Aus dem Department für Kleintiere und Pferde
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Institut für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin
(Leiterin: Univ. Prof. Dr. med. vet. Martina Mosing, Dip ECVAA)

State of the Art: perioperatives Schmerzmanagement bei fünf häufigen Eingriffen in der Kleintiermedizin – eine Literaturrecherche

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Niels Kaufmann

Wien, im März 2026

Betreuerin:

Dr. Stephanie von Ritgen, FTA, CVPP, CCRP, CVA
Abteilung für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin
Departement für Kleintiere und Pferde
Veterinärmedizinische Universität Wien

Gutachterin:

Dr. Marion Mucha, Dipl. ECVSMR, CCRP, IVAS, IVAPM
Physikalische Medizin und Rehabilitation
Department für Kleintiere und Pferde
Veterinärmedizinische Universität Wien

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

Ich habe die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt und alle zuarbeitend Tätigen mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt.

Die vorliegende Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, 27.03.2026
Niels Kaufmann

Danksagung

Meiner Familie und meinen Freunden

Abstract

Deutsche Version:

Eine effektive perioperative Schmerztherapie stellt einen wesentlichen Bestandteil der modernen Kleintiermedizin dar und ist entscheidend für das Tierwohl, die intraoperative Stabilität sowie eine komplikationsarme postoperative Rekonvaleszenz. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den aktuellen Stand des perioperativen Schmerzmanagements bei fünf häufig durchgeführten chirurgischen Eingriffen in der Kleintiermedizin systematisch darzustellen und evidenzbasierte Analgesieempfehlungen abzuleiten.

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer systematischen Literaturrecherche, die sich an den Empfehlungen der PRISMA-Guidelines orientiert. Die Recherche wurde im Januar 2026 in den wissenschaftlichen Datenbanken PubMed, CAB Abstracts und Google Scholar durchgeführt. Insgesamt wurden 1527 Publikationen identifiziert werden. Nach Anwendung definierter Ein- und Ausschlusskriterien sowie eines mehrstufigen Screeningprozesses wurden 192 Studien in die finale qualitative Analyse eingeschlossen. Die eingeschlossenen Arbeiten verteilen sich auf verschiedene Eingriffe: Ovariohysterektomie (93 Studien), Kastration von Rüden beziehungsweise Kater (21 Studien), Zahnextraktion (12 Studien), Kreuzbandchirurgie mittels TPLO oder TTA (37 Studien) sowie Mastektomie (29 Studien). Die Auswertung der Literatur erfolgte mittels narrativer Evidenzsynthese, wobei die Studien thematisch unter anderem in lokoregionale Anästhesieverfahren, systemische Analgetika und multimodale Analgesieprotokolle kategorisiert wurden.

Die analysierte Literatur zeigt übereinstimmend, dass multimodale Analgesiestrategien den effektivsten Ansatz zur perioperativen Schmerzreduktion darstellen. Insbesondere lokoregionale Anästhesietechniken sind mit einer verbesserten intraoperativen hämodynamischen Stabilität, einer Reduktion des Bedarfs an Inhalationsanästhetika sowie niedrigeren postoperativen Schmerz-Scores assoziiert. Systemische Analgetika wie nichtsteroidale Antiphlogistika, Opioide und verschiedene Adjuvantien stellen nach wie vor zentrale Bestandteile des perioperativen Schmerzmanagements dar, wobei zunehmend opioidsparende Strategien verfolgt werden.

Abstract

English version:

Effective perioperative pain management is an essential component of modern small animal medicine and is crucial for animal welfare, intraoperative stability, and uncomplicated postoperative recovery. The aim of this study was to systematically review the current state of perioperative pain management for five commonly performed surgical procedures in small animal medicine and to derive evidence-based analgesia recommendations.

This study is based on a systematic literature review conducted according to the PRISMA guidelines. The search was performed in January 2026 using the scientific databases PubMed, CAB Abstracts, and Google Scholar. A total of 1,527 publications were identified. Following application of defined inclusion and exclusion criteria and a multi-stage screening process, 192 studies were included in the final qualitative analysis. The included studies covered various procedures such as ovariohysterectomy (93 studies), castration of male dogs or cats (21 studies), tooth extraction (12 studies), cruciate ligament surgery using TPLO or TTA (37 studies), and mastectomy (29 studies). The literature was evaluated through narrative evidence synthesis, with studies categorized thematically into locoregional anaesthesia techniques, systemic analgesics, and multimodal analgesia protocols.

The reviewed literature consistently demonstrates that multimodal analgesia strategies represent the most effective approach to perioperative pain reduction. Locoregional anaesthesia techniques are particularly associated with improved intraoperative hemodynamic stability, a reduced requirements for inhalational anaesthetics, and lower postoperative pain scores. Systemic analgesics such as nonsteroidal anti-inflammatory drugs, opioids, and various adjuvants remain key components of perioperative pain management, with opioid-sparing strategies increasingly being adopted.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

1.1 Relevanz des perioperativen Schmerzmanagements 1

1.2 Problemstellung 2

1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen 3

2 Literatur 4

2.1 Grundlagen Schmerz 4

2.1.1 Definition und Klassifikation 4

2.1.2 Physiologie des Schmerzes 6

2.1.3 Schmerzerfassung und klinische Bewertung 9

2.1.4 Validierte Skalen für die Evaluierung akuter Schmerzen beim Hund 9

2.1.5 Validierte Skalen für die Evaluierung akuter Schmerzen bei der Katze 10

2.2 Analgetika und perioperative Analgesiestrategien 12

2.2.1 Multimodale Analgesie und perioperatives Schmerzmanagement 12

2.2.2 Analgetika 13

2.3 Zusammenfassung und klinische Empfehlung 25

3 Methode 25

3.1 Suchstrategie und Datenbanken 25

3.2 OHE / Ovariektomie 26

3.3 Kastration 26

3.4 Zahnextraktion 27

3.5 TPLO/TTA (Kreuzbandchirurgie) 27

3.6 Mastektomie 28

3.7 Ein- und Ausschlusskriterien 29

3.8 Studienselektion und PRISMA-Workflow 29

3.9 Datenextraktion und Datenanalyse 31

3.10 Methodische Limitationen 31

4 Ergebnisse 33

4.1 Übersicht der Suchergebnisse 33
4.1.1 Charakteristika der eingeschlossenen Studien 33
4.1.2 Ovariohysterektomie und Ovariektomie (OHE/OE) 34
4.1.3 Kastration (Rüde und Kater) 34
4.1.4 Zahnextraktion 34
4.1.5 Kreuzbandchirurgie (TPLO/TTA) 34
4.1.6 Mastektomie und Tumorexzision 35
4.1.7 Charakteristika der eingeschlossenen Studien 35
4.1.8 Verteilung nach Studientyp 35
4.1.9 Untersuchte Analgesieverfahren 35
4.1.10 Outcome-Parameter 36
4.1.11 Tierartspezifische Unterschiede 37
4.1.12 Evidenzlücken 37
4.2 Ovariohysterektomie / Ovariektomie 38
4.2.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika 38
4.2.2 Präoperative Analgesie 39
4.2.3 Intraoperative Analgesie 41
4.2.4 Postoperative Analgesie 43
4.2.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze) 43
4.2.6 Studienlage und Evidenz 44
4.3 Kastration beim Rüden / Kater (Orchiektomie) 47
4.3.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika 48
4.3.2 Präoperative Analgesie 48
4.3.3 Intraoperative Analgesie 49
4.3.4 Postoperative Analgesie 51
4.3.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze) 52
4.3.6 Evidenzlage und Studienübersicht 52
4.4 Zahnextraktion 53

4.4.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika 53
4.4.2 Präoperative Analgesie 55
4.4.3 Intraoperative Analgesie 55
4.4.4 Postoperative Analgesie 57
4.4.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze) 58
4.4.6 Studienlage und Evidenz 59
4.5 Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) und Tibial Tuberosity Advancement (TTA) 61
4.5.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika 61
4.5.2 Präoperative Analgesie 62
4.5.3 Intraoperative Analgesie 63
4.5.4 Postoperative Analgesie 64
4.5.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze) 66
4.5.6 Studienlage und Evidenz 66
4.6 Mastektomie 69
4.6.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika 69
4.6.2 . Präoperative Analgesie 70
4.6.3 Intraoperative Analgesie 71
4.6.4 Postoperative Analgesie 72
4.6.5 Speziesspezifische Unterschiede 73
4.6.6 Studienlage und Evidenz 73
5 Empfehlungen für die klinische Praxis 77
5.1 Ovariohysterektomie / Ovariektomie 77
5.1.1 Übersicht 77
5.1.2 Analgesiekonzept 77
5.1.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen 78
5.2 Kastration 79
5.2.1 Übersicht 79

5.2.2 Analgesiekonzept 79
5.2.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen 79
5.3 Zahnextraktion 80
5.3.1 Übersicht 80
5.3.2 Analgesiekonzept 81
5.3.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen 81
5.4 Kreuzbandchirurgie 83
5.4.1 Übersicht 83
5.4.2 Analgesiekonzept 83
5.4.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen 83
5.5 Mastektomie 85
5.5.1 Übersicht 85
5.5.2 Analgesiekonzept 85
5.5.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen 86
5.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung 87
6 Literaturverzeichnis 89

Abkürzungsverzeichnis

IASP - International Association for the Study of Pain

WSAVA - World Small Animal Veterinary Association

AAHA - American Animal Hospital Association

ISFM - International Society of Feline Medicine

TPLO - Tibia-Plateau-Osteotomie

CCLD - Cranial Cruciate Ligament Disease

IASP - International Association for the Study of Pain

CMPS-SF Glasgow Composite Measure Pain Scale Short Form

CBPI - Canine Brief Pain Inventory

COAST - Canine Osteoarthritis Staging Tool

MiPSC - Musculoskeletal Pain Screening Checklist

MICAT-C Montreal Instrument for Cat Arthritis Testing – Caretaker

NMDA - N-Methyl-Aspertat

COX - Cyclooxygenase

NSAID - nichtsteroidales Antiphlogistikum

AMPA - Aminomethylphosphonsäure

KA - Kainat

GABA - Gamma-Aminobuttersäure

NAPQI - N-Acetyl-p-benzochinonimin

OHE/OE - Ovariohysterektomie/Ovarioektomie

TAP - Transversus-Abdominis-Planeblock

QL - Quadratus lumborum Block

SP - Serratus Plane Block

1 Einleitung

1.1 Relevanz des perioperativen Schmerzmanagements

Das perioperative Schmerzmanagement stellt einen zentralen Bestandteil der modernen Kleintieranästhesie und -chirurgie dar. Eine adäquate Analgesie reduziert nicht nur das unmittelbare Leiden des Tieres, sondern trägt nachweislich zur Verringerung der perioperativer Morbidität, zur Verkürzung der Rekonvaleszenz und zur Verbesserung des langfristigen funktionellen Outcomes bei (1,2). Die Bedeutung einer effektiven Schmerztherapie geht dabei weit über das unmittelbare Wohlbefinden des Patienten hinaus: Unbehandelter oder inadäquat therapierter Schmerz führt zu Stressreaktionen im Körper, kann das Immunsystem beeinträchtigen und bei längerer Dauer die Entstehung chronischer Schmerzen begünstigen (3). Nach der Definition der International Association for the Study of Pain (IASP) ist Schmerz ein komplexes und multidimensionales Geschehen, das auch bei Tieren ähnlich wie beim Menschen zu beobachten und zu behandeln ist. Die Cambridge Declaration on Consciousness (2012) sowie zahlreiche neurobiologische Studien zeigen, dass Säugetiere über vergleichbare über vergleichbare neuroanatomische und neurophysiologische Strukturen zur Schmerzverarbeitung verfügen wie der Mensch (4,5) . Daraus ergibt sich für die Tiermedizin eine klare ethische und medizinische Verpflichtung, Schmerzen, nicht nur im Zusammenhang mit chirurgischen Eingriffen, konsequent vorzubeugen, frühzeitig zu erkennen und angemessen zu therapieren.

Gleichzeitig ist jedoch zu beachten, dass die Übertragung von Definitionen und Konzepten aus der Humanmedizin auf die Tiermedizin nicht ohne methodische Herausforderungen ist. Im Gegensatz zum Menschen können Tiere nicht verbal kommunizieren, so dass deren Erkennung und Bewertung vor allem auf indirekten klinischen Symptomen und Verhaltensänderungen basiert (2,5).

Trotz der Verfügbarkeit umfassender internationaler Leitlinien – darunter die WSAVA Guidelines for the Recognition, Assessment and Treatment of Pain (2), die AAHA Pain Management Guidelines (6) sowie die ISFM Consensus Guidelines on the Management of Acute Pain in Cats (7) – bestehen in der klinischen Praxis weiterhin erhebliche Unterschiede in der Umsetzung analgetischer Protokolle. Diese betreffen sowohl die Wahl der Analgetika als auch deren Dosierung, Kombination und den Zeitpunkt der Applikation - von der präoperativen Prämedikation bis zur häuslichen Nachsorge.

1.2 Problemstellung

Trotz der zunehmenden Anerkennung der Bedeutung perioperativer Schmerztherapie sowie der Verfügbarkeit evidenzbasierter Leitlinien und zahlreicher Analgetika besteht in der klinischen Praxis eine erhebliche Variabilität in der Umsetzung perioperativer Schmerzprotokolle (8). Diese Unterschiede erschweren eine standardisierte Versorgung und können zu suboptimalen klinischen Ergebnissen führen. Besonders deutlich wird diese Variabilität bei häufig durchgeführten Routineeingriffen der Kleintiermedizin, wie der Ovariohysterektomie, Kastration, Zahnextraktion, Kreuzbandchirurgie und Mastektomie. Diese Eingriffe zählen zu den häufigsten durchgeführten chirurgischen Interventionen bei Hund und Katze und weisen gleichzeitig eine große Bandbreite hinsichtlich der angewendeten Analgesieprotokolle auf. Die Auswahl dieser fünf Eingriffe basiert nicht ausschließlich auf ihrer Häufigkeit, sondern auch auf ihrer klinischen Relevanz sowie den unterschiedlichen Schmerzcharakteristika. Ovariohysterektomie, Ovariektomie und Kastration sind die mit Abstand häufigsten elektiven chirurgische Eingriff in der Kleintiermedizin (9,10). Zahnextraktionen gehören aufgrund der hohen Prävalenz parodontaler Erkrankungen zu den regelmäßig durchgeführten Interventionen: Rund 80 % der Hunde und 70 % der Katzen zeigen bereits im Alter von zwei Jahren Anzeichen einer Parodontopathie (6). Die Ruptur des vorderen Kreuzbands (Cranial Cruciate Ligament Disease, CCLD) stellt die häufigste orthopädische Erkrankung beim Hund dar, mit einer Prävalenz von 0,5–2,5 % in der Allgemeinpopulation und bis zu 11 % in Überweisungskliniken (11,12). Mammatumoren wiederum machen 42 % aller Tumorerkrankungen bei nicht kastrierten Hündinnen aus, mit einem Lebenszeitrisiko von 23–34 % (13). Diese fünf Eingriffe decken somit ein breites Spektrum an Schmerzintensitäten – von mild bis hochgradig – sowie verschiedene Körperregionen (Abdomen, Extremität, Oropharynx, Haut und Subkutis) und beide Tierarten, Hund und Katze, ab.
Trotz der Häufigkeit dieser Eingriffe und der damit verbundenen klinischen Schmerzbelastung fehlt bislang eine aktuelle, umfassende und eingriffsspezifische Darstellung des perioperativen Schmerzmanagements, die den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Literatur systematisch zusammenfasst und für die klinische Praxis nutzbar macht. Bestehende Übersichtsarbeiten konzentrieren sich häufig auf einzelne Substanzklassen oder auf spezifische Eingriffe; eine übergreifende Zusammenstellung aktueller Evidenz liegt bislang nur begrenzt vor.

1.3 Zielsetzung und Forschungsfragen

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Literatur zum perioperativen Schmerzmanagement bei den fünf häufigsten chirurgischen Eingriffen in der Kleintiermedizin bei Hund und Katze darzustellen, evidenzbasierte Empfehlungen für die klinische Praxis abzuleiten und bestehende Wissenslücken zu identifizieren.
Um die bestehende Variabilität in der klinischen Praxis sowie die daraus resultierenden Unsicherheiten besser zu verstehen, ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Welche Analgesieprotokolle werden aktuell im perioperativen Setting (prä-, intra- und postoperativ) bei diesen fünf häufigsten chirurgischen Eingriffen empfohlen oder angewendet?
2. Welche multimodalen Strategien zeigen die beste Evidenzlage hinsichtlich Wirksamkeit, Sicherheit und klinischer Anwendbarkeit?
3. Welche Unterschiede bestehen zwischen Hund und Katze bezüglich Schmerzcharakteristik, Medikamentenwahl und Dosierung?
4. Wo bestehen noch Wissens- oder Evidenzlücken im perioperativen Schmerzmanagement dieser Eingriffe?

2 Literatur

2.1 Grundlagen Schmerz

Schmerz ist in der Veterinärmedizin sowohl eine diagnostisches wie ethisches Problem zu gleich – und beides ist schwerer zu lösen als in der Humanmedizin, weil die Selbstauskunft des Patienten fehlt. Grundlage jedes sinnvollen Managements sind daher Kenntnisse der zugrundeliegenden Mechanismen: Wie Schmerz entsteht, wie er klassifiziert wird und wie er beim Hund und bei der Katze klinisch erfasst werden kann.

2.1.1 Definition und Klassifikation

Die International Association for the Study of Pain (IASP) definiert Schmerz als „ein unangenehmes sensorisches und emotionales Erlebnis, das mit aktueller oder potenzieller Gewebeschädigung verbunden ist oder einem solchen Erlebnis ähnelt“ (14). Schmerz ist demnach ein komplexes und multidimensionales Geschehen. Er umfasst sensorische und affektive Komponenten umfasst und wir durch frühere Erfahrungen, Angst, Stress und weitere psychologische sowie verhaltensbezogene Faktoren beeinflusst. In der modernen Schmerzmedizin wird Schmerz nicht mehr ausschließlich als ein Symptom gesehen, sondern zunehmend auch als eigenständige Erkrankung betrachtet (1,2) .

Schmerz lässt sich sowohl nach seiner Dauer als auch nach den zugrunde liegenden Mechanismen klassifizieren (1, Tabelle 1). Die einfachste Form der Einteilung unterscheidet zwischen akutem und chronischem Schmerz. Akuter Schmerz stellt eine physiologische Reaktion auf potenziell gewebeschädigende Reize dar und erfüllt eine essenzielle Schutzfunktion. Er tritt meist plötzlich auf, ist häufig mit Trauma, Entzündung, chirurgischen Eingriffen oder anderen akuten Erkrankungen verbunden und fördert Verhaltensanpassungen, die weitere Schäden verhindern und den Heilungsprozess unterstützen. In der Regel ist akuter Schmerz selbstlimitierend und klingt mit fortschreitender Heilung ab. Die Intensität akuter Schmerzen kann stark variieren – von milden Empfindungen bis hin zu schwer erträglichen Schmerzen reichen (2).

Chronischer Schmerz hingegen geht über den erwarteten Zeitraum der Gewebeheilung hinaus und gilt als pathologisch. Häufig wird in der Literatur ein Zeitraum von mehr als drei Monaten als Orientierung herangezogen, auch wenn diese Abgrenzung letztlich willkürlich ist (15), Im Gegensatz zum akuten Schmerz erfüllt chronischer Schmerz keine protektive Funktion mehr und kann auch ohne eindeutig erkennbare Ursache persistieren. Durch neuroplastische

Veränderungen kann der Schmerz dabei selbst zur eigentlichen Erkrankung werden und zur Entstehung chronischen Schmerzsyndrome beitragen (1,2).

Neben der zeitlichen Einteilung kann Schmerz auch nach seinen neurobiologischen Mechanismen klassifiziert werden (1, Tabelle 1). Nozizeptive Schmerz entsteht durch die Aktivierung peripherer Nozizeptoren infolge mechanischer, thermischer oder chemischer Reize und ist typischerweise mit akuten Gewebeschädigungen assoziiert (1). Entzündungsbedingter Schmerz entwickelt sich infolge von Gewebeschädigungen und Entzündungsreaktionen. Er ist zunächst protektiv, da er zur Schonung des betroffenen Areals beiträgt, spielt jedoch insbesondere bei postoperativen Schmerzen eine zentrale Rolle. und durch Charakteristisch ist dabei die periphere Sensibilisierung durch Entzündungsmediatoren, die Erregbarkeit nozizeptiver Nervenendigungen erhöhen (1).

Zu den pathologischen Schmerzformen zählt der neuropathische Schmerz, der durch eine Läsion, Verletzung oder Funktionsstörung das periphere oder zentrale Nervensystem verursacht wird. Geschädigte Nerven können spontane neuronale Aktivität, entwickeln und eine gesteigerte Empfindlichkeit gegenüber entzündlichen oder normalerweise harmlosen Reizen zeigen (2). Davon abzugrenzen ist der dysfunktionale Schmerz, bei dem keine eindeutige strukturelle Nervenschädigung nachweisbar ist, die Schmerzverarbeitung jedoch funktionell verändert ist. Diese Form wird häufig mit zentraler Sensibilisierung und neuroplastischen Veränderungen in Verbindung gebracht (2). Im Zusammenhang mit Sensibilisierungsprozessen treten häufig Hyperalgesie und Allodynie auf. Hyperalgesie beschreibt eine übersteigerte Schmerzreaktion auf einen tatsächlich schmerzhaften Reiz, während Allodynie das Auftreten von Schmerz infolge normalerweiser nicht schmerzhafte Reize, etwa wie leichte Berührung oder sanften Druck, bezeichnet. Beide Phänomene beruhen auf peripheren und/oder zentralen Sensibilisierungsmechanismen und unterstreichen die Bedeutung einer frühzeitigen und effektiven Schmerztherapie (1). Gerade im perioperativen Kontext ist dies von besonderer Bedeutung, da unzureichend behandelter akuter Schmerz zur Entwicklung chronischer Schmerzen beitragen kann (1).

Klassifikation	Typ	Charakteristika	Dauer	Funktion
Nach Dauer	akut	Warnsignal, meist selbstlimitierend	Tage bis Wochen	Schutzfunktion
	chronisch	persistierend, pathologisch	> 3 Monate	pathologisch
Nach Mechanismus	nozizeptiv	Aktivierung von Nozizeptoren	akut	Warnung vor Gewebeschädigung
	Entzündungs-bedingt	Gewebeschädigung, Entzündungsreaktion, Sensibilisierung	akut bis chronisch	zunächst protektiv, später pathologisch
	neuropathisch	Läsion oder Funktionsstörung im Nervensystem	akut bis chronisch	pathologisch
	dysfunktional	abnorme zentrale Schmerzverarbeitung	chronisch	pathologisch

Tabelle 1: Klassifikation von Schmerz

2.1.2 Physiologie des Schmerzes

Die Schmerzwahrnehmung ist ein komplexer Prozess, der die Schritte Transduktion, Transmission, Modulation und Perzeption umfasst (siehe Abbildung 1). Der nozizeptive Pfad setzt sich aus peripheren Strukturen wie Nozizeptoren und Neuronen erster Ordnung sowie komplexen zentralen Verarbeitungseinheiten zusammen (16). Zusätzlich besteht eine enge Verbindung zu weiteren Systemen, insbesondere zum autonomen Nervensystem und der Skelettmuskulatur.

Nozizeptoren sind spezialisierte, freie Nervenendigungen im Gewebe, die potenziell schädliche Reize wahrnehmen. Die Zellkörper dieser primären afferenten Neurone liegen im Spinalganglion (16). Die afferenten Fasern lassen sich überwiegend in zwei Gruppen einteilen. Aδ-Fasern sind dünn myelinisiert und leiten Signale mit Geschwindigkeiten von etwa 20 m/s. Sie vermitteln den sogenannten „first pain“, der als scharf und stechend beschrieben wird. C-Fasern sind dagegen unmyelinisiert, leiten langsamer mit unter 2 m/s und vermitteln den „second pain“, der typischerweise als dumpf oder brennend empfunden wird. Beide Faserarten reagieren vor allem auf chemische, thermische und mechanische Noxen und sind wesentlich an der nozizeptiven Schmerzweiterleitung beteiligt (16). Besonders die C-Fasern spielen eine wichtige Rolle beim Entzündungsschmerz (16).

Die Transduktion beginnt, wenn ein potenziell schädlicher mechanischer, thermischer, elektrischer oder chemischer Reiz molekulare Strukturen (Rezeptoren) an der Membran des Nozizeptors aktiviert. Dadurch öffnen sich spezifische Ionenkanäle, Natrium- und Kalziumionen strömen ein und lösen eine Depolarisation der Membran aus. Ist der Reiz

ausreichend stark und von ausreichender Dauer, entsteht ein Aktionspotenzial, das in Richtung zentrales Nervensystem weitergeleitet wird (16). Die meisten Nozizeptoren sind polymodal, d.h. sie reagieren auf mehrere verschiedene Reizarten. Daneben gibt es auch sogenannte „stille" Nozizeptoren, die erst nach Sensibilisierung infolge einer Gewebeverletzung oder Entzündung aktiv werden (16).

Im Rahmen der Transmission werden die nozizeptiven Signale über periphere Nervenfasern zum Rückenmark geleitet. Die zentralen Axone der Neurone erster Ordnung treten in die graue Substanz des Rückenmarks ein und werden dort im Dorsalhorn auf Neurone zweiter Ordnung umgeschaltet. Im Dorsalhorn erfolgt bereits eine erste komplexe Verarbeitung der Signale. Aδ-Fasern enden überwiegend in den Laminae I und V, C-Fasern vor allem in den Laminae I und II. In der Lamina V befinden sich die sogenannten Wide-Dynamic-Range-Neurone, die sowohl auf nozizeptive als auch auf nicht-nozizeptive Reize reagieren und damit eine wichtige Rolle bei der Integration und Modulation sensorischer Informationen spielen (16).

Im Dorsalhorn werden in Abhängigkeit von der Reizintensität verschiedene erregende und neuromodulatorische Neurotransmitter freigesetzt. Wichtige Rezeptoren in diesem Zusammenhang sind unter anderem NMDA-Rezeptoren, die drei Haupttypen der Opioidrezeptoren (μ, δ und κ) sowie Alpha-2-Adrenozeptoren (16). Das ventrale Horn enthält vor allem Interneurone und Motoneurone, die an der Steuerung der Skelettmuskulatur beteiligt sind.

Die Weiterleitung nozizeptiver Informationen erfolgt über aufsteigende Bahnen, insbesondere den spinothalamischen Trakt, vom Dorsalhorn zum Gehirn weitergeleitet (16). Nach Umschaltung im Thalamus werden die Signale an verschiedene kortikale und subkortikale Hirnareale projiziert. Dazu zählen unter anderem der primäre und sekundäre somatosensorischen Kortex, die Insula, der anteriore, mittlere und posteriore Gyrus cinguli, die Basalganglien sowie der motorische Kortex (16). Die Beteiligung dieser unterschiedlichen Hirnareale erklärt, warum Schmerz nicht nur eine sensorisch-diskriminative, sondern auch eine emotionale, motivationale und motorische und vegetative Komponente besitzt (17). Zu den sensorisch-diskriminativen Anteilen zählen insbesondere SI, SII, die Insula und der laterale Thalamus. Emotionale und motivationsbezogene Aspekte werden vor allem über die Amygdala, den anterioren und mittleren Gyrus cinguli, die Insula und die Basalganglien verarbeitet. Motorische Reaktionen werden über den motorischen Kortex und die Basalganglien beeinflusst, während Veränderungen der Vigilanz sowie autonome Reaktionen unter anderem mit der Formatio reticularis, dem Hypothalamus und dem Pons in Verbindung stehen (17).

Die Modulation der Schmerzverarbeitung erfolgt auf mehreren Ebenen des Nervensystems. Neben lokalen spinalen Mechanismen spielen insbesondere deszendierende inhibitorische Systeme eine wichtige Rolle. Diese entspringen an verschiedenen supraspinalen Strukturen wie dem periaquäduktalen Grau, dem Nucleus raphe magnus und dem Locus coeruleus. Ihre Wirkung wird vor allem über serotonerge und noradrenerge Bahnen vermittelt, die die Weiterleitung nozizeptiver Signale im Dorsalhorn hemmen können. Auch endogene Opioidsysteme tragen wesentlich zur Schmerzhemmung bei (16,18). Auch erklärt dies unter anderem die analgetischen Effekte bestimmter Pharmaka, wie zum Beispiel trizyklischer Antidepressiva (16). Die Modulation kann die Schmerzübertragung nicht nur abschwächen, sondern diese auch verstärken und wird durch psychologische Faktoren wie Stress und Angst beeinflusst (2).

Die Perzeption beschreibt schließlich die bewusste Wahrnehmung des Schmerzes im Gehirn. Sie ist kein rein sensorischer Vorgang, sondern wird wesentlich durch emotionale, kognitive und erfahrungsabhängige Faktoren mitbestimmt (17).

Im perioperativen Kontext ist von besonderer Bedeutung, dass chirurgische Eingriffe eine Aktivierung und Sensibilisierung des Nervensystems auslösen können. Dies kann zu Hyperalgesie und Allodynie führen und damit die postoperative Schmerzintensität verstärken. Eine effektive perioperative Analgesie zielt daher nicht nur auf die Behandlung bereits bestehender Schmerzen ab, sondern auch auf die Verhinderung oder Minimierung peripherer und zentraler Sensibilisierungsprozesse (1).

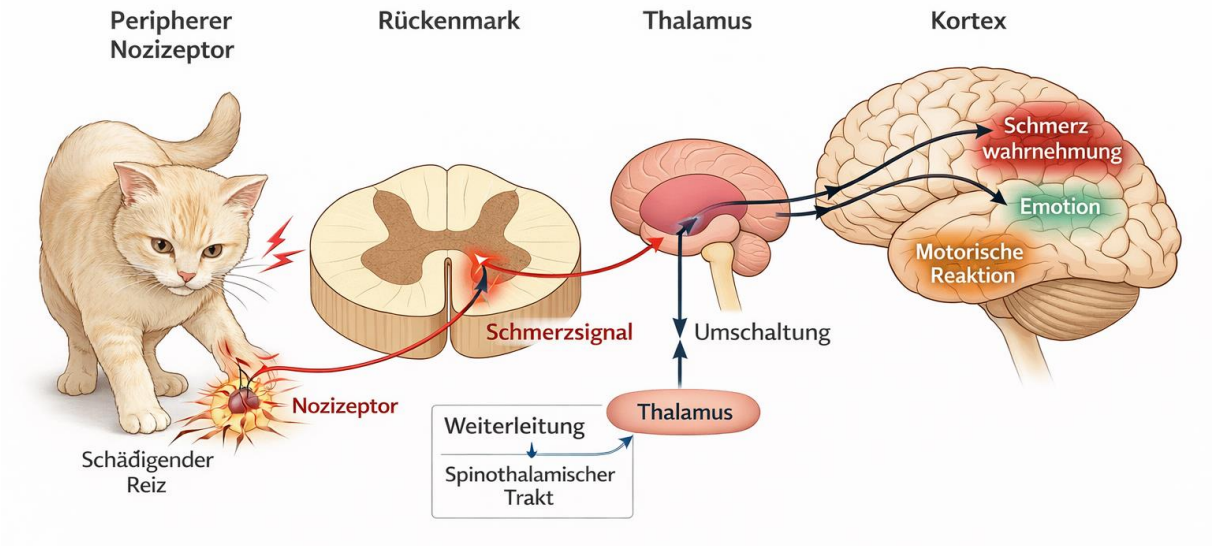


Abbildung 1: Schematische Darstellung des nozizeptiven Signalwegs vom peripheren Nozizeptor über das Rückenmark bis zu den kortikalen Verarbeitungszentren (ChatCPT).

