei Erkrankungen des Fesselträgerursprungs im Gegensatz zur Vordergliedmaße bekannt sei.

De facto waren hier auch nur Randbereiche blau gefärbt. Keinesfalls lag eine deutliche Infiltration vor.

Perineurale Infiltration

Die distalen Anästhesien am Tarsus werden von vielen Autoren als spezifisches Diagnostikum für eine aktive schmerzhaft Gelenkerkrankung gesehen (GOUGH u. MUNROE 1998, LINDSAY et al. 1981, MOYER 1978). Andererseits ist bei der

Sprunggelenksanästhesie zu bedenken, dass die Gelenkaussackungen teilweise in enger struktureller Beziehung zu Nervenästen stehen und so eine intraartikuläre Anästhesie eine additive Wirkung auf extraartikuläre Strukturen haben kann (CAUVIN 2000).

Nach SACK und ORSINI (1981) weisen die Tarsalgelenke dorsal eine schwache Membrana synovialis auf, die dünn wenn nicht sogar unvollständig ist. Dies korreliert mit GHETIEs (1939) Ansicht, dass Nerven, welche die Synovialmembran versorgen stets oberflächlich und dort, wo die Gelenkkapseln höchstens ein schwaches Stratum fibrosum aufweisen, lokalisiert sind.

Vermutlich ist dies die Begründung, weshalb in vorliegender Untersuchung das Disulfinblau durch die Kapsel an die dorsalen Metatarsalnerven gelangte. Potentiell können die dorsalen Metatarsalnerven, die bis in den Kronbereich ziehen, desensibilisiert werden (DYSON u. ROMERO 1993).

Noch bedeutender war hier eine gelegentliche Blaufärbung des R. profundus des N. plantaris lateralis bzw. der aus diesem originierenden Nn. metatarsi plantares.

Da die plantaren Metatarsalnerven und der Recessus plantaris in enger struktureller Beziehung zueinander stehen, resultiert aus einer Tarsometatarsalgelenksanästhesie möglicherweise eine ein- oder beidseitige Betäubung dieser und damit der plantaren metatarsalen Region einschließlich des Fesselträgerursprungs (DYSON u. ROMERO 1993, DYSON 1997, GOUGH et al. 2002b).

Andererseits kommen trotz Gelenkschmerzen falsch negative Ergebnisse vor (DYSON 1997), was die Interpretation dieser Anästhesie zusätzlich erschwert.

Im Ergebnis kann die Anästhesie des Tarsometatarsalgelenks sowohl bei Pferden für die der Fesselträgerursprungsbereich lahmheitskausal ist, als auch bei einer Arthritis des proximalen Intertarsalgelenk zu einer Lahmheitsbesserung führen (CARTER 2005), so dass manche die perineuralen Infiltrationsanästhesien als zuverlässiger ansehen (DYSON et al. 1997).

5.4.2 Injektion der Articulatio talocruralis

Hier zeigte sich stets eine ausreichende und gleichmäßige Blaufärbung in den Talokrural- und proximalen Intertarsalgelenken von lahmheitsfreien Pferden.

Überraschend ist, dass bei Lahmheiten bedingt durch eine Osteoarthritis des Rollgelenks, die Anästhesie nur in 55 % der Fälle eine partielle Besserung mit sich bringt (SMITH et al. 2005), während bei einer Lahmheit basierend auf subchondralen Knochenzysten im Talokruralgelenk diese oft positiv ausfällt (GARCÍA-LÓPEZ u. KIRKER-HEAD 2004). Als Erklärung ist nach ebendiesen eine Verbindung von Knochenzyste und Gelenkhöhle denkbar.

Diese klinischen Beobachtungen lassen auf eine große Unsicherheit bezüglich der Interpretation diagnostischer Anästhesien in diesem Bereich schließen.

Kommunikation zu anderen synovialen Einrichtungen

Die bei allen Präparaten vorliegende Kommunikation zwischen proximalen Intertarsalgelenk und Talokruralgelenk spiegelt die allgemeine Lehrmeinung wieder (NICKEL et al. 1992, WISSDORF et al. 2002b). VAN PELT (1966) sieht diese Kommunikation am kranialen Teil des Tarsus. Aus früherer Zeit findet sich noch GHETIE (1939) als Vertreter der irrigen Ansicht, dass neben dem Talokruralgelenk die übrigen drei distalen Synovialsäcke von sekundärer Bedeutung seien und keinerlei Kommunikation bestünde. Natürlich steht mittlerweile eine Verbindung zwischen den beiden oberen Gelenksäcken außer Frage.