2.1.3 Schmerzerfassung und klinische Bewertung

Die zuverlässige Erfassung und Bewertung von Schmerzen bei Tieren stellt in der tierärztlichen Praxis eine besondere Herausforderung dar, da Schmerz ein komplexes und subjektives Empfinden ist und nicht direkt gemessen werden kann. In der klinischen Praxis ist man daher auf die Interpretation indirekter Hinweise angewiesen, insbesondere Veränderungen von Verhalten, Körperhaltung, Aktivität, Mimik und physiologischen Parametern (1).

Frühere Ansätze versuchten, Schmerz vor allem anhand physiologischer Parameter wie Herzfrequenz, Blutdruck, Pupillengröße oder Stresshormonkonzentration (Cortisol und Katecholamine) objektiv zu erfassen. Es zeigte sich jedoch, dass diese Parameter nur begrenzt aussagekräftig sind, da sie stark durch nicht-nozizeptive Faktoren wie Angst, Stress, Furcht, Sedation oder andere oder medikamentöse Einflüsse verändert werden können (19). Insbesondere bei Katzen konnte keine konsistente Korrelation zwischen solchen Parametern und dem tatsächlichen Vorliegen von Schmerz gezeigt werden (1,19). Deshalb kommt der strukturierten Verhaltensbeobachtung in Kombination mit validierten Schmerzskalen eine zentrale Bedeutung zu.

Die systematische Schmerzerfassung sollte bei jedem Patientenkontakt erfolgen und die Erhebung schmerzrelevanter Informationen, die Beobachtung von Haltung, Mimik, Verhalten und Bewegungsmustern, die gezielte Einbeziehung von Besitzerangaben sowie die Anwendung speziesangepasster Beurteilungsinstrumente beinhalten. Gerade bei chronischen Schmerzen liefern Tierhalter häufig wertvolle Hinweise auf subtile Verhaltensänderungen im häuslichen Umfeld, die in der Klinik nicht ohne Weiteres sichtbar werden (6).

Die Limitationen der Schmerzmessung müssen bei der Interpretation von klinischen Befunden und wissenschaftlichen Studien stets berücksichtigt werden. Viele Tierarten, insbesondere Katzen, zeigen ein ausgeprägtes Verhalten zur Schmerzverschleierung, was zu einer Unterschätzung der Schmerzintensität führen kann. Der Einsatz strukturierter Schmerzerfassungsinstrumente ermöglicht dennoch eine konsistentere, praxisnahe und objektivere Einschätzung des Schmerzzustands und reduziert die Variabilität zwischen den Beobachtern (6,7).

2.1.4 Validierte Skalen für die Evaluierung akuter Schmerzen beim Hund

Bei Hunden äußern sich Schmerzen vor allem über Veränderungen von Verhalten, Körperhaltung, Aktivität und Reaktion auf Berührung. Hinweise können unter anderem

Rückzug, Unruhe, reduzierte Bewegungsfreude, Lahmheit, Lautäußerungen, Fressunlust oder ein verändertes Interaktionsverhalten gegenüber Menschen oder Artgenossen sein (1). Die Beurteilung wird erleichtert, wenn das übliche Verhalten des Tieres bekannt ist. In der klinischen Praxis ist dies jedoch häufig nicht der Fall, und fremde Umgebung, unbekannte Personen sowie sedierende oder analgetische Medikamente können das normale Verhalten zusätzlich beeinflussen (1).

Die Schmerzevaluierung beginnt idealerweise mit der Beobachtung des Hundes in Ruhe. Dabei sollten Haltung, Mimik und allgemeiner Gemütszustand beurteilt werden. Anschließend werden die Reaktionen auf Ansprache, Annäherung und vorsichtige Palpation bewertet. Besonders die Reaktionen auf Berührung – insbesondere im Bereich der vorhandenen oder vermuteten Läsion kann wichtige Hinweise auf die Schmerzempfindlichkeit geben (1).

Für die klinische Erfassung akuter Schmerzen beim Hund werden insbesondere die Glasgow Composite Measure Pain Scale oder ihrer Kurzform (CMPS-SF) sowie der 4A-Vet-Score der French Association for Animal Anaesthesia and Analgesia eingesetzt (1; Tabelle 2). Die CMPS-SF ist für die Erfassung akuter Schmerzen validiert und dient in Kombination mit der klinischen Gesamtbeurteilung auch als Entscheidungshilfe für eine notwendige Rescue-Analgesie (1). Darüber hinaus wird in der klinischen Praxis auch die Colorado State University Acute Pain Scale häufig verwendet, auch wenn sich nicht validiert ist.

2.1.5 Validierte Skalen für die Evaluierung akuter Schmerzen bei der Katze

Die Schmerzerfassung bei Katzen stellt eine besondere Herausforderung dar, da Katzen Schmerzen häufig subtil ausdrücken und ihr Verhalten im klinischen Umfeld stark durch Angst und Stress beeinflusst werden kann. Schmerzzeichen bei Katzen umfassen unter anderem reduzierte Aktivität, verminderte Bewegungsbereitschaft, fehlendes Interesse an Spiel oder sozialer Interaktion, Probleme bei der Futteraufnahme sowie Veränderungen von Mimik, Körperhaltung und allgemeinem Verhalten (7).

Für die systemische Erfassung akuter Schmerzen bei Katzen stehen mehrere validierte Instrumente zur Verfügung. Zu den wichtigsten gehören die Glasgow Composite Measure Pain Scale – Feline, die Universidade Estadual Pauliste (UNESP)-Botucatu Multidimensional Composite Pain Scale sowie die Feline Grimace Scale (1–3; Tabelle 2). Diese Skalen ermöglichen eine strukturierte Einschätzung von Gesichtsausdruck, Körperhaltung, Aktivität, Reaktion auf die Umgebung und Reaktion auf Palpation und tragen dazu bei, auch bei der Katze die subjektive Einschätzung eines Untersuchers zu objektivieren. Die Feline Grimace Scale hat

sich dabei als besonders sensibles und praktikables Instrument erwiesen und kann auch von weniger erfahrenem Personal angewendet werden (7,21).

In der frühen postoperativen Phase sollten Katzen engmaschig und regelmäßig evaluiert werden, um Schmerzen frühzeitig zu erkennen und das Analgesieregime entsprechend anzupassen. Eine engmaschige Überwachung ermöglicht ein proaktives und individuell angepasstes Schmerzmanagement und trägt dazu bei, eine unzureichende Analgesie und die daraus resultierende Sensibilisierung zu vermeiden (7).

Name	Tierart	Schmerzart	Validierung	Quelle
Colorado State University Acute Pain Scale Feline	Katze	Akuter Schmerz	Nicht validiert	
Feline Grimace Scale	Katze	Akuter Schmerz	Validiert	Evangelista et al. 2019
Glasgow Composite Measure Pain Scale- feline	Katze	Akuter Schmerz	Validiert	Reid et al. 2017
UNESP-Botucatu Multidimensional Composite Pain scale (UCAPS)	Katze	Akuter Schmerz	Validiert	Brondani et al. 2013
Colorado State University Acute Pain Scale Canine	Hund	Akuter Schmerz	Nicht validiert	
Glasgow composite measure pain scale – Short Form (CMPS-SF)	Hund	Akuter Schmerz	Validiert	Murrell et al. 2008
French Association for Animal Anesthesia and Analgesia pain scoring system (4A-Vet)	Hund	Akuter postoperativer Schmerz	Vorläufig validiert	Rialland et al. 2012
University of Melbourne Pain Scale	Hund	Akuter postoperativer Schmerz	Vorläufig validiert	Firth & Haldane 1999

Tabelle 2: Skalen zur Evaluierung und Beurteilung akuter Schmerzen bei Hund & Katze

Die systematische Schmerzbewertung unter Verwendung validierter Skalen bildet die Grundlage für ein individualisiertes und effektives Schmerzmanagement. Die Kombination aus physiologischem Verständnis, strukturierter Beobachtung und standardisierten Bewertungsinstrumenten ermöglicht eine objektivere Einschätzung und adäquate Behandlung von Schmerzen bei Hund und Katze.

2.2 Analgetika und perioperative Analgesiestrategien

In der perioperativen Veterinärmedizin ist ein evidenzbasiertes Schmerzmanagement nicht nur eine ethische Verpflichtung, sondern auch ein entscheidender Faktor für verbesserte klinische Outcomes, reduzierte Komplikationsraten und beschleunigte Rekonvaleszenz (1). Eine adäquate perioperative Analgesie trägt nicht nur zur Reduktion von Leid bei, sondern kann auch Stressreaktionen vermindern, die Erholung fördern und der Entwicklung maladaptiver Schmerzprozesse entgegenwirken (1).

2.2.1 Multimodale Analgesie und perioperatives Schmerzmanagement

Das primäre Ziel jedes perioperativen Schmerzmanagements ist es, akuten Schmerz im Zusammenhang mit einem chirurgischen Eingriff so weit wie möglich zu reduzieren – idealerweise ganz zu verhindern - und dabei den Analgetikabedarf möglichst gering zu halten, um potenzielle Nebenwirkungen zu minimieren (2). Eine frühzeitige und strukturierte Schmerzbehandlung ist essenziell, um Leid vorzubeugen und einer zentralen Sensibilisierung entgegenzuwirken.

Unter zentraler Sensibilisierung versteht man anhaltende neuroplastische Veränderungen im Zentralnervensystem, die zu einer pathologischen Überempfindlichkeit gegenüber nozizeptiven und nicht-nozizeptiven Stimuli führen und das Risiko für die Entwicklung chronischer Schmerzsyndrome erhöhen (3).

In der modernen Schmerzmedizin gilt heute ein multimodaler Ansatz als „State of the Art“ und wird in zahlreichen internationalen Leitlinien empfohlen (6,22). Multimodale Analgesie bezeichnet die gleichzeitige Anwendung von zwei oder mehr Analgetika aus unterschiedlichen Substanzklassen oder die Kombination pharmakologischer und nicht-pharmakologischer Maßnahmen, um an verschiedenen Stellen der Schmerzentstehung und -weiterleitung gleichzeitig anzusetzen. Durch die Kombination unterschiedlicher Wirkmechanismen lassen sich synergistische Effekte erzielen, die eine bessere Schmerzkontrolle bei reduzierten Einzeldosen und einem geringeren Nebenwirkungsrisiko ermöglichen (2). Typische Bestandteile multimodaler Konzepte sind Opioide, nicht-steroidale Antiphlogistika, Lokalanästhetika sowie adjuvante Analgetika wie Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten, Ketamin oder Gabapentinoide. Ergänzend spielen lokoregionale Anästhesieverfahren eine zentrale Rolle.

Der perioperative Schmerz lässt sich in vier zeitliche Phasen gliedern, die jeweils durch strukturierte Analgesiekonzepte abgedeckt werden sollten: die präoperative Phase, die intraoperative Phase, die unmittelbare postoperative Phase in der Klink sowie die anschließende Heilungsphase im häuslichen Umfeld (2). In der präoperativen Phase steht die Planung einer geeigneten Analgesiestrategie im Vordergrund. Während der intraoperativen Phase werden Analgetika mit Anästhetika kombiniert, um eine adäquate Antinozizeption sicherzustellen und den Bedarf an Inhalationsanästhetika zu reduzieren. In der postoperativen Phase ist eine konsequente Schmerzevaluation erforderlich, um die Analgesie bedarfsgerecht anzupassen und Komplikationen zu vermeiden.

Die Auswahl geeigneter Kombinationen richtet sich nach mehreren wichtigen Faktoren, die sorgfältig berücksichtigt werden müssen. Hierzu zählen insbesondere die Art, Lokalisation und erwartete Schmerzintensität des chirurgischen Eingriffs, die Ursache, Dauer und Charakteristik des Schmerzes, artspezifische pharmakologische Besonderheiten, der allgemeine Gesundheitsstatus und mögliche Komorbiditäten des Patienten sowie die bestehende Medikation und potenzielle Arzneimittelinteraktionen (2,6,23).

Im Zusammenhang mit perioperativer Schmerztherapie werden Begriffe präventive und Präemptive Analgesie teilweise unterschiedlich verwendet. Der Begriff der präventiven Analgesie beschreibt sämtliche perioperativen Maßnahmen, die darauf abzielen, postoperative Schmerzen und den Analgetikabedarf zu senken (23). Dazu zählen multimodale Konzepte ebenso wie Strategien, die zu jedem Zeitpunkt des perioperativen Verlaufs eingesetzt werden können und nachweislich zu niedrigeren postoperativen Schmerzwerten führen (23,24). Demgegenüber bezeichnet die präemptive Analgesie im engeren Sinne die gezielte Verabreichung von Analgetika vor dem ersten chirurgischen Stimulus/Gewebetrauma, um die Entwicklung peripherer und zentralen Sensibilisierungsprozesse zu minimieren. Da sich ein eindeutiger Vorteil rein präoperativen Maßnahmen gegenüber gut strukturierten perioperativen Analgesiekonzepten in den Studien nicht konsistent nachweisen ließ, wird in der aktuellen Literatur bevorzugt der Begriff der präventiven Analgesie verwendet (23).

2.2.2 Analgetika

Im Folgenden werden die wichtigsten Wirkstoffgruppen vorgestellt, die im perioperativen Schmerzmanagement in der Kleintiermedizin Anwendung finden. Eine umfassende Darstellung pharmakodynamischer und pharmakokinetischer Detail würde den Rahmen dieses Kapitels überschreiten und findet sich in der entsprechenden Fachliteratur.

2.2.2.1 Opioide

Opioide gehören zu den zentralen Säulen der veterinärmedizinischen Schmerztherapie und sind insbesondere für die Behandlung moderater bis schwerer akuter Schmerzen indiziert (2). Ihre Wirkung beruht auf der Bindung an spezifische Opioidrezeptoren, die sowohl im zentralen Nervensystem als auch an peripheren Strukturen wie Ganglien und peripheren Nervenendigungen vorkommen. Für die Analgesie sind vor allem drei Rezeptorklassen relevant: μ- (MOP), δ- (DOP) und κ- (KOP)-Rezeptoren. Entsprechend ihres Wirkprofils lassen sich Opioide in volle Agonisten, partielle Agonisten, gemischte Agonist-Antagonisten sowie Antagonisten einteilen (BSAVA?). Auf präsynaptischer Ebene hemmen sie die Freisetzung exzitatorischer Neurotransmitter aus afferenten Fasern im Rückenmark. Postsynaptisch bewirken sie eine Hyperpolarisation spinaler Projektionsneurone, wodurch die Weiterleitung nozizeptiver Reize gehemmt wird (25).
Die analgetische Wirkung von Opioiden ist selektiv auf Nervenfasern beschränkt, die nozizeptive Signale leiten; andere sensible Qualitäten wie Berührung, Druck und Propriozeption bleiben weitgehend unbeeinflusst.
Analgetische Potenz und Wirkqualität unterscheiden sich zwischen den einzelnen Substanzen und hängen wesentlich von ihrer Rezeptoraffinität, intrinsische Aktivität und der jeweiligen Rezeptorverteilung ab (26, Tabelle 3). Die stärkste analgetische Wirkung besitzen vollständige μ-Agonisten, wie Morphin, Methadon und Fentanyl, die vor allem bei moderaten bis starken Schmerzen eingesetzt werden. Methadon weist darüber hinaus zusätzlich NMDA-antagonistische Eigenschaften auf und kann daher besonders im Kontext zentraler Sensibilisierungsprozesse vorteilhaft sein (26). Fentanyl ist ein hochpotentes, kurzwirksames synthetisches Opioid, das vor allem intraoperativ als Bolus oder als kontinuierliche intravenöse Infusion eingesetzt wird (26). Buprenorphin ist ein partieller μ-Agonist mit relativ langer Wirkdauer und eignet sich eher für milde bis moderate Schmerzen. Charakteristisch ist der sogenannte „Ceiling-Effekt“, bei dem eine weitere Dosiserhöhung keinen zusätzlichen analgetischen Nutzen mehr bewirkt. Buprenorphin wird in der Kleintiermedizin vor allem bei der Katze auch transmukosal appliziert (26). Eine weitere Gruppe bilden gemischte Agonist-Antagonisten wie Butorphanol, das als κ-Agonist und μ-Antagonist wirkt (26). Diese Substanzen werden vor allem für die Behandlung milder bis moderater Schmerzen sowie im Rahmen sedativer Protokolle eingesetzt. Ihre Vorteile liegen in einem geringeren Risiko für Atemdepression und Dysphorie; nachteilig sind jedoch die begrenzte analgetische Potenz, die kurze Wirkdauer, insbesondere beim Hund sowie ebenfalls ein „Ceiling-Effekt“ (26).

Opioide gelten insgesamt als sichere und gut steuerbare Wirkstoffgruppe, da ihre Wirkung antagonisierbar ist (2). Unter therapeutischen Dosierungen sind unerwünschte Wirkungen meist nur mild ausgeprägt oder gut kontrollierbar (25). Art und Ausmaß der Nebenwirkungen variieren jedoch zwischen den Spezies. Euphorie oder Dysphorie können grundsätzlich bei allen Opioiden auftreten. Eine Atemdepression mit verminderter Reaktion auf Hyperkapnie und Hypoxämie ist beschrieben, besitzt bei wachen Patienten ohne respiratorische Vorerkrankungen und bei üblicher Dosierung meist nur geringe klinische Relevanz (25). Hunden zeigen unter reinen μ-Agonisten häufig Hecheln, was vermutlich auf eine Verschiebung des zentralen thermoregulatorischen Sollwertes zurückzuführen ist; Katzen entwickeln gelegentlich Maulatmung, die wahrscheinlich mit Dysphorie assoziiert ist (26). Hinsichtlich Pupillenweite verursachen μ-Agonisten bei Hunden typischerweise eine Miosis, bei der Katze hingegen eher eine Mydriasis (26). Darüber hinaus ist insbesondere unter vollen μ-Agonisten eine vagoton-vermittelte Bradykardie häufig zu beobachten (26).

Im perioperativen Kontext werden Opioide routinemäßig im Rahmen der Prämedikation eingesetzt, meist in Kombination mit Sedativa wie Benzodiazepinen, Alpha-2-Agonisten oder Acepromazin im Sinne einer Neuroleptanalgesie (2). Intraoperativ können sie in Form von Bolusgaben, als kontinuierliche Infusionen oder auch epidurale appliziert sowie postoperativ zur Behandlung akuter Schmerzen eingesetzt werden (2). Im Rahmen eines multimodalen Analgesiekonzeptes entfalten sie zudem synergistische Effekte mit NSAIDs, Lokalanästhetika und weiteren Adjuvantien (27). Die Auswahl des geeigneten Opioids sollte stets individuell erfolgen und mehrere klinisch relevante Faktoren berücksichtigen. Hierzu zählen insbesondere die Schmerzintensität, die erwartete Schmerzdauer, die gewünschte Applikationsroute sowie patientenspezifische Aspekte wie Alter, Komorbiditäten und Begleitmedikation. Während Vollagonisten bei starken Schmerzen indiziert sind, können partielle Agonisten oder Agonist-Antagonisten bei moderaten Schmerzen ausreichend sein. Kurz wirksame Opioide eignen sich vor allem für die akute perioperative Phase, wohingegen länger wirksame Substanzen in der postoperativen Phase Vorteile bieten können.

Opioid	**Klassifikation**	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**	**Wirkdauer**	**Route**	**Hauptindikation**
Morphin	μ-Vollagonist	0,2–1,0 mg/kg	0,1–0,3 mg/kg	3–6 h	i.m., s.c., i.v. (langsam)	Schwere akute Schmerzen
Methadon	μ-Vollagonist + NMDA-Antagonist	0,1–0,5 mg/kg	0,1–0,5 mg/kg	3–6 h	i.v., i.m.	Schwere akute Schmerzen

Fentanyl	μ-Vollagonist (hochpotent)	2–10 μg/kg (Bolus) 2–20 μg/kg/h (CRI)	2–10 μg/kg (Bolus) 2–20 μg/kg/h (CRI)	20–30 min (Bolus) Kontinuierlich (CRI)	i.v.	Intraoperative Analgesie, CRI
Buprenorphin	Partieller μ-Agonist	0,01–0,04 mg/kg	0,01–0,03 mg/kg	6–12 h	i.v., i.m., OTM	Moderate–schwere Schmerzen
Butorphanol	κ-Agonist, μ-Antagonist	0,2–0,4 mg/kg	0,2–0,8 mg/kg	1–4 h (kürzer bei Hund)	i.v., i.m., s.c.	Milde–moderate Schmerzen, Sedation

Tabelle 3: Übersicht der verschiedenen in der Veterinärmedizin genutzten Opioide, Dosierung sind dem Anästhesieskript der Abteilung Anästhesiologie und Intensivmedizin der Vetmeduni Wien entnommen

2.2.2.2 Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten

Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten wie Medetomidin und Dexmedetomidin gehören zu den wichtigsten Wirkstoffgruppen in der Veterinärmedizin und zeichnen sich durch ausgeprägte sedierende, anxiolytische, muskelrelaxierende und analgetische Eigenschaften aus (26). Neben ihrer analgetischen Wirkung führen sie jedoch auch zu deutlichen physiologischen Veränderungen, darunter arterielle Hypertonie, Bradykardie, atrioventrikuläre Leitungsstörungen, tiefe Sedierung und Ataxie. Diese Effekte können den alleinigen systemischen Einsatz als Analgetika in bestimmten klinischen Situationen einschränken (27). Dennoch werden sie häufig als adjuvante Analgetika im Rahmen multimodaler Konzepte eingesetzt, da sie die Analgesie sinnvoll ergänzen und gleichzeitig die Stressantwort des Patienten dämpfen können (2). Ihr Wirkmechanismus beruht im Wesentlichen auf der Aktivierung von Alpha-2-Adrenozeptoren im Dorsalhorn des Rückenmarks. Dadurch wird die Freisetzung exzitatorischer Neurotransmitter gehemmt und die neuronale Membran hyperpolarisiert, wodurch die Weiterleitung nozizeptiver Signale reduziert wird (26,27). Die kardiovaskulären Effekte folgen typischerweise einem dosisabhängigen biphasischen Verlauf: Zunächst kommt es durch periphere Vasokonstriktion infolge der Aktivierung vaskulärer Alpha-2-Rezeptoren zu einem Blutdruckanstieg. Diese Phase hält nach intravenöser Gabe etwa 20 Minuten an. Im weiteren Verlauf normalisiert sich der Blutdruck oder sinkt leicht unter die Ausgangswerte, während die Herzfrequenz trotz der Normalisierung des Blutdrucks weiterhin erniedrigt bleibt (26,27).

Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten haben eine starke MAC-sparenden Wirkung. Dadurch kann der Bedarf an Inhalationsanästhetika und an zusätzlichen Analgetika oft deutlich gesenkt

werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie mit dem speziellen Antagonisten Atipamezol vollständig blockiert werden können. Das ermöglicht eine genau Steuerung der Sedationstiefe (26). Die klinischen Effekte, insbesondere auf das kardiovaskuläre und respiratorische System, sind dosisabhängig. Für Dexmedetomidin ist beschrieben, dass sowohl die erwünschte als auch unerwünschten Effekte mit steigender Dosierung zunehmen (26). Weitere mögliche Nebenwirkungen sind Hypothermie, eine Reduktion des Sympathikotonus, verminderte gastrointestinale Motilität, erhöhte Diurese sowie eine vorrübergehende Hypoinsulinämie, die zu einer Hyperglykämie führen kann (2,28). Ihr Einsatz sollte deshalb stets unter Berücksichtigung des individuellen Patienten und seines klinischen Zustandes erfolgen.

2.2.2.3 Nicht-steroidale Antiphlogistika (NSAID)

Nichtsteroidale Antiphlogistika stellen eine heterogene Wirkstoffgruppe dar, die sich in Carbonsäuren, Enolsäuren und Coxibe unterteilen lässt. Trotz dieser Unterschiede weisen sie ähnliche pharmakokinetische und pharmakodynamische Eigenschaften auf. Ihr zentraler Wirkmechanismus beruht auf der Hemmung der beiden Cyclooxygenase-Isoenzyme COX-1 und COX-2 und damit auf einer Reduktion der Prostaglandinsynthese. COX-1 ist überwiegend an physiologischen Schutzmechanismen beteiligt; COX-2 hingegen wird im Rahmen von Gewebeschädigung und Entzündungsreaktionen exprimiert und trägt maßgeblich zur Entstehung entzündungsbedingter und postoperativer Schmerzen bei (23,26). Schmerzen entstehen dabei insbesondere durch die Sensibilisierung peripherer Nozizeptoren durch entzündliche Mediatoren und die anschließende Weiterleitung nozizeptiver Signale zum Rückenmark. Durch die Hemmung der COX-Enzyme greifen NSAIDs in diese Prozesse ein, beeinflussen jedoch gleichzeitig physiologische Regulationsmechanismen ein, was unerwünschte Wirkungen begünstigt kann. Pharmakokinetisch werden NSAIDs überwiegend über Galle und Urin eliminiert. Sie reichern sich bevorzugt in entzündlichem Exsudat an, was erklärt, warum trotz teilweise kurzer Plasmahalbwertszeiten häufig Dosierungsintervalle von etwa 24 Stunden ausreichend sind (23).

Abhängig von Art, Intensität und Ursache des Schmerzes können NSAIDs sowohl als Monotherapie als auch im Rahmen multimodaler Analgesiekonzepte mit anderen pharmakologischen und nichtpharmakologischen Therapien eingesetzt werden. Zu den in der Kleintiermedizin häufig eingesetzten NSAIDs zählen Meloxicam, Carprofen, Robenacoxib und Firocoxib.

Aufgrund ihrer entzündungshemmenden Wirkung stellen sie insbesondere im perioperativen Kontext bei Hund und Katze eine wichtige Alternative oder Ergänzung zur Opioidtherapie dar;

sofern potenzielle Kontraindikationen berücksichtigt werden (23). Im Vergleich zu Opioiden sind NSAIDs nicht antagonisierbar und weisen einen geringeren therapeutischen Index auf, besitzen jedoch auch klinisch relevante Vorteile. Dazu zählen ihre lange Wirkdauer, das Fehlen ausgeprägter sedierender und verhaltensverändernder Effekte sowie die gute orale Verfügbarkeit. Zu ihren Indikationen zählen unter anderem postoperative Schmerzen, entzündliche Erkrankungen, Osteoarthritis, Panostitis, hypertrophe Osteodystrophie, tumorassoziierte Schmerzen sowie dentale Schmerzsyndrome (26).

Unerwünschte Wirkungen sind für die gesamte Substanzklasse beschrieben, weshalb Kontraindikationen vor der Anwendung sorgfältig geprüft werden müssen. Bevorzugte und selektive COX-2-Inhibitoren haben zwar ein günstigeres Sicherheitsprofil als nichtselektiven COX-Hemmern, sind jedoch ebenfalls nicht risikofrei (23). Mögliche Komplikationen umfassen gastrointestinale Irritationen bis hin zu Ulzerationen, proteinverlierende Enteropathien, renale Schädigungen sowie eine verlängerte Blutungszeit infolge einer gestörten Thrombozytenaggregation (23). Das Risiko ist erhöht bei vorbestehender Nieren- oder Lebererkrankung, Dehydratation, Hypovolämie, eingeschränkter Gewebeperfusion, gastrointestinalen Ulzerationen, gleichzeitiger Gabe anderer NSAIDs oder Kortikosteroide sowie bei Patienten mit erhöhter Blutungsneigung (23,26). Daher ist bei Risikopatienten eine sorgfältige Nutzen-Risiko-Abwägung, gegebenenfalls inklusive präoperativer Blutuntersuchung und adäquater perioperativer Flüssigkeitstherapie, erforderlich (23).

2.2.2.4 Lokalanästhetika

Lokalanästhetika unterscheiden sich von anderen Analgetika grundlegend: Sie modulieren nozizeptive Reize nicht erst im zentralen Nervensystem modulieren, sondern unterbrechen die Weiterleitung schmerzhafter Impulse bereits in der Peripherie. Ihr Wirkmechanismus beruht auf der Blockade spannungsabhängiger Natriumkanäle in peripheren Nervenfasern, wodurch die Depolarisation der Nervenzellmembran verhindert wird und die Ausbreitung von Aktionspotenzialen unterbunden wird (29). Die Empfindlichkeit einzelner Nervenfasern gegenüber dieser Blockade hängt unter anderem vom Faserdurchmesser, dem Myelinisierungsgrad und der Entladungsfrequenz ab. Klinisch zeigt sich daraus eine charakteristische Reihenfolge der Blockade: zunächst Vasodilatation, gefolgt vom Verlust der Temperaturempfindung, der Wahrnehmung von stechendem Schmerz und leichtem Berührungssinn, bevor schließlich die motorische Funktion beeinträchtigt wird (30). Chemisch werden Lokalanästhetika in Aminoester und Aminoamide eingeteilt. In der Kleintiermedizin kommen vor allem Lidocain, Mepivacain, Bupivacain und Ropivacain zum

Einsatz, die zur Gruppe der Aminoamide gehören (2). Lokalanästhetika sind schwache Basen und liegen in Abhängigkeit von ihrem pKa-Wert und dem umgebenden pH-Wert in einem Gleichgewicht zwischen ionisierter und nicht-ionisierter Form vor. Für den Übertritt durch die Lipidmemebran ist vor allem die nicht ionisierte, lipophile Form relevant. Substanzen mit einem pKa-Wert nahe dem physiologischen pH-Wert, wie beispielsweise Lidocain, weisen daher einen schnelleren Wirkungseintritt auf, da ein größerer Anteil in membrangängigen vorliegt (31). Bupivacain hat einen langsameren Wirkungseintritt, aber eine deutlich längere Wirkdauer und eignet sich daher besonders für regionalanästhetische Verfahren mit längerer postoperativer Analgesie. Wirkungseintritt, Wirkdauer und Wirkprofil werden darüber hinaus durch Molekulargewicht, Lipidlöslichkeit und Proteinbindung beeinflusst. Aminoamid-Lokalanästhetika werden überwiegend durch mikrosomale Enzymsysteme in Lunge und Leber metabolisiert; bei wiederholter oder hochdosierter Anwendung steigt dadurch das Risiko für Akkumulation und Toxizität (26).

Im Rahmen multimodaler Analgesiekonzepte tragen Lokalanästhetika zur Reduktion nozizeptiver Reaktionen bei - intraoperativ im Sinne einer Antinozizeption, postoperativ im Sinne einer verbesserten Analgesie bei. Patienten, die zusätzlich zu systemischen Analgetika eine lokale oder regionale Anästhesie erhalten, zeigen geringere intraoperative Veränderungen von Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck sowie niedrigere postoperative Schmerzwerte als Patienten, die ausschließlich systemisch behandelt werden (29,32). In niedrigen Konzentrationen besitzen viele Lokalanästhetika darüber hinaus antiarrhythmische Eigenschaften; in geringen Dosierungen können zudem antikonvulsive und sedierende Effekte beobachtet werden (31).

Bei erhöhten Plasmaspiegeln können Lokalanästhetika relevante Nebenwirkungen verursachen (Tabelle 4). Gerade bei kleinen Patienten ist daher eine exakte Gewichtsermittlung wichtig, um gegebenenfalls mit niedrigeren Konzentrationen ein ausreichend großes Injektionsvolumen bei gleichzeitig reduziertem Toxizitätsrisikos zu gewährleisten (26,29). Hohe Plasmaspiegel können zentralnervöse und kardiovaskuläre toxische Effekte hervorrufen; die häufigste Ursache ist eine versehentliche intravasale Injektion im Rahmen peripherer oder neuroaxiale Blockaden. Vor jeder Applikation sollte daher aspiriert werden, um eine unbeabsichtigte intravasale Injektion zu vermeiden. Unter den gebräuchlichen Lokalanästhetika ist ausschließlich Lidocain für die intravenöse Anwendung, z.B. als Lidocain-DTI zugelassen. Klinische Symptome einer Toxizität sind dosisabhängig und reichen von Muskelzuckungen und Krampfanfälle über ZNS-Depression, Bewusstlosigkeit und Koma bis hin zu schweren kardialen Arrhythmien, insbesondere ventrikulären Tachykardien, und kardiovaskulärem Kollaps (31).

Lokalanästhetikum	Dosierung	Toxische Dosis
Lidocain	1 – 5 mg/kg	>10 mg/kg
Bupivacain	1 – 2 mg/kg	>2 – 3 mg/kg
Ropivacain	1 – 2 mg/kg	>5 mg/kg

Tabelle 4: Lokalanästhetika und ihre toxischen Dosen

Lokalanästhetika können auf unterschiedliche Weise appliziert werden. Bei topischer Anwendung erfolgt die Aufnahme über Schleimhäute, beispielsweise im Bereich von Auge, Nase oder Larynx, wobei die Eindringtiefe auf etwa 1–2 mm begrenzt ist. Die Infiltrationsanästhesie wird unter anderem entlang chirurgischer Inzisionen angewendet und betrifft je nach Injektionstiefe die dermalen, hypodermalen und muskulären Schichten im unmittelbaren Bereich der Applikation (33) . Bei regionalanästhetischen Verfahren werden periphere Nerven oder Nervenplexus gezielt blockiert, um die Weiterleitung nozizeptive Signale aus einer definierten Körperregion zu unterbrechen. Nervenstimulatoren oder Ultraschall können dabei die Präzision der Wirkstoffdeposition erhöhen, die Effektivität der Blockade verbessern und das erforderliche Volumen des Lokalanästhetikums reduzieren. Die lumbosakrale Epiduralanästhesie ermöglicht eine effektive Analgesie für chirurgische Eingriffe kaudal des Zwerchfells. Maxilläre und mandibuläre Nervenblockaden sind bei dentalen Eingriffen und Operationen im Ober- und Unterkieferbereich besonders wertvoll. Auch eine intraperitoneale Applikation von Lokalanästhetika kann zur perioperativen Analgesie beitragen.

2.2.2.5 Adjuvante Analgetika

2.2.2.5.1 Ketamin

Ketamin ist ein dissoziatives Anästhetikum, dessen analgetische Wirkung vor allem auf einer nicht-kompetitiven und unspezifischen Blockade der NMDA-Rezeptoren beruht (34). Diese werden durch exzitatorische Neurotransmitter wie Glutamat und Glycin aktiviert, die während anhaltender Nozizeption im Rückenmark freigesetzt werden und eine entscheidende Rolle in der Transmission und Modulation nozizeptiver Reize spielen (34). Ketamin wirkt darüber hinaus zentral und peripher an verschiedenen weiteren Rezeptorsystemen, darunter Opioid-, AMPA-, Kainat- und GABA-A-Rezeptoren. Für die Verhinderung zentraler Sensibilisierung sind jedoch insbesondere die Effekte auf NMDA-Rezeptoren von Bedeutung (35).

Die durch Ketamin hervorgerufene dissoziative Anästhesie führt zu einem katalepsieähnlichen Zustand, in dem der Patient auf äußere Reize nicht reagiert, ohne sich dabei in einem klassischen Schlafzustand befindet. In subanästhetische Dosen besitzt Ketamin jedoch einen relevanten analgetischen Effekt, insbesondere bei somatischen oder neuropathischen Schmerzen (36). Durch die Hemmung glutamaterger Aktivierung an NMDA-Rezeptoren kann die Entwicklung zentraler Sensibilisierung verhindert oder zumindest abgeschwächt werden. Daraus ergibt sich auch der rationale Einsatz im Rahmen perioperativer Analgesiestrategien (36).

Ketamin ist insbesondere bei größeren chirurgischen Eingriffen mit zu erwartenden starken postoperativen Schmerzen sowie im Kontext chronischer oder chronifizierungsgefährdeter Schmerzen von klinischem Interesse. Perioperativ wird es häufig in Kombination mit Opioiden oder anderen Analgetika eingesetzt (34). Zu den möglichen Nebenwirkungen gehören Dysphorie, erhöhter Blutdruck und möglicherweise ventrikuläre Arrhythmien, insbesondere bei höheren Infusionsraten (37).

2.2.2.5.2 Gabapentinoide

Gabapentin und Pregabalin sind strukturelle Analoga der Gamma-Aminobuttersäure (GABA), binden jedoch nicht direkt an GABA-Rezeptoren. Der genaue Wirkmechanismus ist bisher noch nicht vollständig geklärt. Es wird angenommen, dass Gabapentinoide über die Beeinflussung spannungsabhängiger Calciumkanäle die Freisetzung exzitatorischer Neurotransmitter wie Glutamat und Substanz P im Dorsalhorn des Rückenmarks reduzieren und damit in die zentrale Schmerzverarbeitung eingreift (38). Für Gabapentin wurde darüber hinaus eine Modulation des absteigenden noradrenergen inhibitorischen Systems beschrieben (34).

Neben ihrem Einsatz bei chronischen Schmerzen werden Gabapentinoide auch zur Reduktion von Angst und Stress während des Transports oder bei Tierarztbesuchen eingesetzt und können in diesem Kontext auch bei akuten Schmerzen als unterstützende Maßnahme dienen (2). In der Kleintiermedizin wurde in den letzten Jahren zunehmend ihr Nutzen bei akuten und postoperativen Schmerzen untersucht, insbesondere im Rahmen multimodaler Analgesiekonzepte, wobei ein opioidsparender Effekt beschrieben wurde (2). Obwohl die Evidenzlage bei Hund und Katze bislang überwiegend auf Expertenmeinungen, Fallberichten und Übersichtsarbeiten beruht, sprechen die verfügbaren Daten dafür, dass die Kombination mit anderen Analgetika sowohl periphere als auch zentrale Sensibilisierungsprozesse nach

chirurgischen Eingriffen reduzieren und den postoperativen Analgetikabedarf senken kann (34,38).

Der Global Pain Council der World Small Animal Veterinary Association empfiehlt daher den perioperativen Einsatz von Gabapentinoiden als adjuvante Maßnahme zur Prävention oder Behandlung postoperativer Schmerzen, insbesondere wenn die Verfügbarkeit anderer Analgetika eingeschränkt ist (2). Die Nebenwirkungen von Gabapentinoiden sind insgesamt als mild einzustufen. Bei Hund und Katze können Sedation und Ataxie auftreten; in Einzelfällen wurde eine weiche Kotkonsistenzen beobachtet, wobei ein kausaler Zusammenhang nicht eindeutig belegt ist. Bei sachgemäßer Anwendung gelten Gabapentinoide als sicherer Wirkstoff für Kleintiere (34).

2.2.2.5.3 Tramadol

Tramadol ist ein synthetisches, zentral wirksames Analgetikum mit dualem Wirkmechanismus: Neben einer schwachen opioidagonistischen Aktivität hemmt es die Wiederaufnahme von Serotonin und Noradrenalin und verstärkt so die deszendierenden inhibitorischen Bahnen im ZNS (34). Die Metabolisierung erfolgt über Cytochrom-P450-Enzyme unter Bildung aktiver Metaboliten. Da Expression und Aktivität dieser Enzyme individuell variiert, schwankt auch die analgetische Wirkung interindividuell erheblich – von fehlender Wirksamkeit bis hin zu verstärkten Nebenwirkungen (34). Beim Menschen ist der Metabolit O-Desmethyltramadol, ein vollständiger μ-Rezeptoragonist, hauptverantwortlich für den opioid-vermittelten analgetischen Effekt. Katzen bilden ebenfalls relativ hohe Konzentrationen dieses Metaboliten, was die gute analgetische Wirksamkeit bei dieser Spezies erklärt (26). Hunde und Pferde hingegen produzieren nur sehr geringe Mengen an O-Desmethyltramadol, so dass die schmerzlindernde Wirkung bei diesen Tierarten wahrscheinlich deutlich schwächer ausfällt (34,39,40). Die Wirksamkeit von Tramadol beim Hund wird daher in der Literatur kontrovers diskutiert: Während einige Studien keinen signifikanten analgetischen Nutzen belegen, berichten andere über positive Effekte im multimodalen Einsatz (41–43). In der klinischen Praxis wird Tramadol weiterhin zur Behandlung akuter und chronischer Schmerzen eingesetzt, insbesondere bei länger andauernden postoperativen Schmerzsyndromen (34). Zu die relevanten Nebenwirkungen zählt insbesondere das Risiko einer Serotonin-Toxizität, die sich durch gesteigerte neuromuskuläre Übererregbarkeit, Tachykardie, Fieber, Tachypnoe und Agitation äußern kann. Bei längerfristiger Gabe können zudem gastrointestinale Nebenwirkungen auftreten; bei Katzen wurde außerdem Sedierung beschrieben (34).

2.2.2.5.4 Paracetamol

Paracetamol, auch als Acetaminophen bezeichnet, ist ein nicht-opioides Analgetikum mit analgetischen und antipyretischen Eigenschaften, das in der Veterinärmedizin gelegentlich im perioperativen Schmerzmanagement eingesetzt wird (44). In manchen pharmakologischen Klassifikationen wird es den NSAIDs zugeordnet; die antiinflammatorische Wirkung ist jedoch gering, was es von den klassischen NSAIDs unterscheidet. Seine analgetischen und antipyretischen Effekte beruhen hauptsächlich auf einer Hemmung der Prostaglandinsynthese im zentralen Nervensystem (26,44,45).

Der genaue Wirkmechanismus von Paracetamol ist nicht vollständig geklärt (45,46). Diskutiert wird unter anderem die Hemmung einer zentral lokalisierten Cyclogenase-Variante, die als COX-3-Isoenzym beschrieben und möglicherweise die zentral vermittelte analgetische Wirkung erklären könnte (46). Paracetamol wird überwiegend hepatisch metabolisiert. Ein kleiner Anteil wird über Cytochrom-P450-Enzyme in den reaktiven Metaboliten N-Acetyl-p-benzochinonimin (NAPQI) umgewandelt, der unter normalen Bedingungen durch Konjugation mit Glutathion entgiftet wird (47). Bei Überdosierung oder eingeschränkter Glutathionverfügbarkeit kann dieser Metabolit akkumulieren und hepatotoxische Effekte verursachen (47).

In der Kleintiermedizin wird Paracetamol vor allem dann eingesetzt, wenn klassische NSAIDs kontraindiziert sind oder nicht vertragen werden. Häufig erfolgt die Anwendung als Bestandteil multimodaler Analgesieprotokolle (26,44,45). Beim Hund liegt die übliche Dosierung bei etwa 10-15 mg/kg alle acht Stunden; eine orale wie intravenöse Applikation ist möglich. Als Nebenwirkungen wurden gastrointestinale, hepatische, renale und hämatologische Veränderungen beschrieben, wobei gastrointestinale und hepatische Nebenwirkungen klinisch am relevantesten sind (44). Wie andere hepatisch metabolisierte Analgetika sollte Paracetamol nicht bei Patienten mit bestehenden Lebererkrankungen eingesetzt werden (26).

Die toxikologischen Eigenschaften unterscheiden sich deutlich zwischen Hund und Katze. Beim Hund treten toxische Effekte in der Regel erst bei deutlich höheren Dosierungen, typischerweise oberhalb von 100mg/kg, auf (45). Katzen reagieren hingegen wesentlich empfindlicher, auf den Wirkstoff, da ihnen bestimmte Glucuronyltransferasen fehlen und dadurch die Glucuronidierung eingeschränkt ist. In der Folge kommt es vermehrt zur Bildung toxischer Metaboliten, die Methämoglobinbildung, Zyanosen, Gesichts- und Pfotenschwellungen sowie schwere Leberschäden verursachen können. Paracetamol gilt daher bei Katzen als kontraindiziert(26,45,47).

2.2.2.5.5 Metamizol

Metamizol, auch als Dipyrone bezeichnet, ist ein nicht-opioides Analgetikum mit ausgeprägten analgetischen, antipyretischen und spasmolytischen Eigenschaften, während seine antiinflammatorische Wirkung nur gering ausgeprägt ist (48,49). Der Wirkmechanismus von Metamizol ist komplex und bislang noch nicht vollständig geklärt. Anders als klassische NSAIDs scheint die analgetische Wirkung nicht primär auf einer peripheren Hemmung der COX-1- oder COX-2-Enzyme zu beruhen, sondern vor allem auf zentrale Mechanismen. Diskutiert werden eine mögliche Hemmung von COX-3 sowie zusätzliche Einflüsse auf das opioiderge sowie das endocannabinoide System (48). Hinsichtlich gastrointestinaler Nebenwirkungen gilt Metamizol im Vergleich zu den herkömmlichen NSAIDs als relativ gut verträglich. Zu den am häufigsten beschriebenen unerwünschten Wirkungen zählen Übelkeit, Erbrechen, abdominale Schmerzen und Diarrhö (48). Insgesamt bestehen im Vergleich zu Opioiden oder NSAIDs nur wenige Kontraindikationen für den Einsatz von Metamizol (48). Ein weiterer pharmakologischer Effekt von Metamizol betrifft die Hämostase. Es konnte gezeigt werden, dass Metamizol die Thrombozytenaggregation für einen Zeitraum von etwa drei Stunden hemmen kann. Bei Hunden ohne vorbestehende Gerinnungsstörung dies jedoch nicht zwangsläufig mit einem erhöhten Blutungsrisiko einherzugehen (50). Darüber hinaus zeigen klinische Studien, dass Metamizol im perioperativen Zeitraum eine gute analgetische Wirksamkeit zeigt. So konnte gezeigt werden, dass die intravenöse Verabreichung von Metamizol in einer Dosierung von 25 oder 35 mg/kg eine ausreichende postoperative Analgesie bei Hündinnen nach OHE gewährleisten kann (49).

2.2.2.5.6 Maropitant

Maropitant ist ein Neurokinin-1-Rezeptor-Antagonist, der in der Veterinärmedizin primär als Antiemetikum eingesetzt wird. Seine antiemetische Wirkung beruht auf Blockade der Wirkung von Substanz P im Brechzentrum (2,51). Da Substanz P jedoch auch in nozizeptiven Signalwegen eine wichtige Rolle spielt, wird Maropitant zunehmend auch im Hinblick auf potenzielle analgetische Effekte untersucht, insbesondere bei viszeralen Schmerzen (2,51). Experimentelle und klinische Studien deuten darauf hin, dass Maropitant intraoperative Schmerzreaktionen reduzieren und den postoperativen Komfort verbessern kann (52–54). In einem viszeralen Schmerzmodell beim Hund führte die intravenöse Verabreichung von 1 mg/kg zu einer Reduktion der minimalen alveolären Konzentration (MAC) von Sevofluran um etwa 24% und zu einer verminderten Reaktion auf nozizeptive Stimuli am Ovar bzw. Ovarialband (52). Auch bei Hündinnen nach Ovariohysterektomie wurden positive Effekte auf die Kontrolle

viszeraler Schmerzen beschrieben, ohne dass jedoch ein signifikanter Einfluss auf entzündliche Prozesse nachgewiesen werden konnte (54). Die Datenlage ist jedoch noch begrenzter als bei klassischen Analgetika, sodass Maropitant derzeit vor allem als ergänzendes Adjuvans und nicht als primäres Analgetikum betrachtet werden sollte.

2.3 Zusammenfassung und klinische Empfehlung

Die moderne perioperative Schmerztherapie in der Kleintiermedizin beruht auf einem multimodalen Ansatz, bei dem Analgetika mit komplementären Wirkmechanismen kombiniert werden. Die Kombination von Opioiden, nichtsteroidalen Antiphlogistika, Lokalanästhetika und adjuvanten Substanzen ermöglicht eine bessere Analgesie bei geringerem Nebenwirkungsrisiko (6,22).
Für die klinische Praxis lassen sich mehrere Grundprinzipien ableiten: Die Schmerztherapie sollte auf den chirurgischen Eingriff und den individuellen Patienten abgestimmt sein. Ein präventiver Ansatz ist sinnvoll, da periphere oder zentraler Sensibilisierungsprozesse am ehesten verhindert werden können, wenn frühzeitig mit der Analgesie begonnen wird. Da die Rekonvaleszenz nicht mit der Entlassung endet, ist auch die Besitzerkommunikation wichtig – insbesondere zur häuslichen Schmerzbeurteilung und Weiterführung der Analgesie. Die Implementierung evidenzbasierter Schmerzprotokolle bleibt eine Voraussetzung für die Optimierung des Patientenwohls und der klinischen Behandlungsergebnisse. Nur durch eine strukturierte, wissenschaftlich fundierte Herangehensweise kann eine bestmögliche Schmerztherapie in der Veterinärmedizin gewährleistet werden.

3 Methode

3.1 Suchstrategie und Datenbanken

Die systematische Literaturrecherche wurde im Januar 2026 gemäß den PRISMA-Guidelines (Preferred Reporting Items for Systematic and Meta-Analyses) durchgeführt. Ziel der Recherche war es, relevante wissenschaftliche Publikationen zum perioperativen Schmerzmanagement bei häufigen chirurgischen Eingriffen bei Hund und Katze zu identifizieren. Die Literatursuche erfolgte in den elektronischen Datenbanken: PubMed, CAB Abstracts sowie Google Scholar. Der Suchzeitraum umfasste Publikationen aus den Jahren 2010 bis einschließlich 2025.
Die Suchstrategie basierte auf relevanten Schlüsselbegriffen zum perioperativen Schmerzmanagement, die mithilfe Boolescher Operatoren (AND, OR, NOT) kombiniert

wurden, um eine möglichst präzise und gleichzeitig umfassende Suche zu ermöglichen. Für jede Datenbank wurde ein standardisierter Suchstring erstellt, der anschließend durch eingriffsspezifische Begriffe ergänzt wurde.
Die verwendeten Suchstrings für die jeweiligen Datenbanken und Eingriffe sind in den entsprechenden Tabellen dargestellt.

3.2 OHE / Ovariektomie

Datenbank	**Suchstring (eingriffsspezifische Terme kursiv)**
Google Scholar	("perioperative pain management" OR "pain management") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (surgery) AND (ovariohysterectomy OR ovariectomy) AND (female OR bitch)* -human *-male*
PubMed	("Perioperative Care"[Mesh] OR "Pain Management"[Mesh] OR "perioperative pain management") AND ("Analgesia"[Mesh] OR analgesia OR "multimodal analgesia" OR "Anesthesia, Local"[Mesh] OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND ("Dogs"[Mesh] OR "cats"[mesh] OR dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (ovariohysterectomy OR ovario-hysterectomy OR ovariectomy)* NOT ("Humans"[Mesh])
CAB Abstracts	("perioperative care" OR "perioperative pain management" OR "pain management" OR "pain") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (ovariohysterectomy OR ovario-hysterectomy OR spay)* NOT (human) *NOT (male)*

Tabelle 5: Suchstring OHE

3.3 Kastration

Datenbank	**Suchstring (eingriffsspezifische Terme kursiv)**
Google Scholar	("perioperative pain management" OR "pain management") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (surgery) AND (castration OR spay OR orchiectomy) AND (male)* -human *-female*
PubMed	("Perioperative Care"[Mesh] OR "Pain Management"[Mesh] OR "perioperative pain management" OR pain OR "Pain"[Mesh]) AND

	("Analgesia"[Mesh] OR analgesia OR "multimodal analgesia" OR "Anesthesia, Local"[Mesh] OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND ("Dogs"[Mesh] OR "Cats"[Mesh] OR dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("Castration"[Mesh] OR Spay OR Orchiectomy OR Castration) AND ("Male"[Mesh] OR male OR males)* NOT ("Humans"[Mesh]) *NOT ("Female"[Mesh])*
CAB Abstracts	("perioperative care" OR "perioperative pain management" OR "pain management" OR "pain") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (male) AND (orchiectomy OR castration OR spay*)* NOT (human) *NOT (female)*

Tabelle 6: Suchstring Kastration

3.4 Zahnextraktion

Datenbank	**Suchstring (eingriffsspezifische Terme kursiv)**
Google Scholar	("perioperative pain management" OR "pain management") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (surgery OR oral surgery OR "dental surgery") AND ("tooth extraction" OR "dental extraction")* -human
PubMed	("Perioperative Care"[Mesh] OR "Pain Management"[Mesh] OR "perioperative pain management" OR pain OR "Pain"[Mesh]) AND ("Analgesia"[Mesh] OR analgesia OR "multimodal analgesia" OR "Anesthesia, Local"[Mesh] OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND ("Dogs"[Mesh] OR "Cats"[Mesh] OR dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("Tooth Extraction"[Mesh] OR tooth extraction OR dental extraction OR dental surgery OR oral surgery OR "Oral Surgical Procedures"[Mesh])* NOT ("Humans"[Mesh])
CAB Abstracts	("perioperative care" OR "perioperative pain management" OR "pain management" OR "pain") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND (dental surgery OR "tooth extraction" OR "dental extraction")* NOT (human)

Tabelle 7: Suchstring Zahnextraktion

3.5 TPLO/TTA (Kreuzbandchirurgie)

Datenbank	**Suchstring (eingriffsspezifische Terme kursiv)**

Google Scholar	("perioperative pain management" OR "pain management") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) AND *("TPLO" OR "Tibia Plateau Leveling" OR "TTA" OR "Tibial Tuberosity Advancement")* -human
PubMed	("Perioperative Care"[Mesh] OR "Pain Management"[Mesh] OR "perioperative pain management" OR pain OR "Pain"[Mesh]) AND ("Analgesia"[Mesh] OR analgesia OR "multimodal analgesia" OR "Anesthesia, Local"[Mesh] OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND ("Dogs"[Mesh] OR "Cats"[Mesh] OR dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("TPLO" OR "Tibia Plateau Leveling" OR "TTA" OR "Tibial Tuberosity Advancement")* NOT ("Humans"[Mesh])
CAB Abstracts	("perioperative care" OR "perioperative pain management" OR "pain management" OR "pain") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("TPLO" OR "Tibia Plateau Leveling" OR "TTA" OR "Tibial Tuberosity Advancement")* NOT (human)

Tabelle 8: Suchstring TPLO/TTA

3.6 Mastektomie

Datenbank	**Suchstring (eingriffsspezifische Terme kursiv)**
Google Scholar	("perioperative pain management" OR "pain management") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("mastectomy" OR "tumor excision" OR "mass removal" OR "tumor removal")* -human
PubMed	("Perioperative Care"[Mesh] OR "Pain Management"[Mesh] OR "perioperative pain management" OR pain OR "Pain"[Mesh]) AND ("Analgesia"[Mesh] OR analgesia OR "multimodal analgesia" OR "Anesthesia, Local"[Mesh] OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND ("Dogs"[Mesh] OR "Cats"[Mesh] OR dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("mastectomy" OR "Mastectomy"[Mesh] OR "tumor excision" OR "mass removal" OR "tumor removal")* NOT ("Humans"[Mesh])
CAB Abstracts	("perioperative care" OR "perioperative pain management" OR "pain management" OR "pain") AND (analgesia OR "multimodal analgesia" OR "local anaesthesia" OR "local anesthesia") AND (dog OR dogs OR canine OR cat OR cats OR feline) *AND ("mastectomy" OR "tumor excision" OR "mass removal" OR "tumor removal")* NOT (human)

Tabelle 9: Suchstring Mastektomie

3.7 Ein- und Ausschlusskriterien

Vor Beginn der Literaturrecherche wurden klare Ein- und Ausschlusskriterien definiert, um die Relevanz und Qualität der identifizierten Studien sicherzustellen.

Einschlusskriterien:

- Tierart: Hund und/oder Katze
- Publikation in englischer oder deutscher Sprache
- Peer-reviewed Artikel, klinische Studien, randomisierte kontrollierte Studien (RCTs), systematische Reviews, oder Meta-Analysen
- Fokus auf perioperatives Schmerzmanagement bei den fünf ausgewählten chirurgischen Eingriffen

Ausschlusskriterien:

- Untersuchungen an anderen Spezies als Hund und Katze
- Experimentelle Schmerzmodelle ohne klinische Relevanz
- Fallberichte mit weniger als drei Patienten
- Keine oder unzureichende Beschreibung der Analgesieverfahren
- Untersuchung nicht-chirurgische Schmerzmodelle
- Humanmedizinischen Fokus
- Kongressabstracts ohne Volltext
- Publikationen in anderer Sprache als Englisch oder Deutsch

3.8 Studienselektion und PRISMA-Workflow

Die Studienselektion erfolgte durch eine einzelne Person in mehreren aufeinanderfolgenden Screening Schritten gemäß dem PRISMA-Workflow. Im Rahmen der initialen Literaturrecherche wurden über alle Datenbanken und untersuchten chirurgischen Eingriffen hinweg insgesamt 1527 Publikationen identifiziert. Im ersten Screening-Schritt (Pre-screening, P1) wurden Titel und Abstracts der identifizierten Studien überprüft. Dabei wurden 1057 Studien ausgeschlossen, hauptsächlich aufgrund mangelnder thematischer Relevanz oder fehlendem Bezug zum perioperativen Schmerzmanagement. Nach diesem Schritt verblieben 470 Publikationen. Anschließend wurden die verbleibenden Studien wurden auf Duplikate überprüft. Dabei wurden 74 doppelt vorhandene Publikationen identifiziert und entfernt, sodass 396 Publikationen für das weitere Screening zur Verfügung standen. Im nächsten Schritt

(detailliertes Screening, P2) wurden diese Publikationen anhand der definierten Ein-und Ausschlusskriterien bewertet. Dabei wurden 144 Studien ausgeschlossen, beispielsweise aufgrund eines ungeeigneten Studiendesigns oder fehlendem Bezug zu den untersuchten chirurgischen Eingriffen. Die verbleibenden 252 Studien wurden anschließend einer Volltextanalyse (P3) unterzogen. Im Rahmen dieser detaillierten Prüfung wurden weitere 60 Studien ausgeschlossen, unter anderem aufgrund einer unzureichenden Beschreibung der Analgesieverfahren oder fehlender klinischer Relevanz. Nach Abschluss aller Screening-Schritte wurden insgesamt 192 Studien in die finale qualitative Analyse eingeschlossen. Der gesamte Selektionsprozess ist im PRISMA-Flussdiagramm dargestellt (siehe Abbildung 2).

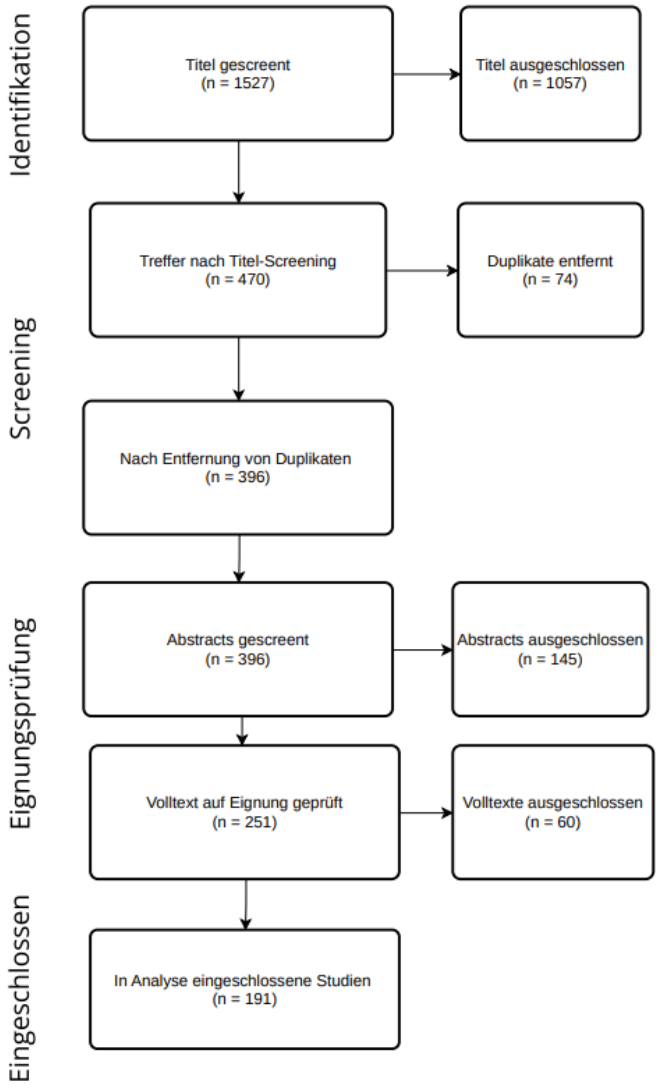


Abbildung 2: PRISMA-Flussdiagramm

3.9 Datenextraktion und Datenanalyse

Aus den eingeschlossenen Studien wurden relevante Informationen systematisch extrahiert und in einer strukturierten Tabelle erfasst. Dabei wurden insbesondere folgende Daten erhoben:

- Bibliographische Angaben: Autor(en), Erscheinungsjahr, Publikationstyp
- Studiendesign
- Untersuchte Tierart und Patienteneigenschaften (Spezies, Alter, Rasse, Gewicht)
- Art des chirurgischen Eingriffs
- Verwendete Analgetika und Dosierungen
- Zeitpunkt der Analgetikagabe (präoperativ, intraoperativ, postoperativ)
- Angewendete lokoregionale Analgesieverfahren
- Vorhandene Vergleichs- oder Kontrollgruppe
- Outcome-Parameter: Schmerz-Scores, Bedarf an Rescue-Analgesien, physiologische Parameter, Nebenwirkungen
- Hauptergebnisse und Schlussfolgerungen

Zur besseren Übersicht wurden die Studien anschließend thematisch gruppiert. Die Einteilung erfolgte in folgenden Kategorien:

- Lokoregionale Anästhesieverfahren: Epiduralanästhesie, Nervenblockade, Wundinfiltration
- Systemische Analgetika: Opioide, NSAIDs, α2-Agonisten, andere Substanzklassen
- Multimodale Analgesieprotokolle: Kombinationen verschiedener Analgetika und Techniken

Aufgrund der teilweise erheblichen Unterschiede zwischen den eingeschlossenen Studien hinsichtlich Studiendesign, Interventionen, Outcome-Parametern und Messmethoden wurde keine quantitative Meta-Analyse durchgeführt. Stattdessen erfolgte eine qualitative Zusammenfassung der vorhandenen Evidenz.

3.10 Methodische Limitationen

Bei der Interpretation der Ergebnisse sollten mehrere methodische Limitationen berücksichtigt werden.

Die Studienselektion und Datenextraktion wurden von einer einzelnen Person durchgeführt. Dadurch besteht ein erhöhtes Risiko für Selektionsbias sowie mögliche Fehler bei der Datenextraktion. Ein Vorgehen mit zwei unabhängigen Reviewern wäre methodisch robuster gewesen.

Darüber hinaus wurde keine formale Bewertung des Bias-Risikos der eingeschlossenen Studien wurde nicht durchgeführt, was die Einschätzung der Qualität der Evidenz eingeschränkten kann.

Ein weiterer limitierender Faktor ist die teilweise hohe Heterogenität der eingeschlossenen Studien hinsichtlich Studiendesign, Methodik, Outcome-Parametern und Qualität. Diese Unterschiede erschweren eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Zudem wurden ausschließlich Publikationen in englischer oder deutscher Sprache berücksichtigt. Dadurch besteht die Möglichkeit einer sogenannten Language Bias, da relevante Studien in anderer Sprache möglicherweise nicht erfasst wurden. Schließlich beschränkte sich die Literaturrecherche auf drei Datenbanken. Die Einbeziehung weiterer Datenbanken (z.B. Scopus, Web of Science) hätte möglicherweise zusätzliche relevante Studien identifizieren können. Auch graue Literatur, wie beispielsweise Kongressabstracts ohne Volltext oder nicht peer-reviewte Dissertationen, wurden nicht systematisch berücksichtigt. Dadurch besteht die Möglichkeit eines Publikationsbias, da Studien mit nicht signifikanten Ergebnissen seltener in peer-reviewten Fachzeitschriften publiziert werden.