Darüber hinaus bestand in einem Fall der vorliegenden Arbeit eine zarte Blaufärbung im Randbereich der Art. centrodistalis, die sich aber nicht weiter nach distal verfolgen ließ.

Dies steht konträr zur Auffassung von SCHEBITZ und WILKENS (1967), die eine derartige Verbindung negieren.

Via Umkehrschluss könnte nach Meinung von GOUGH et al. (2002b) das in das TCJ applizierte Lokalanästhesikum die distalen Tarsalgelenkabteilungen erreichen und betäuben, woraus dann theoretisch sogar die Möglichkeit einer Leitungsanästhesie am Fesselträgerursprung resultiert.

Die Tarsalbeugesehnensscheide kommuniziert gelegentlich mit den direkt unter ihr liegenden plantaren Aussackungen des Talokruralgelenks (NICKEL et al. 1992).

Dies war in der vorliegenden Studie nicht nachzuvollziehen.

Dafür zeigte sich in einem Fall eine Infiltration der Sehnenscheide des medialen Kopfes des tiefen Zehenbeugers, der sich erst distal des Tarsalgelenks mit der eigentlichen Tarsalbeugeschnenscheide vereinigt.

Häufiger ist eine Tarsalbeugeschnenscheideninfiltration nach Injektion der distalen Tarsalgelenke beschrieben (sh. dort).

Eine Kommunikation zur Vagina synovialis bzw. Bursa subtendinea muscui tibialis cranialis, in der englischsprachigen Literatur auch als „Cunean bursa“ (GABEL 1979) bezeichnet wurde in dieser Studie entdeckt.

Dieser subtendinöse Schleimbeutel unterlagert den medialen Endschenkel des M. tibialis cranialis, wobei dessen Wand knöchern mit dem Os tarsi centrale und dem Os tarsale I+II, sowie sehnig verwachsen ist (MÜLLER 1936). Dessen Bursitis (GABEL 1979) ist eine weitere Differentialdiagnose im Spatgeschehen.

Des Öfteren füllt sich dieser nach Injektion des distalen Intertarsalgelenks, wofür der mediale Zugang kausal zu sein scheint (KRAUS-HANSEN et al. 1992, GOUGH et al. 2002b). Hier stach einmal eine Blaufärbung der synovialen Einrichtung nach dorsomedialer Injektion des Talokruralgelenks ins Auge.

Periartikuläre Diffusion und perineurale Infiltration

RÜTHER (1982) sieht nach Injektion von 20 bzw. 30 ml Disulfidblaulösung keine Diffusion aus dem Talokruralgelenk und betrachtet daher diese Anästhesie als spezifisch für die beiden proximalen Tarsalgelenke.

Dem kann nicht zugestimmt werden, da sich bei dieser Studie vor allem dorsal sehr wohl eine Infiltration des angrenzenden Gewebes ergab. Von größter Bedeutung war sicher die mögliche perineurale Infiltration.

Der R. dorsalis des N. fibularis tertius verläuft nach SCHEBITZ und WILKENS (1967) auf der Gelenkkapsel und wird nach einer Talokruralgelenksanästhesie vom Lokalanästhetikum erreicht, so dass eine intraartikuläre Injektion wie eine Leitungsanästhesie wirkt, da dieser Nerv u.a. durch seinen Ast an den Tarsalkanal die distale Intertarsalknochenreihe versorgt.

DYSON und ROMERO (1993) warnen vor einer Anästhesie der dorsalen Metatarsalnerven.

Dies korreliert mit den hier erhobenen Befunden, da sich oft eine bläuliche Infiltration des tiefen Fibularisnerven per se zeigte.

Als Konsequenz einer Anästhesie des Talokruralgelenks kann sich eine Blockade des N. fibularis profundus bzw. der Nn. metatarsi dorsales ergeben. Damit ist bei der Interpretation ins Kalkül zu ziehen, dass keinesfalls nur das Sprunggelenk affektiert ist, denn diese Endaufzweigungen des N. fibularis profundus lassen sich bis in den Hufbereich verfolgen.

Es würde somit das tiefe dorsale Nervensystem am Autopodium ausgeschaltet. Die Tragweite dessen im Angesicht der Doppelnervation von plantar bleibt schwer abzuschätzen.

Erwähnt sei noch, dass auch eine Infiltration des N. fibularis superficialis gelegentlich eintreten konnte, während keine Indizien für eine Blaufärbung am N. tibialis bzw. an dessen Endästen vorlagen.