4 Ergebnisse

4.1 Übersicht der Suchergebnisse

Die systematische Literaturrecherche identifizierte insgesamt 1527 Publikationen in den drei Datenbanken PubMed, CAB Abstracts und Google Scholar. Nach der Entfernung von Duplikaten verblieben 1.203 Publikationen für das anschließende Titel- und Abstract-Screening.

Im ersten Screening wurden 876 Publikationen ausgeschlossen, da sie die definierten Einschlusskriterien nicht erfüllten. Die verbleibenden 327 Publikationen wurden anschließend im Volltext geprüft. Nach Anwendung der zuvor festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien wurden schließlich 191 Studien in die qualitative Analyse eingeschlossen (Tabelle 10).

Phase	**Anzahl Publikationen**	**Ausgeschlossen**	**Grund**
Initiale Suche	1527	-	-
Nach Prescreening (P1)	470	1063	Mangelnde thematische Relevanz
Nach Duplikatentfernung	396	74	Duplikate
Nach detailliertem Screening (P2)	251	145	Einschlusskriterien nicht erfüllt
Nach Volltextanalyse (P3)	191	60	Unzureichende Beschreibung, fehlende klinische Relevanz

Tabelle 10: Gesamtübersicht der Screening-Phasen

Die Einschlussrate von 12,5 % (191 von 1527 initial identifizierten Publikationen) deutet darauf hin, dass die verwendete Suchstrategie eine angemessene thematische Präzision aufwies.

4.1.1 Charakteristika der eingeschlossenen Studien

Die Verteilung der 191 eingeschlossenen Studien auf die fünf untersuchten chirurgischen Eingriffe sind nachfolgend beschrieben und in Tabelle 11 detailliert dargestellt.

4.1.2 Ovariohysterektomie und Ovariektomie (OHE/OE)

Die OHE und OE stellten mit 93 eingeschlossenen Studien (48,4% aller inkludierten Studien) den am umfangreichsten untersuchten chirurgischen Eingriff dar. Dies spiegelt die hohe klinische Relevanz und Häufigkeit dieser Routineeingriffe in der Kleintierpraxis wider. Von den initial 439 identifizierten Publikationen wurden 194 (44,2%) in das Prescreening eingeschlossen, was auf eine gute thematische Übereinstimmung der Suchstrategie hindeutet.

4.1.3 Kastration (Rüde und Kater)

Für die Kastration männlicher Tiere wurden 21 Studien (10,9%) eingeschlossen. Von initial 353 identifizierten Publikationen gelangten nur 72 (20,4%) in das Prescreening, was eine niedrigere Präzision der Suchstrategie für diesen Eingriff andeutet. Die deutlich geringere Anzahl im Vergleich zur OHE/OE könnte darauf hindeuten, dass die Kastration als weniger schmerzhafter Eingriff wahrgenommen wird oder dass weniger wissenschaftliches Interesse an diesem Thema besteht.

4.1.4 Zahnextraktion

Mit nur 12 eingeschlossenen Studien (6,3%) war die Zahnextraktion der am wenigsten untersuchter Eingriff in dieser systematischen Literaturrecherche. Von 252 initial identifizierten Publikationen wurden 46 (18,2%) in das Prescreening eingeschlossen. Dies deutet auf eine erhebliche Evidenzlücke im Bereich des perioperativen Schmerzmanagements bei dentalen Eingriffen in der Kleintiermedizin hin.

4.1.5 Kreuzbandchirurgie (TPLO/TTA)

Für die Kreuzbandchirurgie wurden 37 Studien (19,3%) eingeschlossen. Die hohe Einschlussrate nach dem Prescreening (82 von 115, entsprechend 71,3 %) deutet darauf hin, dass die Suchstrategie für diesen Eingriff besonders präzise war. Die spezifischen Begriffe "TPLO OR Tibia Plateau Leveling OR TTA OR Tibial Tuberosity Advancement" ermöglichten eine gezielte Identifikation relevanter Literatur zu diesen orthopädischen Eingriffen.

4.1.6 Mastektomie und Tumorexzision

Für Mastektomie und Tumorexzision wurden 28 Studien (14,6%) eingeschlossen. Die hohe Anzahl an Duplikaten (24 von 368 initialen Treffern, 6,5%) deutet auf eine erhebliche Überschneidung zwischen den Datenbanken bei diesem Thema hin.

Eingriff	**Initiale Treffer**	**nach P1**	**nach P2**	**Volltext (P3)**	**Inkludiert**	**Duplikate**
Ovariohysterektomie / Ovariektomie (OHE/OE)	439	194 (44,2%)	124	124	93 (48,4%)	25
Kastration (Rüde/Kater)	353	72 (20,4%)	28	28	21 (10,9%)	9
Zahnextraktion	252	46 (18,3%)	25	25	12 (6,3%)	4
TPLO/TTA (Kreuzbandchirurgie)	115*	82 (71,3%)	39	39	37 (19,3%)	12
Mastektomie	368	76 (20,7%)	35	35	28 (14,6%)	24
Gesamt	**1.527***	**470**	**251**	**251**	**191**	**74**

P1 = nach Prescreening; P2 = nach Relevanzbewertung; Inkludiert = nach Volltextprüfung; Prozentangaben in Klammern beziehen sich auf die Gesamtzahl der inkludierten Studien bzw. auf die initiale Trefferzahl pro Eingriff
Tabelle 11: Übersicht der Suchergebnisse und Studienselektion nach Eingriff

4.1.7 Charakteristika der eingeschlossenen Studien

Die 192 eingeschlossenen Studien wurden thematisch gruppiert, um eine strukturierte Darstellung der vorhandenen Evidenz zum perioperativen Schmerzmanagement zu ermöglichen. Die Einteilung erfolgte nach den Hauptkategorien (1) lokoregionale Anästhesieverfahren, (2) systemische Analgetika und (3) multimodale Analgesieprotokolle.

4.1.8 Verteilung nach Studientyp

Hinsichtlich des Studiendesigns waren randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) am häufigsten vertreten (n = 161, 84,3%), gefolgt von prospektiven Kohortenstudien (n = 13, 6,8%), retrospektiven Studien (n = 5, 2,6%) und systematische Reviews (n = 12, 6,3%).

4.1.9 Untersuchte Analgesieverfahren

Die extrahierten Daten zeigten, dass die eingeschlossenen Studien ein breites Spektrum analgetischer Verfahren untersuchten:

Lokoregionale Anästhesieverfahren:

- Epiduralanästhesie (häufig bei OHE, Mastektomie)
- Intratestikuläre und intrafunikuläre Blockaden (bei Kastration)
- Dentalblockaden (Infraorbital-, Mandibular-, Maxillarblockaden bei Zahnextraktionen)
- Periphere Nervenblockaden (Femoral-, Sciatic-Blockaden bei TPLO/TTA)
- Wundinfiltration mit Lokalanästhetika

Systemische Analgetika:

- Opioide (Morphin, Methadon, Fentanyl, Buprenorphin, Tramadol)
- Nicht-steroidale Antiphlogistika (NSAIDs): Carprofen, Meloxicam, Robenacoxib, Firocoxib
- α2-Agonisten (Dexmedetomidin, Medetomidin)
- Ketamin (als NMDA-Antagonist)
- Gabapentinoide (Gabapentin, Pregabalin)
- Lidocain (systemisch als Infusion)

Multimodale Analgesieprotokolle:

Ein erheblicher Anteil der Studien untersuchte multimodale Ansätze, die verschiedene Analgetika und Techniken kombinierten, um synergistische Effekte zu erzielen und Nebenwirkungen zu minimieren.

4.1.10 Outcome-Parameter

Die eingeschlossenen Studien verwendeten verschiedene Outcome-Parameter zur Bewertung der Analgesiequalität:

- Schmerz-Scores: Glasgow Composite Measure Pain Scale (GCMPS), Visual Analog Scale (VAS), Numeric Rating Scale (NRS), University of Melbourne Pain Scale (UMPS)
- Rescue-Analgesie: Häufigkeit und Zeitpunkt der Verabreichung zusätzlicher Analgetika
- Physiologische Parameter: Herzfrequenz, Atemfrequenz, Blutdruck
- Verhaltensparameter: Aktivität, Interaktion, Futteraufnahme, Vokalisierung
- Nebenwirkungen: Sedation, gastrointestinale Effekte, kardiovaskuläre Effekte

4.1.11 Tierartspezifische Unterschiede

Die Mehrheit der Studien wurde an Hunden durchgeführt (n = 126, 66 %), während Studien an Katzen deutlich unterrepräsentiert waren (n = 57, 29,8%). Dies spiegelt eine allgemeine Tendenz in der veterinärmedizinischen Forschung wider und deutet auf einen Bedarf an mehr katzenspezifischer Schmerzforschung hin.

4.3.5. Zeitliche Trends

Die Verteilung der Publikationen über den Zeitraum 2010–2025 zeigte ein zunehmendes wissenschaftliches Interesse am perioperativen Schmerzmanagement in der Kleintiermedizin. Insbesondere in den letzten Jahren (2020–2025) wurde ein Anstieg der Publikationen zu multimodalen Analgesieprotokollen und lokoregionalen Techniken beobachtet.

4.1.12 Evidenzlücken

Die qualitative Synthese identifizierte mehrere Evidenzlücken:

- Zahnextraktionen: Mit nur 12 eingeschlossenen Studien besteht ein erheblicher Bedarf an weiterer Forschung zum Schmerzmanagement bei dentalen Eingriffen.
- Kastration männlicher Tiere: Die geringe Anzahl von Studien (21) deutet darauf hin, dass dieser häufige Eingriff in der Schmerzforschung unterrepräsentiert ist.
- Katzenspezifische Studien: Katzen waren in vielen Studien unterrepräsentiert, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf diese Spezies einschränkt.
- Langzeit-Outcomes: Die Mehrheit der Studien fokussierte sich auf die unmittelbare postoperative Phase (24–72 Stunden), während Langzeit-Outcomes und chronische Schmerzen seltener untersucht wurden.
- Vergleichende Studien: Direkte Vergleiche verschiedener Analgesieverfahren innerhalb desselben chirurgischen Eingriffs waren begrenzt.
- Standardisierung der Outcome-Messung: Die Heterogenität der verwendeten Schmerz-Scores und Messzeitpunkte erschwert die Vergleichbarkeit zwischen Studien.

4.2 Ovariohysterektomie / Ovariektomie

4.2.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika

Patienten, die für eine Ovariohysterektomie (OHE) oder Ovariektomie (OE) vorgestellt werden, sind überwiegend junge, klinisch gesunde Tiere, die in der Regel dem ASA-Status I zugeordnet werden können. Es können jedoch auch ältere Tiere mit systemischen Vorerkrankungen wie Pyometra oder Metritis vorstellig werden (55). Bei der OHE werden Ovarien und Uterus entfernt, bei der OE ausschließlich die Ovarien. Sowohl die OHE als auch die OE werden zur Kontrolle der Fortpflanzung sowie aus präventiven und therapeutischen Gründen durchgeführt. Zu den Hauptindikationen gehören die Verhinderung unerwünschter Nachkommen und des Östrus, die Reduktion des Risikos für Mammatumore sowie die Behandlung reproduktionsassoziierter Erkrankungen und kongenitaler Anomalien (56).

Für die Durchführung der OHE bzw. der OE werden verschiedene chirurgische Techniken beschrieben. Dazu zählen die mediane Laparotomie, der Flankenzugang und minimalinvasive laparoskopische Verfahren. Insbesondere laparoskopische Techniken sind mit einem geringeren Weichteiltrauma verbunden und führen in der Regel zu geringeren postoperativen Schmerzen, was auf eine kleinere Inzision, reduzierte Gewebemanipulation und eine geringere Entzündungsreaktion zurückgeführt wird (57,58). Je nachdem welcher Zugang für die OHE/OE gewählt wird, ist meist mit moderaten postoperativen Schmerzen zu rechnen. Ihre Ausprägung ist dabei wesentlich vom Ausmaß des chirurgischen Traumas und individuellen Patientenfaktoren abhängig bzw. beeinflusst (55,2).

Charakteristisch für diesen Eingriff ist eine Kombination aus somatischen und viszeralen Schmerzkomponenten. Der somatische Schmerz ist das Resultat der Haut- und Muskelinzisionen und führt postoperativ zu Wund- und Entzündungsschmerz. Demgegenüber wird der viszerale Schmerz vor allem durch die Ligatur und Durchtrennung der Ovarialpedikel sowie durch mechanisches Trauma des Peritoneums verursacht. Intraoperativ sind das Herausziehen und Ligieren der Ovarien und ihrer Gefäßpedikel die Phasen mit den höchsten messbaren physiologischen Stress- und Schmerzreaktionen, was sich unter anderem in Veränderungen kardiovaskulärer Parameter widerspiegelt (59). Postoperativ ist aufgrund der Entzündungsreaktion und der Gewebereparaturprozesse von einem mehrtägigen Schmerzgeschehen auszugehen. Ohne eine im besten Fall bedarfsangepasste adäquate Analgesie kann dieses das Wohlbefinden der Tiere erheblich beeinträchtigen (2).

4.2.2 Präoperative Analgesie

Ziel des präoperativen Schmerzmanagement sollte es sein bereits vor dem ersten chirurgischen Stimulus eine effektive Antinozizeption zu etablieren, um die Entstehung und Verstärkung zentraler Sensibilisierungsprozesse, die Vorstufen eines chronischen Schmerzgedächtnisse, bestmöglich zu verhindern. Dieses Vorgehen ist präemptiv oder präventiv und trägt wesentlich dazu bei, intraoperativ eine kardiovaskulär stabilere Anästhesie zu ermöglichen, postoperative Schmerz zu reduzieren und den Bedarf an Rescue-Analgesie zu senken. Dementsprechend wird für die OHE/OE generell ein multimodales Anästhesie- und Analgesiekonzept empfohlen, bei dem verschiedene Wirkstoffklassen mit unterschiedlichen Angriffspunkten entlang des nozizeptiven Signalwegs kombiniert werden (2).

Da die OHE ebenso wie die Kastration zu den am häufigsten durchgeführten elektiven Eingriffen bei Hunden und Katzen zählt, haben sich in der klinischen Praxis zahlreiche standardisierte Protokolle etabliert. Diese bestehen meistens aus einer multimodalen Kombination aus Sedativa und Analgetika, mit der Intension sowohl eine ausreichende Sedierung als auch eine zuverlässige perioperative Schmerzausschaltung zu erhalten. Diese Protokolle unterscheiden sich in ihrer grundsätzlichen Struktur meist weniger als in der Auswahl einzelner Wirkstoffe innerhalb derselben Wirkstoffgruppen. Ein häufig eingesetztes Beispiel ist das sogenannte „Doggy/Kitty Magic“, das in der Regel ein Opioid, einen Alpha-2-Agonisten und Ketamin umfasst. Diese Medikamentenkombination kann sowohl zur Prämedikation als auch zur Einleitung und Aufrechterhaltung der Anästhesie eingesetzt werden. Auch Acepromazin kann ergänzend verabreicht werden, wobei dessen Einsatzhäufigkeit zwischen den Spezies variiert und bei Katzen deutlich weniger verwendet wird als bei Hunden (2,60). Ein ähnliches Konzept stellt das von der RSPCA Greater Manchester Animal Hospital sowie von Shah et al. beschriebene modifizierte QUAD-Protokoll dar, das aus Medetomidin, Ketamin, Buprenorphin beziehungsweise Methadon sowie einem Benzodiazepin wie Midazolam besteht und ebenfalls auf eine kombinierte sedative und analgetische Wirkung abzielt (61).

Den Opioiden kommt innerhalb dieser Protokolle eine zentrale Rolle zu, da sie die Basisanalgesie sowohl intraoperativ als auch in der frühen postoperativen Phase sicherstellen. Schwach wirksame Substanzen wie Butorphanol sind als alleinige Analgetika für einen Eingriff mit moderater Schmerzintensität häufig unzureichend, weshalb bevorzugt stärker wirksame μ-Agonisten oder Partialagonisten wie Methadon oder Buprenorphin eingesetzt werden (62). Es gibt zwar Studien, die zeigen, dass Protokolle ohne Opioide eine durchaus ausreichende Anästhesietiefe während dem Eingriff gewährleisten können, aber oft keine angemessene

Analgesie bieten (63). Allerdings zeigen neuere Untersuchungen, dass bei Katzen opioidfreie Protokolle mit multimodaler Analgesie (Meloxicam kombiniert mit intraperitonealer Bupivacain-Applikation) nahezu vollständig den Bedarf an Rescue-Analgesie eliminieren können, was auf eine effektive Schmerzkontrolle auch ohne Opioide hindeutet (64). Daten aus der klinischen Praxis bestätigen dennoch die zentrale Rolle von Opioiden in der Mehrheit der Fälle. In einer Umfrage unter tierärztlichen Allgemeinpraxen in den USA erhielten rund 70 % der Katzen im Rahmen der Prämedikation ein Opioid, wobei am häufigsten Buprenorphin verwendet wurde (ca. 46 %), gefolgt von Butorphanol (ca. 34 %). Demgegenüber kamen Alpha-2-Agonisten wie Dexmedetomidin deutlich seltener zum Einsatz (26 %), während Maropitant nur bei etwa 16 % der Tiere präoperativ verabreicht wurde (60,65). Die vorliegende Verteilung veranschaulicht die signifikante Relevanz von Opioiden im Kontext der Prämedikation, während adjuvante Wirkstoffe in selektiver Weise zum Einsatz kommen. Eine ähnliche Entwicklung ist bei der Verwendung von Kombinationen aus Opioiden und Sedativa bei Hunden zu beobachten. Hydromorphon wurde von etwa 39 % der Kliniken eingesetzt, Buprenorphin von 22 %, während Butorphanol bei 38 % der Patienten zur Anwendung kam. Dexmedetomidin war in 35 % der Fälle Bestandteil der Prämedikation, Acepromazin wurde bei etwa 42 % der Hunde ergänzt, wohingegen Maropitant mit rund 25 % eine eher untergeordnete Rolle spielte. Insgesamt spiegeln diese Daten die klinische Praxis gut wider und unterstützen die zuvor beschriebenen multimodalen Protokolle, bei denen Opioide als analgetische Hauptkomponente durch sedierende oder adjuvante Substanzen ergänzt werden.

Nichtsteroidale Antiphlogistika (NSAIDs) sind ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der perioperativen Analgesie, da sie entzündungsbedingte Schmerzkomponenten reduzieren und zu einer Verbesserung der postoperativen Schmerzintensitäten beitragen können (1,2). Im Sinne einer präemptiven Analgesie kann eine Gabe vor dem chirurgischen Stimulus sinnvoll sein. Allerdings sollte der Zeitpunkt der Applikation immer unter Berücksichtigung des hämodynamischen Status des Patienten erfolgen. Da NSAIDs die Prostaglandinsynthese hemmen und dadurch die renale Autoregulation beeinflussen, kann es insbesondere bei Hypotension oder Hypovolämie zu einer verminderten Nierendurchblutung kommen. Daher wird empfohlen, NSAIDs nur bei hämodynamisch stabilen Patienten prä- oder intraoperativ zu verabreichen, während bei instabilen Patienten eine Gabe erst nach Stabilisierung des Kreislaufes bzw. postoperativ erfolgen sollte (2,66).

4.2.3 Intraoperative Analgesie

Neben der Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie werden systemischen Analgetika, insbesondere Opioiden, häufig als Bolus oder in Form einer kontinuierlichen Dauertropfinfusion (DTI) verabreicht. Vor allem eine Fentanyl-DTI wird regelmäßig verwendet, da hierdurch eine kontinuierliche Analgesie erreicht wird und gleichzeitig der Bedarf an Inhalationsanästhetika reduziert werden kann (67). Neben den systemischen Analgesieprotokollen gewinnen lokoregionale Anästhesietechniken zunehmend an Bedeutung. Da sie nozizeptive Reize direkt am Entstehungsort blockieren. Im Vergleich zu rein systemischer Analgesie eine höhere Qualität der Aufwachphase und eine effektivere Schmerzreduktion. Zudem verlängert die Kombination von Lokalanästhetika mit Opioiden oder Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten die postoperative schmerzfreie Zeit signifikant, reduziert den Bedarf an Rescue-Analgesie und senkt gleichzeitig den intraoperativen Verbrauch intravenöser Anästhetika sowie die erforderliche Konzentration von Inhalationsanästhetika wie Isofluran oder Sevofluran (55,68,69).

Eine sehr einfache, aber effektive Möglichkeit der lokalen Analgesie ist die Infiltration sämtliche Gewebeschichten entlang der Laparotomiewunde – einschließlich Muskulatur, Subkutis und Haut – mit einem Lokalanästhetikum. Dadurch wird die durch die Inzision generierte somatische Schmerzkomponente dieses Eingriffs adressiert (Monteiro 2023). Diese Infiltration kann präoperativ vor dem ersten Hautschnitt oder intraoperativ erfolgen und wird häufig im Sinne einer präemptiven Analgesie durchgeführt (66,70). Bei Katzen konnte gezeigt werden, dass die prä-inzisionale Infiltration mit Lidocain oder einer Kombination aus Lidocain und Bupivacain die intraoperativen nozizeptiven Reaktionen signifikant reduziert (71). Ergänzend dazu können intraperitoneale Applikationen von Lokalanästhetika vorgenommen werden. Dabei wird das Lokalanästhetikum direkt auf die Ovarialpedikel und den Uterusstumpf appliziert. Diese Technik wird als „Splash Block“ bezeichnet. Sie ist einfach durchzuführen und zielt primär auf viszerale Schmerzkomponenten ab. Diese als „Splash Block“ bezeichnete Technik ist technisch einfach durchzuführen und zielt primär auf viszerale Schmerzkomponenten ab. Mehrere Studien beschreiben niedrigere postoperative Schmerz-Scores, sowie einen reduzierten Bedarf an bei Hunden und Katzen (56). Allerdings zeigen nicht alle Studien konsistente Ergebnisse: Während bei Katzen intraperitoneales Bupivacain in Kombination mit Meloxicam eine nahezu vollständige Elimination des Rescue-Analgesie-Bedarfs bewirkte (64), konnte bei Hunden mit intraperitonealer und inzisionaler Ropivacain-Applikation innerhalb eines multimodalen Protokolls keine signifikante Verbesserung der postoperativen Analgesie im Vergleich zu Kochsalzlösung nachgewiesen werden (72). Diese

Diskrepanz könnte auf Unterschiede in Bezug auf die Spezies, das verwendete Lokalanästhetikum, die Dosierung oder den Umfang der begleitenden multimodalen Analgesie zurückzuführen sein. Die breite klinische Anwendung dieser einfachen Techniken wird auch durch Praxisdaten gestützt, wonach Lokalanästhetika bei 45 bis 68 % der OHE/OE als Line- oder Inzisionsblock intraoperativ, entweder vor dem Hautschnitt oder während des Wundverschlusses, eingesetzt wurden (60,65). Damit sind inzisionale und intraperitoneale Blocks ein fester Bestandteil des routinemäßigen intraoperativen Schmerzmanagements.

Darüber hinaus können weiterführende lokoregionale Verfahren wie die Epiduralanästhesie, der Transversus-Abdominis-Planeblock (TAP-Block) oder der Quadratus-Lumborum-Block (QL-Block) ergänzend zur Allgemeinanästhesie durchgeführt werden. Diese Techniken gelten bei Hunden als grundsätzlich geeignet und sicher und können zusätzliche analgetische Vorteile bieten. Besonders der ultraschallgestützte, bilaterale TAP-Block mit Bupivacain hat bei Katzen vielversprechende Ergebnisse gebracht. In einer randomisierten, verblindeten, placebokontrollierten Studie konnte der Bedarf an Rescue-Analgesie von 65 % in der Placebogruppe auf 20 % in der Behandlungsgruppe reduziert werden. Zudem wurden signifikant niedrigeren Schmerz-Scores in den ersten 24 Stunden postoperativ beobachtet (73). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass insbesondere der TAP- und Quadratus-Lumborum-Block ein vertieftes anatomisches Verständnis sowie häufig den Einsatz von Ultraschall erfordern. Darüber hinaus sind sie - wenn auch selten - mit potenziellen Komplikationen wie neurologischen Schäden, Blutungen oder hämodynamischen Veränderungen assoziiert (55). Eine detaillierte Beschreibung der praktischen Durchführung dieser Techniken erfolgt an anderer Stelle.

Im Vergleich dazu gelten inzisionale und intraperitoneale Lokalanästhesietechniken als besonders praktikabel, da sie sich durch einfache Durchführung, geringe Kosten und eine niedrige Komplikationsrate bei korrekter Anwendung auszeichnen. Entsprechend werden sie in Leitlinien – unter anderem der WSAVA – als sichere und gut umsetzbare Ergänzung im Rahmen multimodaler Analgesiekonzepte empfohlen (66). Eine Epiduralanästhesie allein ist jedoch für die OHE häufig nicht ausreichend, da insbesondere ausgeprägte viszerale Reize nicht vollständig unterdrückt werden können. Auch Kombinationen von Lidocain mit Methadon oder Fentanyl epidural konnten nozizeptive Reaktionen nicht in allen Fällen vollständig verhindern (56,74).

4.2.4 Postoperative Analgesie

Postoperativ kann der Schmerz nach einer OHE/OE mehrere Tage anhalten. Klinische Studien belegen, dass die postoperativen Schmerzen bis zu drei Tagen anhalten können. Aus diesem Grund ist es erforderlich das Schmerzmanagement für diesen Zeitraum zu planen (75,76). Aktuelle Leitlinien empfehlen sogar eine analgetische Abdeckung von bis zu sieben Tagen, um individuelle Unterschiede in Bezug auf Schmerzintensität, Heilungsverlauf und chirurgisches Trauma Rechnung zu tragen (2).

Nichtsteroidale Antiphlogistika (NSAIDs) bilden die Grundlage der postoperativen Analgesie nach einer OHE/OE. Wirkstoffe wie Meloxicam, Robenacoxib oder Carprofen gewährleisten in den meisten Fällen eine ausreichende Schmerzlinderung und werden in der Regel mehrere Tage weitergeführt (2). Sofern die alleinige Gabe von NSAIDs nicht ausreicht, empfiehlt sich die ergänzende Gabe zusätzliche Analgetika, insbesondere Opioide. Hierfür eignet sich Buprenorphin besonders gut, da es eine relativ lange Wirkdauer besitzt und auch oral-transmukosal bzw. buccal-sublingual verabreicht werden kann. Dies erleichtert die Gabe durch den Tierbesitzer (77).

Mehrere Studien und Erhebungen aus der Praxis zeigen, dass die Kombination eines NSAIDs als Basistherapie und bei Bedarf ergänzend Opioide dem derzeitigen klinischen Standard entspricht. In einer klinischen Studie von Kramer et al, erhielten ca. 60 % der Katzen postoperativ Opioide, wobei Buprenorphin mit rund 77 % den Hauptanteil ausmachte. Zusätzlich wurde bei mehr als der Hälfte der Tiere ein NSAID eingesetzt, am häufigsten Robenacoxib (54 %) oder Meloxicam (46 %). Auch bei Hunden zeigte sich ein ähnliches Bild: Rund 70 % der Tiere erhielten postoperativ Opioide, davon etwa die Hälfte Buprenorphin. Parallel dazu wurden bei 78 % der Hunde NSAIDs eingesetzt, insbesondere Carprofen (60 %) oder Meloxicam (38 %). Carprofen wurde dabei am häufigsten zur Weiterbehandlung zu Hause verordnet (65). Auch Wirkstoffe wie Metamizol oder Gabapentin können als adjuvante Analgetika bei bestimmten Fällen eingesetzt werden, vor allem aber dann, wenn die angewendeten Medikamente keine ausreichende Schmerzlinderung gewährleisten (65). Die Indikation zur sogenannten Rescue-Analgesie, also der zusätzlichen Gabe von Analgetika bei unzureichender Schmerzlinderung, sollte anhand validierter Schmerzskalen beurteilt werden.

4.2.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze)

Zwischen Hunden und Katzen bestehen relevante Unterschiede bezüglich ihres postoperativen Schmerzmanagements. Diese Unterschiede betreffen sowohl die Pharmakotherapie als auch die klinische Schmerzbeurteilung. Katzen zeigen Schmerz, wenn überhaupt, nur sehr subtil und

weniger spezifisch als Hunde, so dass Schmerzzeichen leichter übersehen oder in ihrer Intensität unterschätzt werden können. Deshalb ist eine strukturierte Schmerzerfassung mit Hilfe validierter Instrumente besondere wichtig. Zudem sollten Katzen nach einem chirurgischen Eingriffen ausreichend lange überwacht werden, am besten, bis die akute entzündliche Phase abgeklungen ist und eine verlässliche Einschätzung des Analgetikabedarfs möglich ist (61,71).

Da ein großer Anteil der Katzen einer OHE unterzogen werden, kommt diesem Aspekt eine besondere klinische Relevanz zu. Dies spiegelt sich auch in den Studie von Kramer et al. (60,65) wider: Während 94 % der Hunde postoperativ Analgetika zur Weiterbehandlung im häuslichen Umfeld erhielten, gaben lediglich etwa 76 % der befragten Tierärzte an, Katzen nach einer OHE entsprechend zu versorgen. Diese Diskrepanz verdeutlicht die Notwendigkeit einer erhöhten Sensibilisierung für die adäquate Schmerztherapie bei Katzen und weist darauf hin, dass in der klinischen Praxis weiterhin Verbesserungspotenzial besteht, um eine gleichwertige analgetische Versorgung beider Spezies sicherzustellen.

Zusätzlich spielen bei der Schmerztherapie auch pharmakokinetische Unterschiede zwischen beiden Spezies eine wichtige Rolle. Katzen verfügen über eine eingeschränkte hepatische Glukuronidierungskapazität auf, was zu einer Verzögerung der Elimination bestimmter Wirkstoffe, insbesondere einiger NSAIDs, führen kann. Dies kann zu einer Akkumulation und unerwünschten Wirkungen führen und eine sorgfältige Anpassung von Dosierung und Dosierungsintervall erforderlich machen (78).

4.2.6 Studienlage und Evidenz

Die OHE/OE stellt innerhalb der vorliegenden Arbeit den am umfangreichsten untersuchten Eingriff dar. In der systematischen Literaturrecherche wurden nach Anwendung der definierten Ein- und Ausschlusskriterien insgesamt 91 Studien in die qualitative Auswertung eingeschlossen. Damit liegt für diesen Eingriff eine vergleichsweise breite Evidenzbasis vor.

Von den insgesamt 91 eingeschlossenen Studien befassten sich acht Arbeiten explizit mit der Evaluation multimodaler Analgesieprotokolle (60,63,79–84). Dabei handelte es sich überwiegend um prospektive, randomisierte und häufig verblindete klinische Studien, in denen unterschiedliche Kombinationen pharmakologischer Wirkstoffe zur perioperativen Schmerzkontrolle bei Hunden und Katzen miteinander verglichen wurden. Untersucht wurden unter anderem Opioide, wie Fentanyl, Buprenorphin, Tramadol oder Methadon, sowohl als Monotherapie oder in Kombination mit anderen Analgetika wie Lokalanästhetika, Ketamin, oder nichtsteroidale Antiphlogistika. Zusätzlich kamen Adjuvantien wie Maropitant oder

Gabapentin eingesetzt. Zur Beurteilung der analgetischen Wirksamkeit wurden neben physiologischen Parametern (z. B. Herzfrequenz, Atemfrequenz, Blutdruck) vor allem validierte Schmerzskalen herangezogen. Die Studien zeigen übereinstimmend, dass multimodale Protokolle die effektivste Methode zur postoperativen Schmerzbekämpfung darstellen, da durch die Kombination verschiedener Wirkstoffklassen unterschiedliche nozizeptive Mechanismen gleichzeitig adressiert werden können.

Darüber hinaus untersuchten 18 der 91 der eingeschlossenen Studien den Einsatz intraperitonealer und inzisionaler Lokalanästhesietechniken (74,85–101). Der Großteil dieser Arbeiten basiert auf prospektiven, randomisierten und verblindeten klinischen Studiendesigns. Typischerweise wurde eine Behandlungsgruppe, beispielsweise mit intraperitoneal appliziertem Bupivacain oder Lidocain, mit einer Kontrollgruppe (z.B. Placebo- oder Kochsalzlösung) oder mit alternativen Analgesieverfahren verglichen. Als primäre Endpunkte dienten überwiegend postoperative Schmerzskalen, insbesondere die Glasgow Composite Measure Pain Scale, der Bedarf an Rescue-Analgesie sowie physiologische Parameter und teilweise biochemische Stressmarker wie Cortisol. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass sowohl intraperitoneale als auch inzisionale Blockaden sinnvolle Bestandteile multimodaler Analgesiekonzepte sind. Sie reduzieren postoperative Schmerzen, senken den Bedarf an zusätzlichen systemischen Analgetika, können den Verbrauch an Inhalationsanästhetika reduzieren und tragen häufig zu einer ruhigeren und qualitativ besseren Aufwachphase bei (55,90). Die kombinierte Anwendung beider Verfahren erscheint dabei sinnvoll, da intraperitoneale Applikationen vor allem viszerale Schmerzanteile adressieren, während inzisionale Infiltrationen primär somatischen Wundschmerz abdecken (Zitat). Aufgrund ihrer einfachen Durchführung, geringen Kosten und niedrigen Komplikationsrate bei sachgerechter Anwendung werden sie auch von Leitlinien, unter anderem der WSAVA, als sichere und praktikable Ergänzung empfohlen (66).

Weitere 13 Studien untersuchten den Einsatz epiduraler Anästhesie und anderer lokoregionaler Verfahren. Neben randomisierten klinischen Studien umfasste dieser Bereich auch experimentelle, anatomische und retrospektive Arbeiten. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass lokoregionaler Techniken mehrere Vorteile bieten können (55,61,68,69,102–110). Insbesondere die Kombination von Lokalanästhetika mit Opioiden oder Alpha-2-Agonisten scheint die Dauer der postoperativen Analgesie zu verlängern (68,69,102,104). Auch diese Techniken reduzieren postoperative Schmerzen, senken den Bedarf an zusätzlichen systemischen Analgetika, können den Verbrauch an Inhalationsanästhetika reduzieren und tragen häufig zu einer ruhigeren und qualitativ besseren Aufwachphase bei (68,104). Zudem

wurden auch eine schnellere Wundheilung und eine geringere entzündliche Reaktion beschrieben (108).

Dennoch konnte bei ausgeprägten viszeralen Manipulationen, insbesondere an den Ovarialpedikeln, nicht in allen Fällen eine vollständige Analgesie erreicht werden, was die Bedeutung eines multimodalen Ansatzes unterstreicht (103).

Insgesamt 42 Arbeiten befassten sich primär mit systemischen Analgetika. Ziel dieser Studien war überwiegend der Vergleich der analgetischen Wirksamkeit verschiedener Wirkstoffe oder Wirkstoffkombinationen sowie deren Einfluss auf physiologische Parameter und mögliche Nebenwirkungen (62,77,111–149). Die Studiendesigns waren größtenteils prospektiv, randomisiert und kontrolliert und wurden meist verblindet durchgeführt. Zur Beurteilung der Analgesie kamen validierte Schmerzskalen zum Einsatz. In mehreren Arbeiten erwiesen sich Kombinationen aus Opioiden und NSAIDs gegenüber Monotherapien als effektiver, da verschiedene nozizeptive Mechanismen gleichzeitig abgedeckt werden. Opioide nehmen dabei eine zentrale Rolle in der perioperativen Analgesie ein, während die präventive Gabe von NSAIDs mit einer Reduktion von Entzündungsparametern und niedrigeren Schmerz-Scores im frühen postoperativen Verlauf assoziiert ist. Bezüglich einzelner Substanzen zeigen die Studien, dass reine μ-Agonisten eine hohe analgetische Wirksamkeit aufweisen. Partielle Agonisten wie Buprenorphin werden ebenfalls als effektiv beschrieben, insbesondere aufgrund ihrer längeren Wirkdauer und eines günstigeren Nebenwirkungsprofils. Tramadol zeigte vor allem bei Katzen zufriedenstellende Ergebnisse, insbesondere in Kombination mit weiteren Analgetika. Butorphanol hingegen wurde aufgrund seiner vergleichsweise kurzen Wirkungsdauer und geringeren analgetischen Potenz als alleinige Therapie bei invasiven Eingriffen häufig als unzureichend bewertet (138,143). NSAIDs spielen eine wichtige Rolle bei der Kontrolle entzündungsbedingter Schmerzen. Selektive COX-2-Inhibitoren wie Robenacoxib oder Cimicoxib zeigten eine vergleichbare Wirksamkeit zu etablierten Wirkstoffen wie Meloxicam, wobei Robenacoxib in einzelnen Studien bei Katzen Vorteile zeigte (123,128,136,147). Insgesamt kann die Evidenz in diesem Bereich als gut eingeschätzt werden, auch wenn methodische Limitationen, wie teilweise kleine Stichprobengrößen sowie die subjektive Natur der Schmerzbewertung, berücksichtigt werden müssen.

Fünf randomisierte, überwiegend verblindete klinische Studien untersuchten den Einsatz von Maropitant im Rahmen der OHE (51,53,150–152). Neben seiner antiemetischen Wirkung wurden auch analgetische Effekte beschrieben, insbesondere im Hinblick auf viszerale Schmerzanteile. Bei intraoperativer Anwendung, teilweise als Dauertropfinfusion, wurde eine

verbesserte Kontrolle viszeraler Schmerzen beobachtet, die mit einer Reduktion der postoperativen Schmerzen für bis zu zwölf Stunden einherging. Zudem war der Einsatz mit einem geringeren Bedarf an zusätzlichen Analgetika und Rescue-Analgesien sowie einer stabileren intraoperativen Hämodynamik, insbesondere niedrigere Herzfrequenzen und Blutdruckwerte im Vergleich zu Kontrollgruppen, verbunden (51). Nichtsdestotrotz ist die Evidenz für eine spezifische analgetische Wirkung von Maropitant bei OHE/OE nach wie vor begrenzt und bedarf weiterer Untersuchung (51,52,153).

Darüber hinaus untersuchten vier Studien den Vergleich zwischen laparoskopischen und konventionellen offenen Operationsverfahren im Rahmen der OHE. Die Ergebnisse legen nahe, dass die laparoskopische Technik im Hinblick auf postoperative Schmerzen Vorteile gegenüber der offenen Laparotomie bietet (58,112,154,155). Als mögliche Gründe werden kleinere Hautinzisionen, ein geringeres Ausmaß an Gewebetrauma, reduzierte Blutverluste sowie eine schnellere Rückkehr zu normalen Aktivitäten diskutiert (58,112,154).

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Literaturauswertung, dass ein multimodales, präemptives Schmerzmanagement bei der OHE/OE von Hund und Katze eine zentrale Rolle spielt. Die Kombination aus Opioiden, NSAIDs und lokoregionalen Verfahren stellt dabei den aktuellen klinischen Standard dar. Insbesondere inzisionale und intraperitoneale Techniken erscheinen als effektive und gut umsetzbare Ergänzungen. Laparoskopische Verfahren bieten zusätzliche Vorteile hinsichtlich der Reduktion postoperativer Schmerzen. Gleichzeitig sollten spezies-spezifische Unterschiede, insbesondere bei Katzen, berücksichtigt werden. Eine postoperative Analgesie über mehrere Tage, in der Regel drei bis sieben Tage, erscheint sinnvoll, um eine adäquate Schmerztherapie sicherzustellen.

4.3 Kastration beim Rüden / Kater (Orchiektomie)

Die Orchiektomie zählt sowohl beim Rüden als auch beim Kater zu den am häufigsten durchgeführten chirurgischen Eingriffen (82,156,157). Ähnlich wie bei der OHE handelt es sich überwiegend um einen elektiven Eingriff, der meist bei jungen, klinisch gesunden Tieren durchgeführt wird (56). Die Hauptindikationen umfassen die Kontrolle der Fortpflanzung sowie der Prävention unerwünschter Verhaltensweisen wie Aggressivität, Streunen oder Harnmarkieren (56,158). Außerdem dient sie der Prävention und Therapie androgenabhängiger Erkrankungen, speziell der Prostata, sie kann aber auch bei angeborenen Anomalien wie Kryptorchismus induziert sein, sowie pathologischen Veränderungen der Hoden, wie Neoplasien, Torsionen oder Orchitiden (159).

4.3.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika

Es werden verschiedene Operationstechniken beschrieben, wobei grundsätzlich zwischen einer offenen und einer geschlossenen Orchiektomie unterschieden wird. Diese unterscheiden sich vor allem darin, ob die Tunica vaginalis eröffnet wird oder intakt bleibt. Die offene Technik ist mit einer stärkeren Gewebemanipulation verbunden und wird mit einer höheren Komplikationsrate sowie einer ausgeprägteren postoperativen Schwellung und Schmerzreaktion in Verbindung gebracht (56,159).

Die Orchiektomie wird mit einer milden bis moderaten Schmerzintensität assoziiert (2,7). Dabei umfasst das nozizeptive geschehen sowohl somatische als auch viszerale Komponenten. Der somatische Schmerz entsteht vor allem durch die Hautinzision und die Präparation des skrotalen oder präskrotalen Gewebes. Die viszeralen nozizeptiven Reize werden insbesondere durch die Traktion, Ligatur und Transsektion des Samenstrangs verursacht (56). Die viszerale Komponente wird über Afferenzen des autonomen Nervensystems vermittelt und stellt eine besondere Herausforderung an das perioperative Schmerzmanagement.

Im Vergleich zur OHE ist der Umfang des chirurgischen Traums bei der Orchiektomie jedoch geringer. Die Inzision ist kleiner, es erfolgt keine Eröffnung der Bauchhöhle, und die Operationszeit ist mit durchschnittlich 15-30 Minuten auch deutlich kürzer. Demnach brauchen Rüden und Kater in der Regel weniger postoperative Analgetika als Hündinnen und Kätzinnen (2,156,160).

4.3.2 Präoperative Analgesie

Da sich die präemptiven und präventiven Prinzipen der perioperativen Analgesie unabhängig vom konkreten elektiven Weichteileingriff anwenden lassen, entsprechen die präoperativen Schmerzmanagementstrategien bei der Orchiektomie weitgehen den bereits im vorherigen Kapitel beschriebenen Vorgehensweisen.

Einrichtungen mit hohem Patientenaufkommen setzen meist standardisierte, multimodale Analgesieprotokolle ein, die eine effiziente und zuverlässige Analgesie für eine hohe Anzahl an Fällen gewährleisten (2,161) Diese Protokolle bestehen meist aus Kombinationen von Opioide, wie Methadon, oder Buprenorphin, NSAIDs wie Meloxicam, Robenacoxib oder Carprofen, Alpha-2-Adrenorezeptor-Agonisten, wie Dexmedetomidin oder Medetomidin sowie Benzodiazepine, wie Midazolam oder Diazepam. Ergänzt werden sie mit lokoregionalen Verfahren (2,161). Bei der Kastration liegt der optimale Zeitpunkt für die Prämedikation 15 bis 30 Minuten vor Einleitung der Anästhesie und ermöglicht so den Aufbau eines des therapeutischen Plasmaspiegels zum Zeitpunkt der Inzision, was zu einer maximierten

präemptiven Wirkung und Reduktion des benötigten Bedarfs an Anästhetika führt (1,2,67). Die Auswahl der Wirkstoffe und Dosierungen sollte unter Berücksichtigung von Spezies, Alter, Gewicht, Gesundheitszustand und möglicher Kontraindikationen erfolgen (1,67,162)

4.3.3 Intraoperative Analgesie

Die grundlegenden Prinzipien der intraoperativen Analgesie entsprechen ebenfalls den bereits für die OHE/OE beschriebenen Zielsetzungen und umfassen insbesondere die effektive Unterdrückung nozizeptiver Reize, um die Entstehung zentraler Sensibilisierungsprozesse zu vermeiden, die Reduktion des Bedarfs an Injektions- und Inhalationsanästhetika sowie die Erhöhung der Anästhesiesicherheit durch Verminderung kardiovaskulärer und respiratorischer Depression (157). Neben systemisch verabreichten Analgetika kommt dabei insbesondere lokoregionalen Techniken eine wichtige Bedeutung zu (67,163).

Eine häufig eingesetzte Technik ist der intratestikuläre Block. Dabei werden Lokalanästhetika direkt in das Hodenparenchym injiziert (157). Nach aseptischer Vorbereitung wird der Hoden palpiert, fixiert und das Lokalanästhetikum in den Hoden injiziert. Über die anschließende Verteilung entlang lymphatischer Strukturen erfolgt eine Desensibilisierung des Samenstrangs, wodurch nozizeptive Reize aus dem Operationsgebiet effektiv reduziert werden (157). Zwischen Injektion und Kastrationsbeginn sollte eine Wartezeit von drei bis fünf Minuten eingehalten werden, um ausreichend von den messbaren perioperativen Vorteilen profitieren zu können (157).

Für den intratestikulären Block können verschiedene Lokalanästhetika eingesetzt werden, meistens wird jedoch Lidocain 2% in einer Dosierung von ein bis zwei Milliliter pro Hoden beim Hund und 0,5 bis ein Milliliter bei der Katze verwendet. Es zeichnet sich durch einen schnellen Wirkungseintritt aber einer verhältnismäßig kurzen Wirkdauer von 60 bis 90 Minuten aus (2). Bei Katzen hat sich eine Dosierung von 1 mg/kg Körpergewicht intratestikulär in randomisierten Studien als wirksam erwiesen, um intraoperative nozizeptive Reaktionen wie Herzfrequenzanstiege zu reduzieren (164). Studien an Hunden zeigen ebenfalls, dass präoperative intratestikuläre Lidocaininjektionen zu einer deutlichen Abschwächung intraoperativer nozizeptiver Reaktionen führen, was sich in reduzierten Herzfrequenz- und Blutdruckanstiegen bei Samenstrangmanipulation widerspiegelt. Außerdem konnte ein reduzierter Bedarf an Inhalationsanästhetika sowie eine Verminderung sympathischer Stressreaktionen mit niedrigeren Katecholaminspiegeln nachgewiesen (157,165). Postoperativ zeigten sich niedrigere Schmerz-Scores in den ersten zwei bis vier Stunden, ein geringerer Rescue-Analgetikabedarf sowie eine schnellere Rückkehr zu normalem Verhalten (165).

Bupivacain in einer Konzentration von 0,5 % wird in vergleichbaren Volumina appliziert und bietet mit vier bis sechs Stunden eine deutlich längere Wirkdauer, wobei der Wirkungseintritt etwas verzögert ist (2). Aktuelle Vergleichsstudien bei Katzen zeigen, dass intratestikuläres Bupivacain im Vergleich zu Lidocain zu niedrigeren Schmerzscores zu späteren postoperativen Zeitpunkten führt, was die längere Wirkdauer klinisch bestätigt (166). Eine randomisierte Studie, die Lidocain allein mit einer Lidocain-Bupivacain-Kombination verglich, fand jedoch keinen konsistenten zusätzlichen perioperativen Vorteil der Kombination gegenüber Lidocain allein bezüglich der gemessenen intraoperativen Parameter (164).
Ropivacain in Konzentrationen von 0,5 bis 0,75 Prozent stellt eine Alternative dar, die sich durch eine geringere Kardiotoxizität auszeichnet und eine Wirkdauer von drei bis fünf Stunden aufweist (2).
Alternativ kann der Funiculus-Block eingesetzt werden, bei dem Lokalanästhetika gezielt um den Samenstrang appliziert werden, nachdem dieser intraoperativer freigelegt wurde. Das kann entweder als direkte Instillation oder ultraschallgeführt mit Visualisierung des Samenstrangs mittels eines Linearschallkopfes geschehen, was eine präzise Platzierung und ein geringeres Volumen der Lokalanästhetika ermöglicht. Die Dosierung beträgt 0,2 ml/kg Ropivacain 0,5% verteilt am Niveau des Leistenrings sowie die Inzisionslinie (167,168). Neuere Studien zeigen, dass Ropivacain insbesondere bei Applikation um den Samenstrang herum eine verbesserte intra- und postoperative Analgesie sowohl bei Hunden als auch bei Katzen bewirkt (167,168).
Neue Studien habe gezeigt, dass die Applikation von Ropivacain um den Samenstrang herum eine verbesserte intra- und postoperative Analgesie sowohl bei Hunden als auch bei Katzen bewirkt (167,168).
Zusätzlich können auch inzisionale Lokalanästhesietechniken zur weiteren Optimierung der intraoperativen Analgesie eingesetzt werden. Wobei 0,5 bis zwei Milliliter Lokalanästhetika entlang der geplanten Inzisionslinie subkutan injiziert werden. Die Applikation kann entweder unmittelbar vor der Inzision oder nach dem Wundverschluss erfolgen und blockiert effektiv kutane nozizeptive Afferenzen, um die inzisionsbedingten Schmerzen zu reduzieren. Diese Verfahren entsprechen in ihrer Durchführung und Wirkung den bereits im Kapitel zur OHE beschriebenen Techniken und stellen eine sinnvolle Ergänzung zur systemischen und viszeralen Analgesie dar. In speziellen Situationen kann auch eine Epiduralanästhesie in Erwägung gezogen werden. Diese eignet sich vor allem bei einem bilateralen abdominalen Kryptorchismus, bei erwarteter längerer Operationsdauer oder bei Patienten mit Kontraindikationen für systemische Opioide. Die epidurale Injektion kann lumbosakral oder sakrococzygeal durchgeführt werden, wobei Lokalanästhetika allein oder in Kombination mit

einem Opioid wie Methadon oder Morphin verwendet werden können. Je nach Wahl der Medikamente kann eine Wirkdauer von vier bis acht Stunden erreicht werden (82).

4.3.4 Postoperative Analgesie

Da NSAIDs bereits bei der mit stärkerem Schmerz verbundenen OHE/OE in vielen Fällen eine ausreichende Analgesie gewährleisten, gelten sie auch bei der in der Regel weniger schmerzhaften Orchiektomie als geeignete Grundlage des postoperativen Schmerzmanagements. Sie sollten für einen Zeitraum von bis zu drei Tagen nach dem Eingriff verabreicht werden (2,156,169).
Quarterone et al. konnte zeigen, dass die einmalige perorale Gabe von Meloxicam in einer Dosierung von 0,1mg/kg KGW, zwei Stunden vor dem geplanten Eingriff, den analgetischen Bedarf für 24 Stunden abdeckt (156). Außerdem zeigten multimodale Protokolle bei Katzen das eine höhere Dosierung von 0,3 mg/kg subkutan in Kombination mit intratestikulär appliziertem Lidocain zu niedrigen postoperativen Schmerz-Scores und wenigen Rescue-Interventionen führen (170). In der klinischen Anwendung wird üblicherweise am Operationstag eine Dosis von 0,2 mg/kg entweder präoperativ oral oder intraoperativ subkutan verabreicht, gefolgt von 0,1 mg/kg oral einmal täglich an den Tagen eins und zwei, mit der Möglichkeit einer Verlängerung auf Tag drei bei Bedarf.
Gruet et al. zeigten, dass Robenaxocib bei Hunden nach Weichteiloperationen eine effektive postoperative Analgesie gewährleistet sowie eine gute Verträglichkeit durch eine hohe COX-2-Selektivität bietet, die mit einem geringeren gastrointestinalen Nebenwirkungsprofil assoziiert ist. Es wird eine Dosierung von ein bis zwei Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht subkutan oder oral verabreicht und die Anwendung erfolgt einmal täglich für drei Tage (169). Carprofen stellt eine weitere bewährte Option dar und wird in einer initialen Dosierung von vier Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht subkutan oder oral verabreicht, gefolgt von zwei bis vier Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht oral einmal täglich (2).
Bei Anzeichen einer unzureichenden analgetischen Abdeckung sollte eine Rescue-Analgesie mit Opioiden erfolgen. Hierfür stehen verschiedene Optionen zur Verfügung, darunter Buprenorphin in einer Dosierung von 0,01 bis 0,02 mg/kg intramuskulär oder intravenös alle sechs bis acht Stunden oder Methadon in einer Dosierung von 0,1 bis 0,3 mg/kg intramuskulär oder intravenös alle vier bis sechs Stunden (2,67).

Ergänzend können auch unterstützende, nicht-pharmakologische Maßnahmen wie Kryotherapie eingesetzt werden. Die aktive Kühlung der Eingriffsstelle trägt zur Reduktion von

Schwellung und Entzündung bei. Jedoch liegen in der aktuell verfügbaren wissenschaftlichen Literatur keine kontrollierten Studien vor, die die Wirksamkeit von Kryotherapie zur Schmerzreduktion nach Orchiektomie untersuchen.
Leinenzwang für 7-10 Tage, Vermeidung von Springen und Toben sowie Schutz der Wunde mittels Halskragen bei Lecken ist essenziell für eine komplikationslose Heilung. Allerdings fehlen auch hier kontrollierte Evidenz zur formalen Bewertung dieser Maßnahmen.
Das postoperative Schmerzmonitoring sollte auch bei der Orchiektomie mittels validierter Schmerzskalen erfolgen. Die Evaluation sollte unmittelbar postoperativ während der Aufwachphase sowie zu festgelegten Zeitpunkten bei zwei, vier, acht, zwölf und 24 Stunden postoperativ erfolgen, bei Bedarf auch häufiger. Bei Überschreitung definierter Schwellenwerte ist eine Intervention mit Rescue-Analgesie indiziert.

4.3.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze)

Alle speziesspezifischen Unterschiede, die für das Schmerzmanagement der Orchiektomie relevant sind, wurden bereits in Kapitel 4.1.5 der OHE beschrieben.

4.3.6 Evidenzlage und Studienübersicht

Für eine strukturieret Darstellung der identifizierten Literatur wurden die insgesamt 21 eingeschlossenen Studien, analog zum vorherigen Kapitel, thematisch gruppiert und entsprechend ihrer inhaltlichen Schwerpunkte zusammengefasst.
Elf der 21 überwiegend prospektiven, randomisierten und häufig verblindeten klinischen Studien untersuchten den Einsatz lokoregionaler Anästhesieverfahren. Der Schwerpunkt lag dabei vor allem auf intratestikulären Injektionen von Lokalanästhetika (164,165,167,171–178), es wurden darüber hinaus auch der Funiculus-Block, bei dem Lokalanästhetika unter Ultraschallkontrolle oder direkte auf den Samenstrang appliziert werden, sowie weitere lokoregionale Verfahren wie die Epiduralanästhesie, untersucht (167,172,177,178). Insgesamt zeigte sich auch hier, dass Protokolle mit lokoregionalen Anästhesietechniken rein systemischen Analgesieprotokolle überlegen sind. Die Verfahren wurden durchgehend als einfach durchführbar, kostengünstig und sicher bewertet, Beobachtete Nebenwirkungen beschränkten sich auf geringgradige lokale Reaktionen wie kleine Hämatome oder Schwellungen, die in der Regel keine klinische Bedeutung hatten.
Insgesamt wurden in sechs Studien verschiedene multimodale Protokolle und systemische Analgetika miteinander verglichen, um deren Wirksamkeit und Sicherheit zu bewerten

(156,170,179–182). Zur Beurteilung der analgetischen Wirksamkeit wurden validierte Schmerzskalen wie die UNESP-Botucatu Multidimensional Composite Pain Scale und die Glasgow Composite Measure Pain Scale verwendet. Ebenso wurden physiologische Parameter wie Herzfrequenz, Blutdruck, Atemfrequenz und Körpertemperatur erfasst, um nozizeptive Reaktionen objektiv zu beurteilen.
Auch alternative Applikationsformen wie transdermaler NSAID-Systeme wurden evaluiert (179,181). Transdermal NSAID-Systeme ermöglichen eine kontinuierliche Wirkstofffreisetzung über einen längeren Zeitraum und bieten eine geeignete Alternative für Wirkstoffe mit kürzerer Halbwertszeit. Außerdem zeigen sie Vorteile bei der praktischen Anwendung, da die Applikation weniger Stress für den Patienten verursacht und mit einer verbesserten Compliance verbunden ist. Zusätzlich wurde berichtet, dass bestimmte Nebenwirkungen, die im Zusammenhang mit einer oralen Verabreichung auftreten können, reduziert werden.
Vier weitere Studien beschäftigten sich mit dem Einfluss unterschiedlicher chirurgischer Techniken auf den perioperative Schmerz (159,183–185). Dabei zeigte sich, dass die offene Orchiektomie im Vergleich zur geschlossenen Technik häufiger mit stärkeren Schmerzen verbunden und mit einer erhöhten Komplikationsrate assoziiert ist. Dennoch konnte fünf Stunden nach dem Eingriff kein signifikanter Unterschied mehr nachgewiesen werden (183). Insgesamt unterstützen die vorliegenden Studien die Anwendung multimodaler Analgesieprotokolle. Besonders lokoregionale Anästhesieverfahren wie intratestikulärer Injektionen, ultraschallgeführte funikuläre Blockaden oder epiduraler Techniken, sollten Bestandteil eines perioperativen Schmerzmanagements bei der Orchiektomie sein.

4.4 Zahnextraktion

4.4.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika

Erkrankungen der Maulhöhle und des Zahnhalteapparates stellen bei Hunden und Katzen ein häufig auftretendes Gesundheitsproblem dar. Studien zeigen, dass bereits im Alter von zwei Jahren mehr als 80 % der Hunde und etwa 70 % der Katzen Anzeichen einer Parodontitis aufweisen (186). Gerade bei diesen dentalen und oralen Erkrankungen können die Tiere bereits vor einer Operation langanhaltende und hochgradige Schmerzen haben, insbesondere bei chronischen Erkrankungen wie einer ausgeprägten Stomatitis. Die Schmerzen, die bei solchen Zahnextraktionen oder anderen Eingriffen im Bereich der Maulhöhle auftreten sind meist

somatisch-entzündlich und werden postoperativ meist als moderat bis stark beschrieben (2,187,188).

Parodontale Erkrankungen sind bei Katzen besonders häufig (189). Sie beginnen oft als reversible Stadien, wie Gingivitis, können jedoch später in eine dauerhafte irreversible Parodontitis übergehen. Bakteriellen Biofilme auf den Zähnen setzen Stoffwechselendprodukte frei, die dann das umliegende Gewebe schädigen und lokale Entzündungen verursachen. Vor allem diese chronische Entzündung führt bei längerer Dauer zum Verlust der parodontalen Verankerung der Zähne und zur fortschreitenden Schädigung des umgebenden Weichteil- und Hartgewebes (190). Die anhaltende nozizeptive Stimulation begünstigt dabei die Entwicklung sowohl akuter als auch chronischer Schmerzprozesse (2). Klinische Studien zeigen, dass Katzen mit schwerer oraler Erkrankung deutlich höhere postoperative Schmerz-Scores aufweisen, häufiger Rescue-Analgesie benötigen und über mehrere Tage postoperativ Verhaltensänderungen sowie reduzierte Futteraufnahme zeigen (191). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass bereits im Vorfeld schon länger vorhandene oder bereits chronifizierte Zahnschmerzen durchaus über die unmittelbare postoperative Phase hinaus, andauern können. Problematisch ist dabei vor allem das Erkennen solcher Schmerzen, da sowohl Hunde als auch Katzen Zahnschmerzen nicht spezifisch anzeigen. Trotz starker Entzündung und deutlicher Beeinträchtigung der Lebensqualität bleiben offensichtliche Anzeichen von Schmerz häufig aus, sodass dentale Schmerzen, vor allem vom Besitzer, leicht übersehen oder unterschätzt werden (192). Die objektive Erfassung dentaler Schmerzen wird zusätzlich dadurch erschwert, dass bislang keine spezifisch validierten Schmerzskalen für orale oder dentale Eingriffe bei Kleintieren existieren. Für Katzen konnte jedoch gezeigt werden, dass die Feline Grimace Scale eine gute bis sehr gute Interobserver-Reliabilität aufweist und nach Zahnextraktionen zur Schmerzeinschätzung geeignet ist (2,193). Zusätzlich wurde in einer prospektiven klinischen Studie die Glasgow Composite Measure Pain Scale – Feline (CMPS-F) bei Katzen nach dentalen Extraktionen eingesetzt und zeigte gute Anwendbarkeit in diesem Kontext (191). Bei Hunden kommen ebenfalls verschiedene, teils validierte Skalen zur Schmerzbeurteilung nach Zahnextraktionen zum Einsatz, wie beispielsweise die modifizierten Versionen der University of Melbourne Pain Scale (UMPS) oder die Visual Analogue Scales (VAS) (194) .

Je nach Lokalisation, Zustand des Zahns und Ausmaß der Erkrankung werden Zahnextraktionen mit geschlossener oder offener Technik durchgeführt. Die geschlossene Extraktion wird vor allem bei beweglichen Zähnen oder bestimmten Schneide- und Backenzähnen angewandt, während bei multiplen Extraktionen, großen oder parodontal intakten Zähnen sowie bei retinierten Zähnen häufiger offene Verfahren mit teilweiser

Entfernung von Alveolarknochen und Bildung eines mukogingivalen Lappens erforderlich sind (195). Offene Techniken gehen in der Regel mit einer größeren Gewebetraumatisierung einher und können entsprechend ein erhöhtes Schmerzpotenzial aufweisen.
Insgesamt ist die Zahnextraktion somit häufig in einen Kontext bereits bestehender chronischer Entzündung und Sensibilisierung eingebettet und führt zusätzlich zu akutem chirurgischem Gewebetrauma. Aufgrund dieser Kombination aus bereits bestehendem und durch den Eingriff hervorgerufenem Schmerz ist ein konsequentes, strukturiertes und multimodales perioperatives Schmerzmanagements bei solchen Eingriffen unerlässlich (2,192).

4.4.2 Präoperative Analgesie

Auch bei der Analgesie für orale und dentale Eingriffe sind Opioide ein zentraler Bestandteil. Neben ihrer sehr guten analgetische Wirkung, reduzieren den Bedarf an Inhalationsanästhetika und unterstützen somit die kardiovaskuläre Stabilität während des Eingriffs (192). Sie werden daher häufig im Rahmen der Prämedikation mit Acepromazin, einem Alpha-2-Agonisten, Benzodiazepinen oder NSAIDs kombiniert, dies optimiert nicht nur die Sedierung, sondern auch die Anxiolyse. Die Wahl des geeigneten Opioids sollte sich sowohl an der zu erwartenden Schmerzintensität als auch an den individuellen Bedürfnissen des Patienten orientieren (2,188,192,193,196). Klinischen Studien in den zur Prämedikation verschiedene Opioide wie Hydromorphon, Morphin, Butorphanol und Buprenorphin verwendet wurden, haben gezeigt, dass μ-Agonisten bei schmerzhaften dentalen Eingriffen bevorzugt angewendet werden sollten (191,194).
Allerdings kann der systemische Opioidbedarf durch den konsequenten Einsatz lokoregionaler Techniken deutlich reduziert oder in manchen Fällen sogar gänzlich vermieden werden. Verschiedene Studien zeigen, dass Protokolle, die Alpha-2-Agonisten, Lidocain, Ketamin oder gezielte Nervenblockaden integrieren, eine gute Alternative zu opioidbasierten Analgesieregimen sind (196,197).

4.4.3 Intraoperative Analgesie

Auch in der intraoperativen Phase stellt ein multimodales Vorgehen die Grundlage des Schmerzmanagements dar, bei dem vor allem lokoregionale Techniken mit systemischen Analgetika kombiniert werden (192). Lokoregionale Nervenblöcke sollten dabei den zentralen Bestandteil der intraoperativen Analgesie bei oral- und dentalchirurgischen Eingriffen bilden und den Großteil der schmerzhemmenden Wirkung übernehmen. Durch die Unterbrechung der

peripheren Reizleitung wird der nozizeptive Input bereits am Entstehungsort reduziert, wodurch sowohl die intraoperative Schmerzantwort als auch der Bedarf an systemischen Analgetika und Inhalationsanästhetika verringert werden können (2). Die Applikation erfolgt idealerweise bereits Allgemeinanästhesie, jedoch vor Beginn des chirurgischen Eingriffs (193).

Entsprechend empfehlen Fachgesellschaften den routinemäßigen Einsatz dieser Techniken. Die American Animal Hospital Association (AAHA) betont, dass jede Person, die oralchirurgische oder parodontale Eingriffe durchführt, mit den Techniken dentaler Nervenblöcke sowie der zugrunde liegenden Anatomie und den verwendeten Lokalanästhetika vertraut sein sollte (190) Auch das WSAVA Dental Standardization Committee empfiehlt den perioperativen Einsatz lokoregionaler Verfahren ausdrücklich, insbesondere in Situationen mit begrenzter Verfügbarkeit systemischer Analgetika (192).

Die sensorische Innervation der Maulhöhle erfolgt überwiegend über die maxillären und mandibulären Äste des Nervus trigeminus. Entsprechend können verschiedene periphere Nerven an ihren Austrittspunkten oder proximaler anästhesiert werden, um eine gezielte und ausgedehnte Analgesie zu erzielen. Zu den gebräuchlichen Verfahren zählen Blöcke des Nervus maxillaris, infraorbitalis, palatinus major, alveolaris inferior und mentalis medius. Eine detaillierte technische Beschreibung der einzelnen Blockadetechniken erfolgt an anderer Stelle, da sie den Rahmen dieses Abschnitts überschreiten würde (187,188,193,197,198).

Wie bereits in Kapitel 3.2.4 dargestellt, gehören die am häufigsten verwendeten Lokalanästhetika zur Gruppe der Aminoamide. Insbesondere werden Lidocain, und Bupivacain aber auch Mepivacain und Ropivacain verwendet (193). Die Auswahl des Lokalanästhetikums richtet sich nach Art und Dauer des Eingriffs, der Verfügbarkeit, dem Wirkprofil sowie arzneimittelrechtlichen Aspekten.

Hinzu kommt, dass lokoregionale Techniken mit minimalem Materialaufwand auskommen – benötigt werden lediglich hypodermische Nadeln, kleinvolumige Spritzen und das jeweilige Lokalanästhetikum. Konkrete Empfehlungen zum optimalen Injektionsvolumen pro Block existieren bislang nicht; verfügbar sind bisher nur einzelne Expertenempfehlungen (187,193,197,198). Bei Katzen werden pro Injektionsstelle eher geringe Volumina von etwa 0,2–0,3 ml empfohlen. Werden mehrere Blockaden kombiniert, sollte die therapeutische Gesamtdosis sorgfältig im Blick behalten werden, um systemische Nebenwirkungen zu vermeiden. Zur Kombination eines schnellen Wirkungseintritts mit verlängerter Wirkdauer wird teilweise eine Mischung aus Lidocain und Bupivacain eingesetzt, wenngleich der klinische Nutzen dieser Kombination nicht eindeutig belegt ist(198,199).

Systemische Analgesieverfahren ergänzen diese peripheren Maßnahmen. Opioide oder Ketamin können intravenös als Bolus oder als kontinuierliche Infusion verabreicht werden, um nozizeptive Reaktionen während des Eingriffs gezielt zu kontrollieren (188,198). Solche Dauertropfinfusionen tragen aber nicht nur zu einer stabilen Analgesie bei, sondern haben auch eine anästhesiesparende Wirkung, vor allem bei der Verwendung einer Kombination aus Morphin, Lidocain und Ketamin in niedriger Dosierung (200). Für Hunde wurde beschrieben, dass diese Multimodalkombination die minimale alveoläre Konzentration von Isofluran senkt, ohne nachteilige hämodynamische Effekte zu verursachen, was auf eine effektive intraoperative Schmerzausschaltung hinweist (200). In einer neueren prospektiven, randomisierten und verblindeten Studie konnte gezeigt werden, dass opioidfreie Protokolle mit kontinuierlichen Infusionen von Ketamin allein oder in Kombination mit Lidocain eine effektive Kontrolle nozizeptiver Reaktionen ermöglichen und vergleichbare Ergebnisse zu opioidhaltigen Regimen erzielen (196).

Insgesamt stützt sich die intraoperative Schmerztherapie somit primär auf lokoregionale Blockaden als Basiskomponente, die durch kontinuierliche und bedarfsorientierte systemische Analgetika ergänzt werden. Dadurch kann während dieser Eingriffe eine effektive, stabile und anästhesiesparende Analgesie erreicht werden (192,196,201).

4.4.4 Postoperative Analgesie

Der postoperative Analgesiebedarf ist individuell sehr variabel und wird von einer Reihe klinisch relevanter Faktoren geprägt: individuelle Schmerzempfindlichkeit, Art und Invasivität des Eingriffs, präexistente oder chronische Schmerzprozesse, verhaltensassoziierte Veränderungen sowie chirurgische Technik und Ausmaß des Gewebetraumas (188). Deutlich wird dies in einer prospektiven Studie an Katzen mit unterschiedlich schwerer oraler Erkrankung: Tiere mit multiplen Zahnextraktionen wiesen signifikant höhere Schmerzwerte auf als Katzen mit minimaler Erkrankung, und 91,7 % von ihnen benötigten bis zum dritten postoperativen Tag Rescue-Analgesie – während in der Gruppe mit minimaler Erkrankung kein Tier zusätzliche Analgetika erforderte (191). Diese Befunde sprechen dafür, dass es nach für eine individuell abgestimmte und zeitlich ausreichend dimensionierte postoperative Schmerztherapie, besonders nach umfangreichen dentalen Eingriffen.

Bei adäquater Analgesie ist bei den meisten oralchirurgischen Patienten eine Entlassung noch am Operationstag möglich; verlängerte stationäre Aufenthalte sind die Ausnahme. Die häusliche Beobachtung durch die Tierhalter bleibt dennoch ein wichtiger Baustein: Sie

ermöglicht eine zeitnahe Einschätzung des weiteren Analgetikabedarfs und erleichtert die Entscheidung, ob Therapiedauer oder -intensität angepasst werden sollten (188).
Wie bereits erwähnt, kann dazu der Feline Grimace Score herangezogen werden (7).
Für die meisten dental- und oralchirurgischen Eingriffe wird ein multimodales Analgesiekonzept über einen Zeitraum von etwa drei bis sieben Tagen als ausreichend beschrieben (189).
Pharmakologisch bilden nichtsteroidale Antiphlogistika in Abwesenheit von Kontraindikationen die Grundlage der postoperativen Analgesie ((189,192). Klinische Studien zeigen, dass die Kombination von NSAID mit präoperativen Nervenblockaden zu besseren Analgesie-Ergebnissen führt als entweder NSAID oder Nervenblockade allein (194). Je nach Schmerzintensität können zusätzlich Opioide eingesetzt werden. Metamizol und Paracetamol bieten in geeigneten Fällen die Möglichkeit einer additiven Wirkungsverstärkung in Kombination mit NSAIDs; Paracetamol ist bei Katzen aufgrund artspezifischer Toxizität jedoch strikt kontraindiziert (2,192). Darüber hinaus stehen weitere adjuvante Substanzen zur Verfügung, darunter oral verabreichtes Tramadol oder Gabapentinoide, die ergänzend zu NSAIDs eingesetzt werden können (189,192).
Einen neueren Ansatz zur Verlängerung der postoperativen Analgesie stellen liposomal verkapselte Bupivacainformulierungen dar, die auf einer verzögerten Wirkstofffreisetzung beruhen. Erste Daten deuten darauf hin, dass solche Präparate die häusliche Erholung nach dentalen Eingriffen verbessern können; zu optimaler Dosierung und Anwendung fehlen jedoch noch belastbare Empfehlungen (202). Flankierend können nichtpharmakologische Maßnahmen wie lokale Kühlung, gepulste elektromagnetische Felder, Low-Level-Lasertherapie oder Akupunktur den Patientenkomfort zusätzlich verbessern (189,192). Besondere Aufmerksamkeit verdienen Patienten mit schwerer oraler Erkrankung, bei denen Analgesie- und Rescue-Bedarf deutlich erhöht und über mehrere Tage prolongiert sein kann. In einer prospektiven klinischen Studie benötigten 91,7 % der Katzen mit schwerer oraler Erkrankung bis zum dritten postoperativen Tag Rescue-Analgesie; zudem wurden anhaltende Verhaltensänderungen und eine reduzierte Futteraufnahme dokumentiert (191). Diese Befunde unterstreichen, wie wichtig eine robuste und zeitlich ausreichend dimensionierte multimodale Analgesie bei Patienten mit ausgeprägten dentalen Pathologien ist.

4.4.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze)

Aus Sicht des perioperativen Schmerzmanagements besteht zwischen Hund und Katze im Zusammenhang mit der Zahnextraktion keine relevanten speziesspezifischen Besonderheiten,

die über die bereits in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Unterschiede hinausgehen. Bereits zuvor dargestellt Unterschiede im Schmerzverhalten sowie in der Pharmakokinetik und Pharmakodynamik einzelner Wirkstoffe behalten jedoch weiterhin ihre allgemeine klinische Relevanz und sollten bei der individuellen Therapieplanung berücksichtigt werden.

4.4.6 Studienlage und Evidenz

Insgesamt wurden zwölf Studien in die Literaturrecherche eingeschlossen, wobei sechs dieser Publikationen primär Leitfäden oder praxisorientierte Übersichtsarbeiten zur Durchführung lokoregionaler Anästhesieverfahren in der Zahn- und Oralchirurgie darstellen, die anatomische, technische und sicherheitsrelevante Grundalgen für den routinemäßigen Einsatz von Dentalnervenblöcken liefern sollen (187,188,197,198,203,204).

Den Schwerpunkt der verfügbaren Evidenz bildet die lokale beziehungsweise lokoregionale Analgesie, die in der Zahnchirurgie als zentrale Säule des perioperativen Schmerzmanagements angesehen wird (2,197). In einer randomisierten klinischen Studie mit 29 Katzen führten maxilläre und mandibuläre Nervenblöcke zu signifikant niedrigeren intraoperativen kardiovaskulären Parametern, reduzierten Anästhetikabedarf und deutlich niedrigeren postoperativen Schmerzwerten im Vergleich zu den Kontrolltieren ohne Blockade (201). Eine weitere prospektive, randomisierte und doppelblinde Studie an 45 Hunden zeigte, dass die Kombination von Carprofen mit Bupivacain-Nervenblöcke zu niedrigeren postoperative Schmerz-Scores führte als entweder Carprofen oder Nervenblockade allein (194).

Neben der alleinigen Verwendung von Lokalanästhetika gibt es Hinweise, dass die Kombination mit Opioiden wie Buprenorphin die Analgesiedauer verlängern kann (193). In einer experimentellen Studie senkten sowohl Bupivacain allein als auch in Kombination mit Buprenorphin die minimale alveoläre Konzentration von Isofluran, was auf eine anästhesiesparende Wirkung beider Ansätze hindeutet; ein statistisch gesicherter Vorteil hinsichtlich der Blockdauer ließ sich dabei jedoch nicht nachweisen (205). Ein statistisch gesicherter Vorteil hinsichtlich der Blockdauer konnte jedoch nicht gezeigt werden. Einzelne Tiere der Kombinationsgruppe zeigten dennoch länger anhaltende Effekte, wobei die Aussagekraft durch die geringe Stichprobengröße deutlich eingeschränkt war. In einer neueren kleinen klinischen Studie (n=16 Hunde) wurde gezeigt, dass die Beimischung von Tramadol zu Lidocain bei maxillären Nervenblockaden zu einer verlängerten Analgesiedauer im Vergleich zu Lidocain allein führen kann (206).

Eine weitere, in der Literatur beschriebene Möglichkeit, die Analgesie der lokalen Blöcke zu verlängern, ist der Einsatz von liposomal verkapseltem Bupivacain. Diese Art der Bupivacain-

Formulierung setzt den Wirkstoff zeitlich verzögert, über einen längeren Zeitraum frei, wodurch die sensorische Blockdauer verlängert wird. Als Folge dieser verlängerten Wirkung, ist eine potenziell verbesserte funktionelle Erholung sowie ein reduzierter Bedarf an Nachdosierungen beschrieben (202). In experimentellen Studien an Hunden wurde die Anwendung von liposomalem Bupivacain mit dem Standard-Bupivacain verglichen. Das liposomale Bupivacain führte zu einer höheren mechanischen Schmerzschwelle und zeigte verlängerte Wirkdauer; interessanterweise variierte aber dieser Unterschied der beiden Bupivacainformulierungen je nach Applikationsort- bzw. Blocklokalisation (207). Allerdings ist es fraglich, inwieweit diese Ergebnisse auf klinische Patienten übertragbar sind, da diese teilweise nur mit sehr kleinen Stichprobengrößen durchgeführt wurden und die Untersuchungen an gesunden Tieren ohne chirurgischen Stimulus durchgeführt wurden. In einer klinischen Anwendung nach Zahnextraktionen (n=30 Hunde) berichteten Tierhalter über eine verbesserte häusliche Erholung, besseren Appetit und geringere orale Schmerzhaftigkeit bei Hunden, die liposomales Bupivacain erhalten hatten, während intraoperativ kein Unterschied im Bedarf an Rescue-Analgesie festgestellt wurde (205). Insgesamt deuten diese Daten darauf hin, dass die Anwendung liposomalen Bupivacains eine recht vielversprechende Anwendung ist, jedoch sind derzeit noch nicht ausreichend Evidenzen geben, die auch wirklich den Mehrwert im Vergleich zu Standard-Bupivacain belegen.

Auch für systemische beziehungsweise opioidreduzierte Strategien gibt ebenfalls erste kontrollierte Studien. In einer prospektiven, randomisierten und verblindeten Untersuchung wurden opioidfreie und opioidsparende Anästhesieprotokolle miteinander verglichen. Kontinuierliche Infusionen von Ketamin allein oder in Kombination mit Lidocain ermöglichten eine effektive Kontrolle nozizeptiver Reaktionen und erzielten dabei vergleichbare Ergebnisse wie ein opioidhaltiges Regime – was solche Protokolle als sinnvolle Alternative oder Ergänzung zur konventionellen Analgesie erscheinen lässt (196).

Bezüglich der postoperativen Pharmakotherapie existieren vor allem Daten zu nichtsteroidalen Antiphlogistika und einzelnen Vergleichsstudien zwischen systemischen Analgetika. Für Carprofen wurde in mehreren randomisierten Studien eine Reduktion postoperativer Schmerzen nach dentalen Eingriffen bei Hunden beschrieben, insbesondere in Kombination mit lokoregionalen Blockaden (191,194). Auch für Deracoxib wurde eine Reduktion postoperativer Schmerzen und Entzündungsreaktionen nach dentalen Eingriffen bei Hunden beschrieben, wobei direkte Vergleiche mit anderen häufig eingesetzten Analgetika fehlten (208). Bei der Katze zeigte ein Vergleich zwischen Tramadol und Meloxicam, dass beide Wirkstoffe in den

ersten postoperativen Stunden wirksam waren, Meloxicam im weiteren Verlauf jedoch eine überlegene Analgesie bot (209).

Lokoregionale Anästhesieverfahren in der Zahn- und Kieferchirurgie bei Hund und Katze sind gut etabliert und durch mehrere Leitlinien gestützt. Neuere Konzepte wie opioidfreie Protokolle oder liposomale Lokalanästhetika sind vielversprechend, aber bisher nur begrenzt untersucht – viele vorliegende Studien leiden zudem unter kleinen Fallzahlen, kurzen Nachbeobachtungszeiten oder wurden unter experimentellen Bedingungen durchgeführt. Die aktuellen Empfehlungen beruhen daher auf einer Kombination aus klinischer Erfahrung, Expertenkonsens und moderater wissenschaftlicher Evidenz.

4.5 Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) und Tibial Tuberosity Advancement (TTA)

4.5.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika

Die Ruptur des kranialen Kreuzbandes (cranial cruciate ligament disease, CCLD) gehört zu den häufigsten orthopädischen Erkrankungen bei Hunden und ist eine der Hauptursachen für eine schmerzhafte Lahmheit der Hintergliedmaßen (11,210). Die betroffenen Tiere zeigen infolge der Gelenksinstabilität, der entzündlichen Veränderungen sowie der fortschreitenden degenerativen Gelenkerkrankungen häufig bereits präoperativ deutliche Anzeichen von Schmerz und funktioneller Einschränkung (211). Dieser Schmerz ist meist mit einer Synovitis, Gelenkskapseldehnung und der Entwicklung einer sekundären Osteoarthritis verbunden und kann bereits vor dem chirurgischen Eingriff zu einer zentralen Sensibilisierung beitragen (212). Zur chirurgischen Stabilisierung des Kniegelenks sind die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) und die Tibial Tuberosity Advancement (TTA) die am häufigsten durchgeführten elektiven Verfahren (211,213). Das Ziel der beiden Methoden ist die biomechanische Kräfteverteilung so zu verteilen, dass eine funktionelle Stabilität im Kniegelenk unter Belastung wieder erreicht wird. Die TPLO besteht aus einer medialen Arthrotomie mit anschließender radialer Osteotomie der proximalen Tibia. Um den Neigungswinkel zu verringern, wird das Tibiaplateau rotiert und anschließend mit Osteosyntheseplatten im korrekten Winkel fixiert (214–216).

Im Gegensatz dazu wird bei TTA die Tuberositas tibiae osteotomiert und vorverlagert, um die Patellarsehne so zu positionieren, dass sie die kranial gerichteten Schubkraft der Tibia während der Belastung neutralisiert (215). Beide Methoden werden als invasive Eingriffe angesehen, denn sie gehen mit einer umfangreichen Manipulation von Knochen, Periost, Gelenkskapsel und den angrenzenden Weichteilen einher. Aufgrund dieser ausgeprägten Gewebetraumata ist

die chirurgische Versorgung der CCLD mit erheblichen intraoperativen sowie anhaltenden postoperativen Schmerzen verbunden (2,213,217,218). Der Schmerz weist überwiegend somatische Komponenten auf, die insbesondere durch die Osteotomie, das periostale Trauma und die chirurgische Inzision verursacht werden. Zusätzlich verstärkt wird dies durch entzündliche Prozesse im Operationsgebiet (216). Vor allem die Manipulation des stark innervierten Periosts und das Durchtrennen des kortikalen Knochens sind intensive nozizeptive Stimuli.

Eine unzureichendes perioperatives Schmerzmanagement kann die Heilungsphase beeinträchtigen. Durch eine adäquate Schmerztherapie wird nicht nur eine rasche Wiederherstellung der Gliedmaßenfunktion gefördert, sondern auch zentralen Sensibilisierungsprozessen entgegengewirkt, die sich langfristig auf das Wohlbefinden des Patienten auswirken können. (219). In verschiedenen klinischen Studien zeigten 41-61% der Hunde bis zu einem Jahr nach TPLO-Anzeichen eines chronischen Schmerzgeschehens (210,220). Dieses wird sowohl mit bereits präoperativ bestehenden nozizeptiven Prozessen als auch mit intraoperativer nozizeptiver Stimulation und unzureichender postoperativer Analgesie in Verbindung gebracht, was die Bedeutung eines adäquaten perioperativen Schmerzmanagements bei invasiven orthopädischen Eingriffen unterstreicht.

4.5.2 Präoperative Analgesie

Die präoperative Analgesie bei invasiven orthopädischen Eingriffen verfolgt das Ziel, zentrale Sensibilisierungsprozesse zu verringern, die durch bereits bestehende Schmerzen infolge der CCLD entstanden sind. Da viele Patienten bereits vor dem Eingriff unter teils chronischen, aber auch entzündlichen Schmerzen leiden, ist ein präemptiver Ansatz von hier von besonderer Bedeutung für das Wohlbefinden der Patienten

Zur systemischen präoperativen Analgesie werden vor allem Opioide eingesetzt, die eine zuverlässige Analgesie gewährleisten und die gleichzeitig zur Reduktion des intraoperativen Anästhetikabedarfs beitragen (2,221). Besonders Methadon lässt sich hier als wirksames präoperativen Analgetikum in einer Dosierung von 0,2-0,5 mg/kg intramuskulär oder intravenös einsetzen (222). Morphin in Dosierungen von 0,3-0,5 mg/kg oder Buprenorphin in Dosierungen von 0,015-0,02 mg/kg können alternativ eingesetzt werden (223,224).

Ebenso sind NSAIDs ein wesentlicher Bestandteil der präoperativen Analgesie bei orthopädischen Eingriffen, da sie aufgrund ihrer ausgeprägten antiinflammatorischen Wirkung entzündlich bedingte Schmerzen reduzieren. Eine Studie von Bufalari et al (2012) konnte zeigen, dass die präoperative Gabe von Carprofen zu einer signifikanten Verbesserung der

intraoperativen Stabilität und einem erhöhten Patientenkomfort während der Aufwachphase führt (219). Ein präoperativer Therapiebeginn mit NSAIDs wird empfohlen, jedoch sollte derselbe Wirkstoff für die postoperative Phase genutzt werden, um eine durchgehende Kontrolle der entzündungsbedingten Schmerzen zu gewährleisten (2). Ein multimodaler Ansatz bestehen aus Opioiden und NSAIDs bildet somit die Grundlage für ein effektives Schmerzmanagement und trägt wesentlich zur Prävention bzw. Therapie vorhandener zentraler Sensibilisierungsprozesse bei.

4.5.3 Intraoperative Analgesie

Das intraoperative Schmerzmanagement bei orthopädischen Eingriffen wie TPLO oder TTA stützt sich in besonderem Maße auf den Einsatz lokoregionaler Anästhesieverfahren (216). Sowohl epidurale Anästhesien als auch periphere Nervenblöcke werden routinemäßig angewendet, um nozizeptive Reize während der Operation wirksam zu unterdrücken und den Bedarf an systemischen Anästhetika zu reduzieren (225). In den letzten Jahren haben sich insbesondere periphere Nervenblöcke, unterstützt durch Ultraschall oder elektrische Nervenlokalisation, als Alternative zur Epiduralanästhesie etabliert (163,216). Eine Umfrage unter Board-zertifizierten Anästhesisten des American und European College of Veterinary Anaesthesia and Analgesia (ACVAA & ECVAA) zeigte, dass 79% der Diplomates periphere Nervenblöcke bevorzugen, da sie mit einer geringeren Rate an Nebenwirkungen sowie einem reduzierten Bedarf an intra- und postoperativen Rescue-Analgesien assoziiert sind (226). Die epidurale Anästhesie ist eine lokoregionale Anästhesietechnik, die unter anderem zur intraoperativen Analgesie bei orthopädischen Eingriffen eingesetzt wird. Verschiedene Wirkstoffkombinationen und Protokolle wurden untersucht. Dabei zeigte sich, dass eine Kombination aus Lokalanästhetika und Opioiden eine verbesserte Analgesie und eine reduzierten Bedarf an systemischen Analgetika aufwies (25). Eine effektive Alternative bieten periphere Nervenblöcke, da sie gezielte Analgesien gewährlisten, jedoch geringere motorische Beeinträchtigungen mit sich bringen. Zusätzlich tragen periphere Nervenblöcke als intraoperativen Analgesie auch dazu bei, die benötigte Menge an systemischen Anästhetika zu senken (227).

Für Eingriffe am Kniegelenk wie die TPLO werden vor allem Blöcke des N. femoralis und N. ischiadicus sowie Kombinationen aus N. saphenus- und N. ischiadicus-Block angewendet, um eine möglichst vollständige Analgesie der betroffenen Gliedmaße zu erreichen (Parker et al. 2023). In einem direkten Vergleich von epiduraler Anästhesie und peripheren Nervenblöcken konnte kein signifikanter Unterschied bei der Verteilung von Rescue Analgesien festgestellt

werden, was auf eine vergleichbare analgetische Wirksamkeit schließen lässt (217,227). Allerdings zeigen Patienten, die mittels peripherer Blöcke analgetisch versorgt werden, eine frühere postoperative Mobilisierung und weisen eine geringere Inzidenz unerwünschter Effekte wie Paralyse der kontralateralen Gliedmaße oder Harnretention auf, die insbesondere im Zusammenhang mit epiduralen Verfahren auftreten können (213,217,226).

Als Lokalanästhetikum wird bei peripheren Nervenblöcken überwiegend Bupivacain oder Ropivacain eingesetzt (226). Die Wirkdauer von Bupivacain 0,5%, in Konzentrationen unterhalb der toxischen Dosis, beträgt für den motorischen Anteil des ultraschallgeführten N. femoralis und N. ischiadicus Blocks median 11-12 Stunden und 10-15 Stunden für den sensorischen Anteil (228). Die Dauer und Intensität der Analgesie kann durch die Zugabe von Adjuvantien, insbesondere Alpha-2-Adrenorezeptor-Agonisten zusätzlich verlängert werden (226).

Neuere, motorisch schonende Techniken wie der GIN-TONIC-Block (Greater Ischiatic Notch plane block combined with caudal Quadratus lumborum block) sowie die Kombination aus iPACK-Block (Interspace between the Popliteal Artery and Capsule of the Knee) und Adduktorenkanal-Block ermöglichen eine effektive analgetische Versorgung bei gleichzeitiger Minimierung motorischer Einschränkung der betroffenen Gliedmaße (229,230).

Eine wirksame Alternative zu herkömmlich genutztem Bupivacain ist liposomales Bupivacain (5,3mg/kg), das periartikulär injiziert wird. Hunde, die liposomales Bupivacain erhielten, benötigten mit geringerer Wahrscheinlichkeit Rescue-Analgesie und erhielten insgesamt geringere Mengen an Opioiden im Vergleich zu Hunden, die 0,5% Bupivacainhydrochlorid (1,5 mg/kg) erhielten (231).

Ergänzend zu lokoregionalen Verfahren kann die intraoperative Analgesie durch systemisch verabreichte Wirkstoffe weiter optimiert werden. Opioide, Alpha-2-Adrenozeptor-Agonisten oder Ketamin können in Form von Dauertropfinfusionen oder Einzelbolus verabreicht werden und bilden so einen wichtigen Bestandteil der multimodalen Analgesie bei orthopädischen Eingriffen (2)

4.5.4 Postoperative Analgesie

Postoperativ werden bei TPLO und TTA vor allem NSAIDs und Opioide zur Schmerztherapie eingesetzt (226). Analgetika, die intraoperativ als Bolus oder Dauertropfinfusion verabreicht wurden, können in der unmittelbaren postoperativen Phase zunächst weitergeführt und anschließend schrittweise reduziert werden (2). Zusätzlich tragen lokoregionale Anästhesien zu einer zeitlich begrenzten postoperativen Analgesie bei, wobei beispielsweise Bupivacain eine

Wirkdauer von bis zu acht Stunden erreichen kann, während liposomales Bupivacain eine verlängerte Wirkdauer aufweist (231).
Da NSAIDs meist eine lange Wirkdauer aufweisen und ein günstiges Sicherheitsprofil haben, eignen sie sich besonders für die Therapie von Schmerzen und entzündlichen Prozessen über längere Zeiträume hinweg (169). Zahlreiche Studien bestätigen die zentrale Rolle, die NSAIDs durch ihre zuverlässige Analgesie bei der Behandlung postoperativer Schmerzen nach orthopädischen Eingriffen einnehmen (219,232).
In einer Studie konnte gezeigt werden, dass NSAIDs bei Hunden nach TPLO eine ausreichende analgetische Wirkung für bis zu 30 Tage postoperativ gewährleisten können (232). Jedoch ist eine kontinuierliche Therapie über mehrere Tage bis Wochen notwendig, um eine adäquate Therapie entzündungsbedingter Schmerzen zu gewährleisten.
Opioide bieten ebenfalls eine effektive Analgesie. Da sie jedoch meist mit einer vergleichsweise kurzen Wirkdauer, möglicher Nebenwirkungen und begrenzter oraler Verfügbarkeit einher gehen, sind sie überwiegend auf den klinischen Einsatz beschränkt (169).
Als intravenöse Rescue Analgesie wird häufig Methadon in Dosierungen von 0.1-0,2mg/kg eingesetzt, sobald Schmerz-Scores definierte Schwellenwerte überschreiten (222,231). Upchurch et al. konnte zeigen, dass bereits 2 Dosen subkutanes Methadon (0,25 oder 0,5 mg/kg präoperativ und 4 Stunden später) in Kombination mit Carprofen eine adäquate Analgesie für bis zu 12 Stunden, mit einer Rescue Analgesierate von nur 5,9%, gewährleisten (222).
Der zusätzliche Nutzen bestimmter adjuvanter Analgetika wurde ebenfalls untersucht, dabei wurde festgestellt das Wirkstoffe wie Gabapentin oder Cannabidiol-Extrakte, bei der Anwendung in Standardprotokollen mit NSAIDs und Lokalanästhetika, keinen signifikanten zusätzlichen analgetischen Effekt erbringen. Weder subjektive Schmerzbewertungen noch objektive Parameter konnten durch diese Ergänzungen verbessert werden (233–235).
Tramadol wird in der klinischen Praxis häufig als adjuvante Analgesie eingesetzt, obwohl die klinischen Wirksamkeit bei Hunden eingeschränkt sein kann, da es durch eine variable Metabolisierung zu niedrigen Serumkonzentrationen der aktiven Metaboliten kommen kann (232,236).
Zusätzlich können nicht-pharmakologische Maßnahmen, wie Kryotherapie, eine geeignete Lagerung und eine komfortable Unterbringung des Patienten die Schmerzreduktion unterstützen (2). Eine Studie zur Kältekompressionstherapie nach TPLO zeigte, dass sowohl eine einmalige Anwendung vor und unmittelbar nach der Operation als auch vier postoperative Anwendungen im 6-Stunden-Intervall zu signifikant größerem Bewegungsumfang, niedrigeren Schmerz-Scores 24 Stunden nach der Operation und verbesserter Lahmheit im Vergleich zu

Kontrollen führten (237).Auch kann physiotherapeutische Rehabilitation und kontrollierte Bewegungstherapie die postoperative Therapie unterstützen (2). Invasive orthopädische Eingriffe wie die TPLO oder TTA gehen mit ausgeprägten und langanhaltenden postoperativen Schmerzen einher. Um einer zentralen Sensibilisierung und der Entwicklung chronischer Schmerzprozesse vorzubeugen, ist eine konsequent fortgeführtes Analgesieregime erforderlich (217). Die postoperative Analgesie sollte deswegen über mehrere Tage bis Wochen fortgeführt werden.

4.5.5 Speziesunterschiede (Hund vs. Katze)

Erkrankungen des Kniegelenks, wie Rupturen des kranialen Kreuzbandes, stellen auch bei der Katze relevante Ursachen für eine Lahmheit der Hintergliedmaße dar (238). Die Ruptur des kranialen Kreuzbandes tritt bei der Katze jedoch deutlich seltener auf als beim Hund und ist meist die Folge eines akuten Traumas, beispielsweise nach Verkehrsunfällen oder Stürzen aus großer Höhe. Die TPLO kann bei der Katze durchgeführt werden und führt ebenfalls zu einer guten funktionellen Wiederherstellung allerdings wird bei Katzen traditionell eine extrakapsuläre Stabilisation durchgeführt (239).
Die perioperativen Analgesieprotokolle unterscheiden dabei sich kaum von denen beim Hund, so das auf Opioide im Rahmen der Prämedikation, lokoregionale Techniken, vor allem epidurale Anästhesien und NSAIDs zur postoperativen Schmerzkontrolle, gesetzt wird (2,7). Eine vergleichende Studie bei Katzen und Hunden zeigte, ultraschallgeführte Blöcke von N. femoralis und N. ischiadicus einen vergleichbaren analgetischen Effekt wie eine Epiduralanästhesie bieten, Katzen jedoch keine Nebenwirkungen wie Harnretention oder Gangstörungen aufwiesen (240)
Die verfügbare Evidenz für osteotomiebasierte Eingriffe bei Katzen ist begrenzt, was besonders die geringe Fallzahlen und selten durchgeführte Anwendung dieser Technik zurückzuführen ist (239).

4.5.6 Studienlage und Evidenz

Die wissenschaftliche Evidenz zum perioperativen Schmerzmanagement bei TPLO und TTA basiert auf einer umfangreichen Literaturrecherche die prospektive, randomisierte und häufig verblindete klinische Studien enthält, die in den Jahren von 2010 bis 2025 publiziert wurden. Diese Recherche zeigt eine klare Entwicklung hin multimodalen Analgesiekonzepten, bei denen vor allem lokoregionale Anästhesieverfahren eine zentrale Rolle spielen, sowie

Protokolle, die eine Reduktion der Opioidanwendung priorisieren. Periphere Nervenblöcke stellen mit 17 von 37 eingeschlossenen Studien eine der größten untersuchten Themenbereiche innerhalb der perioperativen Analgesie bei TPLO- und TTA-Operationen dar. Die überwiegende Mehrheit dieser Studien basiert auf prospektiven, randomisierten und häufig verblindeten klinischen Studiendesigns, wodurch insgesamt eine hohe Aussagekraft der verfügbaren Evidenz gegeben ist. Besonders hervorgehoben wurden perineurale Blöcke des N. femoralis und N. ischiadicus, die unter Ultraschallführung oder mittels elektrischer Nervenstimulation durchgeführt wurden (216,225,229–231,241–252). Die Studien zeigen übereinstimmend, dass periphere Nervenblöcke wesentlich zu einem effektiven multimodalen Schmerzmanagement beitragen, denn diese Techniken führten zu einer verbesserten intraoperativen kardiovaskulären Stabilität, niedrigeren Schmerz-Scores in der postoperativen Phase sowie zu einem deutlich reduzierten Bedarf an Rescue-Analgetika, im Vergleich zu rein systemischen Analgesieprotokollen. Darüber hinaus wurde eine schnellere Wiederaufnahme der Futteraufnahme sowie eine insgesamt verbesserte postoperative Erholung beobachtet (248,249,252).

Mehrere Studien konnten zudem zeigen, dass die Zugabe von Dexmedetomidin zu Lokalanästhetika die Dauer der sensorischen Blockade und der postoperativen Analgesie signifikant verlängert. Dabei wurde eine Verlängerung der Wirkdauer um das etwa 1,5-2,5-fache beschrieben, wobei dieser Effekt insbesondere bei perineuraler Applikation ausgeprägt war, jedoch auch nach systemischer Gabe in abgeschwächter Form nachgewiesen werden konnte (241,243,245,247).

Während der Block eines einzelnen Nervs häufig keine ausreichende intraoperative Analgesie gewährleistete, führte der kombinierte Block von N. femoralis und N. ischadicus zu einer vollständigen Desensibilisierung des Kniegelenks. Eine zusätzliche Blockade des N. obturatorius zeigte hingegen keinen signifikanten zusätzlichen klinischen Nutzen hinsichtlich der intraoperativen Schmerzkontrolle (216,225,247,248).

Neuere Verfahren wie der GIN-TONIC-Block oder die Kombination aus iPACK- und Adduktorenkanal-Block ermöglichen eine effektive analgetische Abdeckung, bei der die betroffene Gliedmaße motorisch weniger eingeschränkt ist. Dadurch wird eine frühere postoperative Mobilisierung der Patienten begünstigt, was einen wichtigen Beitrag zur funktionellen Rehabilitation nach orthopädischen Eingriffen leisten kann (229,230).

Weitere acht der 37 eingeschlossenen Studien untersuchten multimodale Analgesieprotokolle im Kontext von TPLO-und TTA-Operationen. Dabei kamen unterschiedliche Studiendesigns zum Einsatz, die von retrospektiven Fall-Kontrollstudien bis hin zu prospektiven,

randomisierten und verblindeten klinischen Untersuchungen reichten (210,218,253–257). Der Schwerpunkt dieser Studien lag insbesondere auf dem Vergleich zwischen rein systemischen Analgesieprotokollen, die hauptsächlich auf Opioiden basieren, und multimodalen Ansätzen, die lokoregionale Anästhesieverfahren wie Epiduralanästhesien oder periphere Nervenblöcke integrieren um die Bedarf an systemischen Analgetika zu reduzieren. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen übereinstimmend, dass lokoregionale Verfahren einer alleinigen systemischen Opioidgabe überlegen sind (254,256,257). Neben einer effektiveren Schmerzreduktion konnte auch eine geringere endokrine Stressantwort, gemessen anhand von Cortisol- und Glukosekonzentrationen, sowie eine insgesamt verbesserte postoperative Erholung festgestellt werden (256). Eine vergleichende Studie zeigte, dass vier verschiedene perioperative Analgesieprotokolle – kontinuierliche Infusion von Morphin, Lidocain und Ketamin; lumbosakrale Epiduralanästhesie mit Morphin und Ropivacain; Kombination beider Verfahren; oder nur intramuskuläre Prämedikation mit Morphin – alle eine akzeptable Analgesie für 24 Stunden nach TPLO gewährleisten, mit ähnlichen Anforderungen an Rescue-Analgesie und vergleichbaren Zeitpunkten bis zur ersten Verabreichung von Rescue-Analgesie (218).

Zwölf der 37 eingeschlossenen Studien befassen sich primär mit der systemischen Analgesie im Rahmen von TPLO- und TTA-Operationen und untersuchten dabei sowohl die Wirksamkeit einzelner Wirkstoffe als auch deren Kombination innerhalb multimodaler Analgesiekonzepte (219,232–234,236,258–264).

Diese Studien zeigen übereinstimmend, dass NSAIDs eine zentrale Rolle im postoperativen Schmerzmanagement einnehmen und eine adäquate Analgesie nach orthopädischen Eingriffen gewährleisten (219,232,259,261,262). Mehrere Studien konnten zeigen, dass ein postoperatives Schmerzmanagement, das rein auf der orale Verabreichung von Opioiden basiert, im direkten Vergleich mit Protokollen die NSAIDs enthalten, mit einer nicht ausreichender analgetischer Abdeckung und einer schlechteren funktionellen Wiederherstellung der betroffenen Gliedmaße assoziiert sind (232,236,261).

Außerdem konnte gezeigt werden, dass die präemptive Anwendung von Analgetika, insbesondere von NSAIDs wesentlich dazu beiträgt, die Entstehung von zentralen Sensibilisierungsprozessen zu begrenzen. Ebenso führen sie zu einer verbesserten intraoperativen Stabilität sowie einem verbesserten Patientenkomfort während der Aufwachphase (219,262).

Der zusätzliche Nutzen bestimmter adjuvanter Analgetika wurde ebenfalls untersucht. Dabei zeigte sich, dass diese keinen signifikanten zusätzlichen analgetischen Effekt erzielten, wenn

sie bereits etablierten Standardprotokollen hinzugefügt wurden, so dass weder subjektive Schmerzbewertungen noch objektive Parameter konnten durch diese Ergänzungen verbessert werden (233,234). Auch die zusätzliche Gabe von Dexmedetomidin oder Magnesium als Adjuvanzien im Rahmen peripherer Nervenblöcke führte in einzelnen Studien zu keiner messbaren Verbesserung der analgetischen Wirkung (258).
Ein weiterer wichtiger Aspekt, der in mehreren Studien untersucht wurde, ist die individuell auf den Patienten abgestimmte Analgesie basierend auf klinischen Schmerzbewertungen. Dabei konnte gezeigt werden, dass eine bedarfsgerechte Verabreichung von Analgetika auf Grundlage validierter Schmerzskalen im Vergleich zu standardisierten Dosierungsintervallen mit einer deutlichen Reduktion opioidassoziierter Nebenwirkungen wie Erbrechen einhergeht und gleichzeitig eine schnellere Rückkehr zur Futteraufnahme ermöglicht. Demgegenüber wurde eine übermäßige Opioidgabe ohne klare klinische Indikation mit vermehrter Unruhe und Vokalisation in Verbindung gebracht (223,253,265).

Zusammenfassend verdeutlichen die analysierten Studien eine klare Entwicklung hin zu opioidreduzierten, multimodalen Analgesiekonzepten, bei denen lokoregionale Anästhesieverfahren zunehmend eine zentrale Rolle einnehmen. Diese Protokolle ermöglichen ein effektiveres Schmerzmanagement, verbesserten die unmittelbare postoperativer Erholung der Patienten und tragen somit wesentlich zur Verbesserung der perioperativen Analgesie nach invasiven orthopädischen Eingriffen wie TPLO und TTA bei.

4.6 Mastektomie

4.6.1 Eingriffsbeschreibung und Schmerzcharakteristika

Mammatumore sind die häufigsten Neoplasien bei intakten Hündinnen und stellen auch bei Katzen einen bedeutenden Anteil der Tumorerkrankungen dar, wobei sie bei Katzen seltener, jedoch häufiger maligne sind (32,266). Die chirurgische Entfernung stellt bei beiden Spezies die Therapie der Wahl dar (32,56,206). Abhängig von Anzahl, Größe und Lokalisation der Tumoren sowie patientenspezifische Faktoren kann die Mastektomie in unterschiedlichem Ausmaß durchgeführt werden (56,267). Zu den verschiedenen Verfahren zählen die einfache Mastektomie, bei der ausschließlich eine einzelne Milchdrüse entfernt wird, die regionale Mastektomie mit zusätzlicher Entfernung benachbarter Milchdrüsen sowie die unilaterale und bilaterale Mastektomie, bei der eine oder beide Milchleisten vollständig reseziert werden.

Da es sich bei onkologischen Patienten häufig um geriatrische Tiere handelt, liegen nicht selten systemische Begleiterkrankungen vor, die sowohl die chirurgische Therapie als auch das perioperativen Schmerzmanagement beeinflussen (56,267). Eine präoperative Beurteilung der Organfunktion, beispielsweise mittels Blutuntersuchung, ist daher empfehlenswert. Zusätzlich können bereits präoperative Schmerzen, entzündliche Veränderungen oder Ulzerationen im Bereich der betroffenen Milchdrüsen vorliegen (56,206,268).
Die Mastektomie stellt einen invasiven chirurgischen Eingriff dar, bei dem durch umfangreiche stumpfe und scharfe Gewebedissektion großflächige Gewebetraumata entstehen. Infolgedessen kommt es zu moderaten bis starken postoperativen Schmerzen, die überwiegend somatischen Ursprungs sind, jedoch auch viszerale und neurogene Komponenten umfassen können. Entzündliche Prozesse, Ödembildung und Gewebeschwellung können die Schmerzintensität zusätzlich verstärken (2,38,269). Die Dauer der postoperativen Schmerzphase kann sich über mehrere Tage bis Wochen erstrecken und korreliert direkt mit dem Ausmaß des chirurgischen Eingriffs. Während kleinere Resektionen meist geringe Schmerzen verursachen, sind insbesondere unilaterale und bilaterale Mastektomien aufgrund des größeren Gewebetraums meist mit stärkeren Schmerzen verbunden.

4.6.2 Präoperative Analgesie

Die präoperative Analgesie stellt einen essenziellen Bestandteil des multimodalen Schmerzmanagements dar. Aufgrund des häufig geriatrischen Patientenkollektivs mit potenziellen Komorbiditäten muss die Auswahl der Analgetika individuell angepasst erfolgen. Opioide bilden die zentrale Säule der präoperativen Analgesie, da sie eine effektive Kontrolle moderater bis starker Schmerzen ermöglichen und gleichzeitig den Bedarf an Inhalationsanästhetika und Hypnotika reduzieren, was die kardiovaskuläre Stabilität während der Allgemeinanästhesie unterstützt (206). In klinischen Studien erwies sich Methadon als besonders wirksames präoperatives Opioid mit überlegener perioperativer Analgesie (270). Ergänzend kann der präoperative Einsatz von NSAIDs – sofern keine Kontraindikationen vorliegen - die Analgesie durch ihre entzündungshemmenden Eigenschaften verbessern und zu einem stabileren postoperativen Verlauf beitragen (2,271).
Als Adjuvans kann präoperativ Gabapentin (10 mg/kg p.o.) eingesetzt werden, wobei in einer Studie eine Reduktion der postoperativ benötigten Morphindosen um etwa 44 % beobachtet wurde (38). Im Gegensatz dazu konnte für Pregabalin (4 mg/kg alle 8 Stunden) in einer randomisierten kontrollierten Studie kein zusätzlicher analgetischer Nutzen nachgewiesen werden (272).

4.6.3 Intraoperative Analgesie

Die intraoperative Analgesie basiert in der Regel auf multimodalen Konzepten, häufig in Form von Dauertropfinfusionen (z.B. Lidocain und Ketamin), die durch Opioide (z.B. Fentanyl, Methadon), Alpha-2Agonisten und/oder Adjuvantien wie Maropitant ergänzt werden können (51,273,274). Diese Kombinationen führen zu einer effektiven Analgesie und einer signifikanten Reduktion der minimalen alveolären Konzentration (MAC) von Inhalationsanästhetika (275).

Neben systemischen Analgesieverfahren können auch lokoregionale Anästhesieverfahren zur intraoperativen Schmerzkontrolle bei der Mastektomie eingesetzt werden. Aufgrund der Ausdehnung des Operationsgebietes stellt die Vielzahl der beteiligten Nerven eine besondere Herausforderung dar, da eine ausreichende Analgesie nur durch eine großflächige Anästhesie der entsprechenden Innervationsgebiete erreicht werden kann. Studien zeigen, dass lokoregionale Verfahren zu einer verbesserten hämodynamischen Stabilität, einer deutlichen Reduktion des Inhalationsanästhetikabedarfs sowie zu einem geringeren intra- und postoperativen Opioidbedarf führen (2,270).

Eine mögliche Technik stellt die Tumeszenzanästhesie dar, bei der große Volumina eines Lokalanästhetikums mit Sperrkörper in das Operationsgebiet infiltriert werden (268). Diese Methode ist vergleichsweise einfach anzuwenden und bietet die typischen Vorteile lokalanästhetischer Verfahren, insbesondere eine Reduktion des intraoperativen Bedarfs an systemischen Analgetika und Inhalationsanästhetika. Darüber hinaus wurde über eine verminderte intraoperative Blutungsneigung, verkürzte Operationszeiten sowie eine postoperative Analgesie von bis zu 12 Stunden berichtet (172,206,268,276). Bei der Anwendung ist zu beachten, dass es zu einer systemischen Absorption des Lokalanästhetikums kommt, wobei Plasmaspitzenkonzentrationen typischerweise 30–60 Minuten nach Applikation auftreten, weshalb eine sorgfältige Dosisberechnung und ein entsprechendes Patientenmonitoring erforderlich sind (277). Einschränkungen ergeben sich jedoch bei ulzerierten oder entzündlich veränderten Tumoren, da hier ein erhöhtes Risiko für postoperative Infektionen oder eine mögliche Tumorzellverschleppung bestehen kann. Zudem können entzündliche Veränderungen die Wirksamkeit von Lokalanästhetika beeinträchtigen (206,278).

Eine weitere Möglichkeit zur intraoperativen Analgesie ist die epidurale Anästhesie. Trotz der Ausdehnung des Operationsgebietes konnte gezeigt werden, dass die epidurale Applikation eines Lokalanästhetikums in Kombination mit einem Opioid und gegebenenfalls einem Alpha-2-Agonisten eine effektive Analgesie ermöglicht und gleichzeitig zu einer signifikanten

Reduktion der erforderlichen Isoflurankonzentration führt. Zusätzlich zeigt sich ein positiver Effekt auf die postoperative Analgesie (269).

Der Transversus-abdominis-Plane-Block (TAP) ist eine Technik, die ursprünglich in der Humanmedizin etabliert wurde und mittlerweile auch in der Veterinärmedizin Anwendung findet (279). Dabei wird ein Lokalanästhetikum unter Ultraschallkontrolle zwischen die Muskelschichten der schrägen und geraden Bauchmuskulatur injiziert, wodurch die Ursprungsbereiche der Genitofemoralnerven sowie die ventralen Hautäste der ersten drei Lendennerven, die an der Innervation der abdominalen und inguinalen Mammadrüsen beteiligte sind, anästhesiert werden (74). Dies bewirkt eine regionale Anästhesie der Bauchdecke, ohne viszerale Komponenten zu beeinflussen (206). In randomisierten und prospektiven Studien führte der TAP-Block zu reduzierten frühen postoperativen Schmerzwerten und einem geringeren Bedarf an Rescue-Analgesie (279,280). Der TAP-Block alleine bietet jedoch keine ausreichende analgetische Abdeckung für eine Mastektomie und muss daher mit weiteren lokoregionalen Verfahren kombiniert werden, beispielsweise mit einem Block der entsprechenden Interkostalnerven oder einem Serratus-Plane-Block (206).

Der Serratus-Plane-Block (SP-Block) stellt eine sichere Alternative zum Interkostalnervenblock dar, da er im Gegensatz zu diesen eine einzelne Injektion erfordert. Dabei wird unter Ultraschallkontrolle das Lokalanästhetikum zwischen dem M. serratus anterior und M. intercostalis externus injiziert, wodurch eine indirekte Anästhesie der Interkostalnerven erreicht wird (74). Die Kombination aus TAP- und SP-Block zeigt eine sehr gute intra- und postoperative Wirksamkeit, was sich in niedrigere Schmerzwerten sowie einem reduzierteren Bedarf an Rescue-Analgetikabedarf widerspiegelt. Diese Kombination erfordert jedoch eine entsprechende Erfahrung im Umgang mit ultraschallgestützten Techniken (279).

4.6.4 Postoperative Analgesie

Das postoperative Schmerzmanagement nach einer Mastektomie kann sich, abhängig vom Umfang der Mastektomie, über mehrere Tage bis hin zu Wochen erstrecken. In der unmittelbaren postoperativen Phase kann die Analgesie durch Fortführung der intraoperativen Dauertropfinfusionen gewährleistet werden, die im weiteren Verlauf schrittweise reduziert und schließlich abgesetzt werden (2). Kontinuierliche Infusionen (Lidocain ± Ketamin ± Maropitant) wurden in klinischen Studien bis zu 1 Stunde postoperativ fortgesetzt und waren mit niedrigeren frühen postoperativen Schmerzwerten und reduziertem Rescue-Bedarf assoziiert (274).

Zusätzlich können im Rahmen der Operation applizierte lokoregionale Anästhesieverfahren zu einer analgetischen Wirkung von bis zu 24h postoperativ beitragen (267).
NSAIDs haben sich aufgrund ihrer analgetischen und antiinflammatorischen Eigenschaften als zentraler Bestandteil des postoperativen Schmerzmanagements etabliert. Insbesondere Protokolle, die Meloxicam oder Robenacoxib enthalten, zeigen eine zuverlässige und adäquate Analgesie nach Mastektomie (206). Sollte die alleinige Gabe von NSAIDs keine ausreichende Schmerzreduktion ermöglichen, können zusätzlich Analgetika oder Adjuvantien eingesetzt werden. Die meisten Opioide eignen sich aufgrund ihrer Applikationsform und ihres Nebenwirkungsprofils nur für die Anwendung im klinischen Umfeld. Eine Ausnahme stellt Tramadol dar, das in Österreich in der Kleintiermedizin häufig eingesetzt wird, da es über eine gute orale Bioverfügbarkeit verfügt und eine vergleichsweise lange Wirkdauer von bis zu acht Stunden aufweist (281).
Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die präoperative Gabe von Gabapentin die postoperative Analgesie verbessert. In Kombination mit Meloxicam wurde eine adäquate Schmerzkontrolle über einen Zeitraum von bis zu 72 Stunden erreicht (38).
Neben der pharmakologischen Therapie tragen auch nicht-medikamentöse Maßnahmen wesentlich zur postoperativen Schmerzreduktion bei. Hierzu zählen insbesondere eine komfortable Lagerung des Patienten sowie eine intensive pflegerische Betreuung im Sinne von TLC (Tender Loving Care), die den Heilungsverlauf zusätzlich unterstützen können (2). Die Anwendung von Kälte (Kryotherapie) in der frühen postoperativen Phase kann zur Reduktion von Schwellung und Schmerz beitragen.

4.6.5 Speziesspezifische Unterschiede

Aus Sicht des perioperativen Schmerzmanagements bestehen zwischen Hund und Katze im Zusammenhang mit der Mastektomie keine relevanten speziesspezifischen Besonderheiten, die über die bereits in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Unterschiede hinausgehen. Bereits zuvor dargestellt Unterschiede im Schmerzverhalten sowie in der Pharmakokinetik und Pharmakodynamik einzelner Wirkstoffe behalten jedoch weiterhin ihre allgemeine klinische Relevanz und sollten bei der individuellen Therapieplanung berücksichtigt werden.

4.6.6 Studienlage und Evidenz

Die im Rahmen der PRISMA-basierten Literaturrecherche eingeschlossenen Studien weisen überwiegend prospektive, randomisierte und häufig doppelblinde klinische Studiendesigns auf.

Zur objektiven Beurteilung der analgetischen Wirkung wurden in fast allen Arbeiten validierte Schmerzskalen eingesetzt, die häufig durch physiologische Parameter wie Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck ergänzt wurden.
Von den eingeschlossenen Studien befassten sich 17 von 29 Arbeiten primär mit lokalanästhetischen beziehungsweise lokoregionalen Anästhesietechniken (168,206,269,270,276,277,280,282–291). In diesen Studien wurden verschiedene Blocktechniken entweder mit rein systemischen Analgesieprotokollen verglichen oder unterschiedliche lokoregionale Verfahren direkt gegenübergestellt.
Die Ergebnisse zeigen konsistent, dass lokoregionale Anästhesietechniken wie Tumeszensanästhesie oder Transversus-abdominis-Plan-Block (TAP) zu einer deutlich verbesserten hämodynamischen Stabilität während des Eingriffs führen. Gleichzeitig konnte eine deutliche Einsparung von Inhalationsanästhetika sowie eine signifikante Reduktion des Bedarfs an Rescue-Opioiden beobachtet werden. Der Bedarf an intraoperativen Notfallanalgetika war in den Gruppen mit lokoregionaler Anästhesie deutlich geringer, und in vielen Fällen war unter einem effektivem Block keine zusätzliche Opioidgabe erforderlich (168,270,277,280,282,284,285,287,288,290,291).
Ein weitere zentraler Effekt der untersuchten Verfahren ist die Ausdehnung der analgetischen Wirkung weit in die postoperative Phase hinein. Blocktechniken wie die Tumeszenzanästhesie oder der TAP-Block bieten eine postoperative Analgesie von etwa sechs bis zwölf Stunden nach dem Eingriff (277,286,290). Die Kombination von Lokalanästhetika mit anderen Wirkstoffen, kann diese Wirkung zusätzlich verlängern (269). Entsprechend zeigten Patienten, die mit lokoregionalen Verfahren behandelt wurden, in validierten Schmerzskalen durchgehend niedrige Schmerzwerte und benötigten postoperativ später oder seltener Rescue-Analgesien als Tiere, die ausschließliche systemisch behandelt wurden (270,282,288).
Insbesondere die Tumeszenzanästhesie bietet neben der analgetischen Wirkung zusätzliche chirurgische Vorteile. Durch die Hydrodissektion trennt das große Volumen der infiltrierten Lösung die Gewebeschichten bereits vor der Präparation, wodurch die Darstellung der Mammakomplexe erleichtert und die Operationsdauer verkürzt werden kann. Gleichzeitig führt die Kombination aus Vasokonstriktor und hydrostatischem Druck der infiltrierten Lösung zu einer signifikanten Reduktion der intraoperativen Blutung, wodurch die Übersicht im Operationsfeld verbessert und das chirurgische Trauma verringert wird (270,276,284,290).
Darüber hinaus wird in mehreren Arbeiten diskutiert, dass eine effektive perioperative Schmerztherapie mittel regionaler Anästhesie möglicherweise auch onkologische Vorteile mit sich bringen könnte. Eine verbesserte Kontrolle des chirurgischen Stresses sowie eine

Reduktion der systemischen Opioidexposition könnt potenziell einen Einfluss auf die Tumorbiologie und damit das Risiko einer Metastasierung haben (206,283,284). Weitere elf Arbeiten befassten sich primär mit systemischen Analgetika und deren Einsatz im Rahmen perioperativer Analgesieprotokolle. In den meisten Studien wurde eine standardisierte Allgemeinanästhesie angewandt, die typischerweise aus einer Prämedikation, oftmals mit Acepromazin und einem Opioid, einer Einleitung mit Propofol sowie der Erhaltung mittels Inhalationsanästhetika bestand. Ein zentraler Bestandteil vieler Studiendesigns war zudem die definierte Anwendung von Rescue-Analgesien. Dabei wurde ein zusätzliches Analgetikum verabreicht, sobald ein zuvor festgelegter Schwellenwert auf validierten Schmerzskalen überschritten wurde.

Die übergeordnete Erkenntnis dieser Studien besteht darin, dass multimodale Analgesieprotokolle, also die Kombination verschiedener Wirkstoffklassen, einer Monotherapie oder klassischen Standartprotokollen deutlich überlegen sind. Insbesondere zeigte sich ein signifikanter Opioid-sparender Effekt. Durch den Einsatz zusätzlicher Analgetika oder Adjuvantien konnte der Bedarf an Opioiden signifikant reduziert werden. Adjuvante Wirkstoffe wie Gabapentin oder auch lokale Infiltration mit Bupivacain führten dazu, dass Tiere postoperativ deutlich weniger Opioide benötigten (38,273,274,292–294). So führte die präoperative Gabe von Gabapentin zu einer Reduktion der postoperativ benötigten Morphindosen um etwa 44% (38). Die präemptive Anwendung von Botulinumtoxin Typ A (BoNT-A) senkte beispielsweise die Rate benötigter Rescue-Analgesien deutlich von 87,5% in der Kontrollgruppe auf lediglich 25% in der behandelten Gruppe (294). Ebenso konnte gezeigt werden, dass die Ergänzung von Maropitant zu einem Lidocain-Ketamin-Protokoll zu niedrigeren postoperativen Schmerzwerten und einer geringeren peripheren Sensibilisierung führte (206,274).

Darüber hinaus verbessern multimodale Analgesieprotokolle nicht nur die Qualität der Analgesie, sondern tragen auch zur intraoperativen Stabilisierung der Patienten bei und reduzieren den Bedarf an Inhalationsanästhetika (273,295). Ein weiterer relevanter Aspekt betrifft die Entwicklung stressärmerer Applikationsmethoden für Analgetika. So konnte gezeigt werden, dass transdermale Buprenorphin-Pflaster eine vergleichbare analgetische Wirkung wie intravenös verabreichtes Buprenorphin erreichen, dabei jedoch den Stress wiederholter Injektionen vermeiden und somit insbesondere bei ängstlichen oder schwer zu handhabenden Patienten Vorteile bieten (260). Auch lokale Applikationsmethoden wurden untersucht. Die kontinuierliche Verabreichung von Bupivacain über Wundkatheter erwies sich für die Behandlung akuter chirurgischer Schmerzen an der Inzisionsstelle als effektiver als die

Anwendung von Lidocain-Pflastern (293). Gleichzeitig zeigen die Studien auch die Grenze einzelner Analgetika auf. So wurde Tramadol als alleinige Therapie in mehreren Untersuchungen als unzureichend für die Kontrolle starker chirurgischer Schmerzen bei Tumoreingriffen bewertet. In diesen Fällen erwies sich Morphin als deutlich wirksamer (296). Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Literaturrecherche, dass sowohl lokoregionale Anästhesieverfahren als auch multimodale systemische Analgesieprotokolle einen wesentlichen Beitrag zur effektiven perioperativen Schmerztherapie bei Mastektomien leisten. Insgesamt unterstreichen die verfügbaren Studien damit die zentrale Bedeutung multimodaler Analgesiestrategien, die systemische und lokoregionale Verfahren kombinieren, um sowohl intraoperativ als auch postoperativ eine möglichst effektive und nebenwirkungsarme Schmerztherapie zu gewährleisten.

5 Empfehlungen für die klinische Praxis

Basierend auf der systematischen Auswertung der Literatur werden im Folgenden konkrete, evidenzbasierte Empfehlungen für das perioperative Schmerzmanagement bei den fünf untersuchten chirurgischen Eingriffen vorgestellt. Diese Empfehlungen berücksichtigen sowohl die wissenschaftliche Evidenz zur Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen als auch deren praktische Umsetzbarkeit im klinischen Alltag.

Wichtige Hinweise:

Es ist dabei wichtig zu betonen, dass diese Empfehlungen als Orientierung bzw. Leitlinie zu verstehen sind und an die individuellen Bedürfnisse des jeweiligen Patienten angepasst werden müssen. Folgende Faktoren sollten bei der Auswahl und Gestaltung eines Analgesieprotokolls berücksichtigt werden:

- Alter des Patienten
- Bestehende Komorbiditäten
- Erwartete Schmerzintensität
- Individuelle Verträglichkeit der eingesetzten Medikamente

Die in den nachfolgenden Empfehlungen angegebenen Medikamentendosierungen wurden dem Anästhesieskript der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin der Vetmeduni Wien entnommen wurden.

5.1 Ovariohysterektomie / Ovariektomie

5.1.1 Übersicht

Da die OHE/OE einer der häufigsten Eingriffe bei Hündinnen und Kätzinnen ist, haben sich viele verschiedene standardisierte Protokolle etabliert.

5.1.2 Analgesiekonzept

Präoperativ: Meist bestehen diese Protokolle, sofern keine Kontraindikationen vorhanden sind, aus einer Kombination eines Opioids und eines Alpha-2-Agonisten, dazu kann Ketamin ergänzt werden, um eine multimodale Kombination aus Analgesie und Sedation zu erhalten.

Intraoperativ: Die intraoperative Analgesie kann mittels verschiedener lokoregionaler Anästhesietechniken vollständig abgedeckt werden: - Technisch einfach Verfahren, wie

inzisionale und intraperitoneale Blöcke oder – Erweiterte Techniken: TAP oder QL-Block (ultraschallgestützt durchzuführen)

Postoperativ: Die postoperative Analgesie setzt vor allem auf NSAIDs für einen Zeitraum von mindestens drei bis hin zu 7 Tagen. Ergänzend können bei Bedarf Opioide verabreicht werden.

5.1.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen

Prämedikation / Präoperative Analgesie

Opioide:

Wirkstoff	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**
Methadon	0,1–0,5 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,3 mg/kg IM, IV, SC
Buprenorphin	5–20 µg/kg IM, IV, SC, PO	10–20 µg/kg IM, IV, SC, PO
Butorphanol	0,1–0,4 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,8 mg/kg IM, IV, SC
Fentanyl	2–10 µg/kg IM, IV	1–5 µg/kg IM, IV

Alpha-2-Agonisten:

Wirkstoff	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**
Medetomidin	5–10 (40) µg/kg IM, IV, SC	10–20 (80) µg/kg IM, IV, SC
Dexmedetomidin	0,5–1 (2) µg/kg IM, IV, SC	2 (4) µg/kg IM, IV, SC

Intraoperative Analgesie

Lokoregionale Anästhesieverfahren:

- Line-/Inzisionsblock
- Intraperitoneal Block
- Epiduralanästhesie
- Transversus-abdominis-Plane Block (TAP)
- Quadratus-lumborum Block (QL)

Dauertropfinfusionen (DTI):

Wirkstoff	**Bolus**	**DTI**
Ketamin	0,5–1 mg/kg IV	5–10 µg/kg/min
Fentanyl (Hund)	2–10 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h
Fentanyl (Katze)	2–5 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h

Postoperative Analgesie

NSAIDs:

Wirkstoff	Loading Dose	Erhaltungsdosis
Meloxicam	0,2 mg/kg PO, SC	0,1 mg/kg PO 1× tgl.
Robenacoxib	—	1–2 mg/kg PO 1× tgl.
Carprofen	4 mg/kg PO, SC	2–4 mg/kg PO 1× tgl.

Bei Bedarf: Zusätzlich Opioide

Wirkstoff	Dosierung	Intervall
Buprenorphin	0,01–0,02 mg/kg IV, IM	alle 6–8 h
Methadon	0,1–0,3 mg/kg IV, IM	alle 4–6 h
Tramadol	2–4 mg/kg PO	alle 8–12 h

5.2 Kastration

5.2.1 Übersicht

Die Kastration von Rüden beziehungsweise Kater ist im Vergleich zur OHE/OE bei Hündinnen oder Kätzinnen mit geringen Schmerzen verbunden und benötigt daher vorrausichtlich eine geringere Menge an Analgetika.

5.2.2 Analgesiekonzept

Präoperativ: Die präoperative Analgesie, sofern keine Kontraindikationen vorhanden sind, stützt sich ebenfalls wieder auf die Kombination von Opioiden und Alpha-2-Agonisten und kann mit Ketamin als zusätzliches Analgetikum ergänzt werden.

Intraoperativ: Lokoregionale Anästhesieverfahren decken den Analgesiebedarf weitgehend ab:

- Intratestikuläre Blöcke (Lokalanästhetika direkt in die Hoden)
- Funiculus-Blöcke (Lokalanästhetikum direkt auf den Samenstrang)

Postoperativ: Die postoperative Analgesie kann meist komplett durch die Gabe von NSAIDs für ein bis drei Tage abgedeckt werden.

5.2.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen

Prämedikation / Präoperative Analgesie

Opioide:

Wirkstoff	Dosierung Hund	Dosierung Katze
Methadon	0,1–0,5 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,3 mg/kg IM, IV, SC

Buprenorphin	5–20 µg/kg IM, IV, SC, PO	10–20 µg/kg IM, IV, SC, PO
Butorphanol	0,1–0,4 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,8 mg/kg IM, IV, SC
Fentanyl	2–10 µg/kg IM, IV	1–5 µg/kg IM, IV

Alpha-2-Agonisten:

Wirkstoff	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**
Medetomidin	5–10 (40) µg/kg IM, IV, SC	10–20 (80) µg/kg IM, IV, SC
Dexmedetomidin	0,5–1 (2) µg/kg IM, IV, SC	2 (4) µg/kg IM, IV, SC

Intraoperative Analgesie

Lokoregionale Anästhesieverfahren:

- Intratestikulärer Block
- Funiculus-Block

Postoperative Analgesie

NSAIDs:

Wirkstoff	**Loading Dose**	**Erhaltungsdosis**
Meloxicam	0,2 mg/kg PO, SC	0,1 mg/kg PO 1× tgl.
Robenacoxib	—	1–2 mg/kg PO 1× tgl.
Carprofen	4 mg/kg PO, SC	2–4 mg/kg PO 1× tgl.

Bei Bedarf: Zusätzlich Opioide

Wirkstoff	**Dosierung**	**Intervall**
Buprenorphin	0,01–0,02 mg/kg IV, IM	alle 6–8 h
Methadon	0,1–0,3 mg/kg IV, IM	alle 4–6 h
Tramadol	2–4 mg/kg PO	alle 8–12 h

5.3 Zahnextraktion

5.3.1 Übersicht

Dentale und orale Pathologien können bereits vor der Behandlung hochgradige, langanhaltende Schmerzen verursachen. Hinzu kommt, das oralchirurgische Maßnahmen ebenfalls mit moderaten bis starken postoperativen Schmerzen verbunden sind, wodurch die Entwicklung chronischer Schmerzprozesse begünstigt wird.

5.3.2 Analgesiekonzept

Präoperativ: Kombination aus Opioiden und Alpha-2-Agonisten, sofern keine Kontraindikationen vorhanden sind. Auch hier kann Ketamin ergänzt werden, um eine multimodale Kombination aus Analgesie und Sedation zu erhalten.

Intraoperativ: Lokoregionale Anästhesieverfahren in der Maulhöhle bilden die Grundlage der intraoperativen Analgesie und decken auch Teile der postoperativen Phase ab.

Postoperativ: Die postoperative Analgesie variiert stark zwischen den einzelnen Patienten. Verlängerte stationäre Aufenthalte sind aber für gewöhnlich nicht notwendig. Zum Einsatz kommen:

- NSAIDs als Basistherapie
- Adjuvante Analgetika
- Opioide (meist auf eine Anwendung in einem klinischen Umfeld beschränkt, Ausnahme in Österreich: Tramadol)

5.3.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen

Prämedikation / Präoperative Analgesie

Opioide:

Wirkstoff	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**
Methadon	0,1–0,5 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,3 mg/kg IM, IV, SC
Buprenorphin	5–20 µg/kg IM, IV, SC, PO	10–20 µg/kg IM, IV, SC, PO
Butorphanol	0,1–0,4 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,8 mg/kg IM, IV, SC
Fentanyl	2–10 µg/kg IM, IV	1–5 µg/kg IM, IV

Alpha-2-Agonisten:

Wirkstoff	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**
Medetomidin	5–10 (40) µg/kg IM, IV, SC	10–20 (80) µg/kg IM, IV, SC
Dexmedetomidin	0,5–1 (2) µg/kg IM, IV, SC	2 (4) µg/kg IM, IV, SC

Intraoperative Analgesie

Lokalanästhetika - ⚠ Wichtig: Toxische Dosierungen beachten!

Wirkstoff	**Dosierung**	**Toxische Dosis**
Lidocain	1–4 mg/kg	>10 mg/kg
Bupivacain	1–2 mg/kg	>2–3 mg/kg
Ropivacain	1–2 mg/kg	>5 mg/kg

Lokoregionale Anästhesieverfahren:

- N. infraorbitalis Block
- N. mentalis Block
- N. maxillaris Block
- N. alveolaris inferior Block

Dauertropfinfusionen (DTI):

Wirkstoff	**Bolus**	**DTI**
Ketamin	0,5–1 mg/kg IV	5–10 µg/kg/min
Fentanyl (Hund)	2–10 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h
Fentanyl (Katze)	2–5 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h

Postoperative Analgesie

NSAIDs:

Wirkstoff	**Loading Dose**	**Erhaltungsdosis**
Meloxicam	0,2 mg/kg PO, SC	0,1 mg/kg PO 1× tgl.
Robenacoxib	—	1–2 mg/kg PO 1× tgl.
Carprofen	4 mg/kg PO, SC	2–4 mg/kg PO 1× tgl.

Relevante Adjuvantien & Opioide

Wirkstoff	**Dosierung**	**Intervall**	**Hinweise**
Gabapentin	5–15 mg/kg PO	alle 8–12 h	—
Paracetamol	10 mg/kg PO	alle 8 h	⚠ NUR beim Hund!
Metamizol	20–50 mg/kg IM, PO, SC	alle 8 h	—
Buprenorphin	0,01–0,02 mg/kg IV, IM	alle 6–8 h	Orale Gabe möglich
Methadon	0,1–0,3 mg/kg IV, IM	alle 4–6 h	
Tramadol	2–4 mg/kg PO	alle 8–12 h	Orale Gabe möglich

Nicht-pharmakologische Maßnahmen:

- Weichfutter Fütterung
- Tender Loving Care (TLC)

5.4 Kreuzbandchirurgie

5.4.1 Übersicht

Alle invasiven orthopädischen Eingriffe gehen mit erheblichen intra- und langanhaltenden postoperativen Schmerzen einher. Bereits vor dem Eingriff können starke Schmerzen auftreten, was die Ausbildung chronischer Schmerzprozesse stark begünstigt, und ein konsequentes perioperative Schmerzmanagement erfordert.

5.4.2 Analgesiekonzept

Präoperativ: Empfohlen wird, die Therapie mit NSAIDs bereits präoperativ zu beginnen und postoperativ mit demselben Wirkstoff weiterzuführen. Die weitere präoperative Analgesie, sofern keine Kontraindikationen vorhanden sind, stützt sich auch wieder auf die Kombination von Opioiden und Alpha-2-Agonisten und kann mit Ketamin als zusätzliches Analgetikum ergänzt werden.

Intraoperativ: Intraoperativ sollten vor allem lokoregionale Verfahren bevorzugt angewendet werden, da sie mit:

- Geringeren Nebenwirkungen assoziiert sind
- Einen reduzierten Bedarf an intra- und postoperativen Analgetika bewirken

Im direkten Vergleich lässt sich kein Unterschied zwischen der Effektivität von epiduralen Anästhesien und peripheren Nervenblöcken feststellen.

Postoperativ: In der frühen postoperativen Phase können Opioide für die Analgesie eingesetzt werden, allerdings sollte die Schmerztherapie für bis zu 30 Tage mit NSAIDs und bei Bedarf mit Adjuvantien fortgeführt werden. Ebenso können nicht-pharmakologische Therapien wie Kryotherapie und physiotherapeutische Rehabilitation sinnvolle Ergänzungen sein.

5.4.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen

Prämedikation / Präoperative Analgesie

Opioide:

Wirkstoff	**Dosierung Hund**	**Dosierung Katze**
Methadon	0,1–0,5 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,3 mg/kg IM, IV, SC
Buprenorphin	5–20 µg/kg IM, IV, SC, PO	10–20 µg/kg IM, IV, SC, PO
Butorphanol	0,1–0,4 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,8 mg/kg IM, IV, SC
Fentanyl	2–10 µg/kg IM, IV	1–5 µg/kg IM, IV

Alpha-2-Agonisten:

Wirkstoff	Dosierung Hund	Dosierung Katze
Medetomidin	5–10 (40) µg/kg IM, IV, SC	10–20 (80) µg/kg IM, IV, SC
Dexmedetomidin	0,5–1 (2) µg/kg IM, IV, SC	2 (4) µg/kg IM, IV, SC

NSAIDs (bereits präoperativ beginnen):

Wirkstoff	Loading Dose	Erhaltungsdosis
Meloxicam	0,2 mg/kg PO, SC	0,1 mg/kg PO 1× tgl.
Robenacoxib	—	1–2 mg/kg PO 1× tgl.
Carprofen	4 mg/kg PO, SC	2–4 mg/kg PO 1× tgl.

Intraoperative Analgesie

Lokalanästhetika - ⚠ Wichtig: Toxische Dosierungen beachten!

Wirkstoff	Dosierung	Toxische Dosis
Lidocain	1–4 mg/kg	>10 mg/kg
Bupivacain	1–2 mg/kg	>2–3 mg/kg
Ropivacain	1–2 mg/kg	>5 mg/kg

Lokoregionale Anästhesieverfahren:

- Epiduralanästhesie
- N. femoralis + N. ischiadicus Block
- N. saphenous + N. ischiadicus Block

Dauertropfinfusionen (DTI):

Wirkstoff	Bolus	DTI
Ketamin	0,5–1 mg/kg IV	5–10 µg/kg/min
Fentanyl (Hund)	2–10 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h
Fentanyl (Katze)	2–5 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h

Postoperative Analgesie

NSAIDs (fortführen bis zu 30 Tage):

Wirkstoff	Erhaltungsdosis
Meloxicam	0,1 mg/kg PO 1× tgl.
Robenacoxib	1–2 mg/kg PO 1× tgl.
Carprofen	2–4 mg/kg PO 1× tgl.

Relevante Adjuvantien & Opioide

Wirkstoff	**Dosierung**	**Intervall**	**Hinweise**
Gabapentin	5–15 mg/kg PO	alle 8–12 h	—
Paracetamol	10 mg/kg PO	alle 8 h	⚠ NUR beim Hund!
Metamizol	20–50 mg/kg IM, PO, SC	alle 8 h	—
Buprenorphin	0,01–0,02 mg/kg IV, IM	alle 6–8 h	—
Methadon	0,1–0,3 mg/kg IV; IM	alle 4–6 h	—
Tramadol	2–4 mg/kg PO	alle 8–12 h	—

Nicht-pharmakologische Maßnahmen:

- Tender Loving Care (TLC)
- Kryotherapie
- Physiotherapeutische Rehabilitation

5.5 Mastektomie

5.5.1 Übersicht

Die Mastektomie ist großflächiger, invasiver Eingriff, der mit moderaten bis starken Schmerzen einhergeht. Da es sich hierbei häufig um geriatrische Patienten handelt, die mit hoher Wahrscheinlichkeit systemische Vorerkrankungen aufweisen, kann die Auswahl der perioperativen Analgetika eingeschränkt sein.

5.5.2 Analgesiekonzept

Präoperativ: Präoperativ können sowohl Opioide als auch, NSAIDs, wenn nicht kontraindiziert, eingesetzt werden.

Intraoperativ: Verschiedene lokoregionale Anästhesieverfahren mit Lokalanästhetika bilden auch hier die Grundlage der intraoperativen Analgesie. Alternativ können systemische, multimodale Protokolle angewendet werden.

Postoperativ: Die postoperative Versorgung ist abhängig von:

- Umfang des Eingriffs
- Individuellem Patientenzustand
- Dauer: mehrere Tage bis hin zu Wochen

5.5.3 Empfohlene Analgetika und Dosierungen

Prämedikation / Präoperative Analgesie

Opioide:

Wirkstoff	Dosierung Hund	Dosierung Katze
Methadon	0,1–0,5 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,3 mg/kg IM, IV, SC
Buprenorphin	5–20 µg/kg IM, IV, SC, PO	10–20 µg/kg IM, IV, SC, PO
Butorphanol	0,1–0,4 mg/kg IM, IV, SC	0,1–0,8 mg/kg IM, IV, SC
Fentanyl	2–10 µg/kg IM, IV	1–5 µg/kg IM, IV

Alpha-2-Agonisten:

Wirkstoff	Dosierung Hund	Dosierung Katze
Medetomidin	5–10 (40) µg/kg IM, IV, SC	10–20 (80) µg/kg IM, IV, SC
Dexmedetomidin	0,5–1 (2) µg/kg IM, IV, SC	2 (4) µg/kg IM, IV, SC

Intraoperative Analgesie

Lokalanästhetika - ⚠ Wichtig: Toxische Dosierungen beachten!

Wirkstoff	Dosierung	Toxische Dosis
Lidocain	1–4 mg/kg	>10 mg/kg
Bupivacain	1–2 mg/kg	>2–3 mg/kg
Ropivacain	1–2 mg/kg	>5 mg/kg

Lokoregionale Anästhesieverfahren:

- Verschiedene Techniken je nach Umfang des Eingriffs

Dauertropfinfusionen (DTI):

Wirkstoff	Bolus	DTI
Ketamin	0,5–1 mg/kg IV	5–10 µg/kg/min
Fentanyl (Hund)	2–10 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h
Fentanyl (Katze)	2–5 µg/kg IV	2–30 µg/kg/h

Postoperative Analgesie

NSAIDs (fortführen bis zu 30 Tage):

Wirkstoff	Erhaltungsdosis
Meloxicam	0,1 mg/kg PO 1× tgl.
Robenacoxib	1–2 mg/kg PO 1× tgl.

Carprofen	2–4 mg/kg PO 1× tgl.

Relevante Adjuvantien & Opioide

Wirkstoff	**Dosierung**	**Intervall**	**Hinweise**
Gabapentin	5–15 mg/kg PO	alle 8–12 h	—
Paracetamol	10 mg/kg PO	alle 8 h	⚠ NUR beim Hund!
Metamizol	20–50 mg/kg IM, PO, SC	alle 8 h	—
Buprenorphin	0,01–0,02 mg/kg IV, IM	alle 6–8 h	—
Methadon	0,1–0,3 mg/kg IV; IM	alle 4–6 h	—
Tramadol	2–4 mg/kg PO	alle 8–12 h	—

Nicht-pharmakologische Maßnahmen:

- Tender Loving Care (TLC)
- Kryotherapie

5.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die vorliegenden Empfehlungen basieren auf aktueller wissenschaftlicher Evidenz und klinischer Erfahrung. Sie bieten einen strukturierten Rahmen für das perioperative Schmerzmanagement bei den fünf häufigsten chirurgischen Eingriffen in der Kleintierpraxis.

Kernprinzipien:

1. Multimodale Analgesie: Kombination verschiedener Analgetika mit unterschiedlichen Wirkmechanismen zur Optimierung der Schmerztherapie und Reduktion von Nebenwirkungen
2. Individualisierung: Anpassung der Therapie an den individuellen Patienten unter Berücksichtigung von Alter, Komorbiditäten und erwarteter Schmerzintensität
3. Präemptive Analgesie: Frühzeitiger Beginn der Schmerztherapie zur Prävention von Sensibilisierungsprozessen
4. Lokoregionale Techniken: Bevorzugter Einsatz von Regionalanästhesie zur Reduktion des systemischen Analgetikabedarfs
5. Verlängerte postoperative Therapie: Insbesondere bei orthopädischen Eingriffen Fortsetzung der Schmerztherapie über mehrere Wochen

Wichtige Sicherheitshinweise:

⚠ Paracetamol: Nur beim Hund anwenden, bei Katzen toxisch!

⚠ Lokalanästhetika: Toxische Dosierungen beachten

⚠ NSAIDs: Kontraindikationen bei Nieren-, Leber- und Gerinnungsstörungen beachten

⚠ Geriatrische Patienten: Besondere Vorsicht und ggf. Dosisanpassung erforderlich

6 Literaturverzeichnis

1. Mathews K, Kronen PW, Lascelles D, Nolan A, Robertson S, Steagall PV, u. a. Guidelines for Recognition, Assessment and Treatment of Pain. J Small Anim Pract. 2014;55(6):E10–68. doi:10.1111/jsap.12200

2. Monteiro BP, Lascelles BDX, Murrell J, Robertson S, Steagall PVM, Wright B. 2022 WSAVA guidelines for the recognition, assessment and treatment of pain. J Small Anim Pract. 2023;64(4):177–254. doi:10.1111/jsap.13566

3. Woolf CJ. Central sensitization: Implications for the diagnosis and treatment of pain. Pain. März 2011;152(3 Suppl):S2-15. doi:10.1016/j.pain.2010.09.030 PubMed PMID: 20961685; PubMed Central PMCID: PMC3268359.

4. low, Panksepp, Reiss. Cambridge Declaratio On Consciousness. 2012.

5. Sneddon LU, Elwood RW, Adamo SA, Leach MC. Defining and assessing animal pain. Anim Behav. 1. November 2014;97:201–12. doi:10.1016/j.anbehav.2014.09.007

6. Gruen ME, Lascelles BDX, Colleran E, Gottlieb A, Johnson J, Lotsikas P, u. a. 2022 AAHA Pain Management Guidelines for Dogs and Cats*. J Am Anim Hosp Assoc. März 2022;58(2):55–76. doi:10.5326/JAAHA-MS-7292

7. Steagall PV, Robertson S, Simon B, Warne LN, Shilo-Benjamini Y, Taylor S. 2022 ISFM Consensus Guidelines on the Management of Acute Pain in Cats. J Feline Med Surg. Januar 2022;24(1):4–30. doi:10.1177/1098612X211066268

8. Dohoo SE, Dohoo IR. Factors influencing the postoperative use of analgesics in dogs and cats by Canadian veterinarians. Can Vet J Rev Veterinaire Can. September 1996;37(9):552–6. PubMed PMID: 8877041; PubMed Central PMCID: PMC1576376.

9. Root Kustritz M. Effects of Surgical Sterilization on Canine and Feline Health and on Society. Reprod Domest Anim. 2012;47(s4):214–22. doi:10.1111/j.1439-0531.2012.02078.x

10. Muraro L, White RS. Complications of ovariohysterectomy procedures performed in 1880 dogs. Tierärztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere. 2014;42(05):297–302. doi:10.1055/s-0038-1623776

11. Engdahl K, Emanuelson U, Höglund O, Bergström A, Hanson J. The epidemiology of cruciate ligament rupture in an insured Swedish dog population. Sci Rep. 5. Mai 2021;11:9546. doi:10.1038/s41598-021-88876-3 PubMed PMID: 33953264; PubMed Central PMCID: PMC8100293.

12. Witsberger TH, Villamil JA, Schultz LG, Hahn AW, Cook JL. Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. J Am Vet Med Assoc. 15. Juni 2008;232(12):1818–24. doi:10.2460/javma.232.12.1818 PubMed PMID: 18598150.

13. VSSO [Internet]. [zitiert 15. März 2026]. Mammary Tumors - Canine. Verfügbar unter: https://vsso.org/mammary-tumors-canine

14. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, u. a. The Revised IASP definition of pain: concepts, challenges, and compromises. Pain. 1. September 2020;161(9):1976–82. doi:10.1097/j.pain.0000000000001939 PubMed PMID: 32694387; PubMed Central PMCID: PMC7680716.

15. Molony V, Kent JE. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. J Anim Sci. 1997;75(1):266. doi:10.2527/1997.751266x

16. Klinck M, Tronchy E. The Physiology and Pathophysiology of Pain. In: Duke-Novakovski T, British Small Animal Veterinary Association, Herausgeber. BSAVA manual of canine and feline anaesthesia and analgesia. Third edition. Quedgeley, Gloucester: British Small Animal Veterinary Association; 2016. S. 97–112. (BSAVA manual series).

17. Davis KD, Moayedi M. Central Mechanisms of Pain Revealed Through Functional and Structural MRI. J Neuroimmune Pharmacol. Juni 2013;8(3):518–34. doi:10.1007/s11481-012-9386-8

18. Iii WWM, Woolf CJ. Mechanisms of pain and their therapeutic implications. J Am Vet Med Assoc. 15. November 2001;219(10):1346–56. doi:10.2460/javma.2001.219.1346

19. Brondani JT, Mama KR, Luna SPL, Wright BD, Niyom S, Ambrosio J, u. a. Validation of the English version of the UNESP-Botucatu multidimensional composite pain scale for assessing postoperative pain in cats. BMC Vet Res. 17. Juli 2013;9:143. doi:10.1186/1746-6148-9-143 PubMed PMID: 23867090; PubMed Central PMCID: PMC3722032.

20. Reid J, Scott EM, Calvo G, Nolan AM. Definitive Glasgow acute pain scale for cats: validation and intervention level. Vet Rec. 2017;180(18):449–449. doi:10.1136/vr.104208

21. Evangelista MC, Watanabe R, Leung VSY, Monteiro BP, O'Toole E, Pang DSJ, u. a. Facial expressions of pain in cats: the development and validation of a Feline Grimace Scale. Sci Rep. 13. Dezember 2019;9(1):19128. doi:10.1038/s41598-019-55693-8

22. Mariano ER, Dickerson DM, Szokol JW, Harned M, Mueller JT, Philip BK, u. a. A multisociety organizational consensus process to define guiding principles for acute perioperative pain management. Reg Anesth Pain Med. Februar 2022;47(2):118–27. doi:10.1136/rapm-2021-103083

23. Monteiro B, Steagall PV. Antiinflammatory Drugs. Vet Clin North Am Small Anim Pract. November 2019;49(6):993–1011. doi:10.1016/j.cvsm.2019.07.009

24. Vadivelu N, Mitra S, Schermer E, Kodumudi V, Kaye AD, Urman RD. Preventive analgesia for postoperative pain control: a broader concept. Local Reg Anesth. 29. Mai 2014;7:17–22. doi:10.2147/LRA.S62160

25. Simon BT, Steagall PV. The present and future of opioid analgesics in small animal practice. J Vet Pharmacol Ther. 2017;40(4):315–26. doi:10.1111/jvp.12377

26. Kerr CL. Pain management I: Systemic analgesics. In: Duke-Novakovski T, British Small Animal Veterinary Association, Herausgeber. BSAVA manual of canine and feline anaesthesia and analgesia. Third edition. Quedgeley, Gloucester: British Small Animal Veterinary Association; 2016. (BSAVA manual series).

27. Valverde A. Alpha-2 Agonists as Pain Therapy in Horses. Vet Clin North Am Equine Pract. Dezember 2010;26(3):515–32. doi:10.1016/j.cveq.2010.07.003

28. Granholm M, McKusick BC, Westerholm FC, Aspegrén JC. Evaluation of the clinical efficacy and safety of intramuscular and intravenous doses of dexmedetomidine and medetomidine in dogs and their reversal with atipamezole. Vet Rec. Juni 2007;160(26):891–7. doi:10.1136/vr.160.26.891

29. Grubb T, Lobprise H. Local and regional anaesthesia in dogs and cats: Overview of concepts and drugs (Part 1). Vet Med Sci. 21. Januar 2020;6(2):209–17. doi:10.1002/vms3.219 PubMed PMID: 31965742; PubMed Central PMCID: PMC7196681.

30. Garcia AFS, Dória RGS, Arantes JA, Reginato GM, Neubauer FG, Ribeiro G. Intravenous Regional Limb Perfusion in Standing and Recumbent Horses: A Comparative Radiographic Study. J Equine Vet Sci. März 2021;98:103373. doi:10.1016/j.jevs.2021.103373

31. Garcia E. Local Anesthetics. In: Veterinary Anesthesia and Analgesia. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated; 2015. S. 332–54.

32. Yilmaz ÖT, Toydemir TSF, Kirşan İ, Dokuzeylul B, Gunay Z, Karacam E. Effects of Surgical Wound Infiltration with Bupivacaine on Postoperative Analgesia in Cats Undergoing Bilateral Mastectomy. J Vet Med Sci. 2014;76(12):1595–601. doi:10.1292/jvms.14-0112

33. Grubb T, Lobprise H. Local and regional anaesthesia in dogs and cats: Descriptions of specific local and regional techniques (Part 2). Vet Med Sci. 21. Januar 2020;6(2):218–34. doi:10.1002/vms3.218 PubMed PMID: 31965749; PubMed Central PMCID: PMC7196680.

34. Ruel HLM, Steagall PV. Adjuvant Analgesics in Acute Pain Management. Vet Clin North Am Small Anim Pract. November 2019;49(6):1127–41. doi:10.1016/j.cvsm.2019.07.005

35. Pozzi A, Muir WW, Traverso F. Prevention of central sensitization and pain by N-methyl-D-aspartate receptor antagonists. J Am Vet Med Assoc. 1. Januar 2006;228(1):53–60. doi:10.2460/javma.228.1.53

36. Berry S. Injectable Anesthetics. In: Veterinary Anesthesia and Analgesia. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated; 2015. S. 277–96.

37. Duke-Novakovski T, British Small Animal Veterinary Association, Herausgeber. BSAVA manual of canine and feline anaesthesia and analgesia. Third edition. Quedgeley, Gloucester: British Small Animal Veterinary Association; 2016. 464 S. (BSAVA manual series).

38. CROCIOLLI GC, CASSU RN, BARBERO RC, ROCHA TLA, GOMES DR, NICÁCIO GM. Gabapentin as an adjuvant for postoperative pain management in dogs undergoing mastectomy. J Vet Med Sci. August 2015;77(8):1011–5. doi:10.1292/jvms.14-0602 PubMed PMID: 25816802; PubMed Central PMCID: PMC4565804.

39. KuKanich B, Wiese AJ. Opioids. In: Veterinary Anesthesia and Analgesia. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated; 2015. S. 207–26.

40. Allegaert K, Holford N, Anderson BJ, Holford S, Stuber F, Rochette A, u. a. Tramadol and O-Desmethyl Tramadol Clearance Maturation and Disposition in Humans: A Pooled Pharmacokinetic Study.

41. Budsberg SC, Torres BT, Kleine SA, Sandberg GS, Berjeski AK. Lack of effectiveness of tramadol hydrochloride for the treatment of pain and joint dysfunction in dogs with chronic osteoarthritis. J Am Vet Med Assoc. 15. Februar 2018;252(4):427–32. doi:10.2460/javma.252.4.427

42. Flôr PB, Yazbek KV, Ida KK, Fantoni DT. Tramadol plus metamizole combined or not with anti-inflammatory drugs is clinically effective for moderate to severe chronic pain treatment in cancer patients. Vet Anaesth Analg. 1. Mai 2013;40(3):316–27. doi:10.1111/vaa.12023

43. Davila D, Keeshen TP, Evans RB, Conzemius MG. Comparison of the analgesic efficacy of perioperative firocoxib and tramadol administration in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy. J Am Vet Med Assoc. 15. Juli 2013;243(2):225–31. doi:10.2460/javma.243.2.225

44. Bello AM, Dye C. Current perceptions and use of paracetamol in dogs among veterinary surgeons working in the United Kingdom. Vet Med Sci. 16. Februar 2023;9(2):679–86. doi:10.1002/vms3.1058 PubMed PMID: 36798030; PubMed Central PMCID: PMC10029871.

45. Hernández-Avalos I, Valverde A, Ibancovichi-Camarillo JA, Sánchez-Aparicio P, Recillas-Morales S, Osorio-Avalos J, u. a. Clinical evaluation of postoperative analgesia, cardiorespiratory parameters and changes in liver and renal function tests of paracetamol compared to meloxicam and carprofen in dogs undergoing ovariohysterectomy. PLoS ONE. 14. Februar 2020;15(2):e0223697. doi:10.1371/journal.pone.0223697 PubMed PMID: 32059002; PubMed Central PMCID: PMC7021320.

46. Chandrasekharan. COX-3, a cyclooxygenase-1 variant inhibited by acetaminophen and other analgesic/antipyretic drugs: Cloning, structure, and expression [Internet]. 2002 [zitiert 14. März 2026]. Verfügbar unter: https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.162468699 doi:10.1073/pnas.162468699

47. Court MH. Feline drug metabolism and disposition: pharmacokinetic evidence for species differences and molecular mechanisms. Vet Clin North Am Small Anim Pract. September 2013;43(5):10.1016/j.cvsm.2013.05.002. doi:10.1016/j.cvsm.2013.05.002 PubMed PMID: 23890237; PubMed Central PMCID: PMC3811070.

48. Jasiecka A, Maślanka T, Jaroszewski JJ. Pharmacological characteristics of metamizole. Pol J Vet Sci. 1. März 2014;17(1):207–14. doi:10.2478/pjvs-2014-0030

49. Imagawa VH, Fantoni DT, Tatarunas AC, Mastrocinque S, Almeida TF, Ferreira F, u. a. The use of different doses of metamizol for post-operative analgesia in dogs. Vet Anaesth Analg. 2011;38(4):385–93. doi:10.1111/j.1467-2995.2011.00617.x

50. Zanuzzo FS, Teixeira-Neto FJ, Thomazini CM, Takahira RK, Conner B, Diniz MS. Effects of dipyrone, meloxicam, or the combination on hemostasis in conscious dogs. J Vet Emerg Crit Care. 2015;25(4):512–20. doi:10.1111/vec.12336

51. Marquez M, Boscan P, Weir H, Vogel P, Twedt DC. Comparison of NK-1 Receptor Antagonist (Maropitant) to Morphine as a Pre-Anaesthetic Agent for Canine Ovariohysterectomy. PLoS ONE. 29. Oktober 2015;10(10):e0140734. doi:10.1371/journal.pone.0140734 PubMed PMID: 26513745; PubMed Central PMCID: PMC4626099.

52. Boscan P, Monnet E, Mama K, Twedt DC, Congdon J, Steffey EP. Effect of maropitant, a neurokinin 1 receptor antagonist, on anesthetic requirements during noxious visceral stimulation of the ovary in dogs. Am J Vet Res. Dezember 2011;72(12):1576–9. doi:10.2460/ajvr.72.12.1576

53. Corrêa JMX, Soares PCLR, Niella RV, Costa BA, Ferreira MS, Junior ACS, u. a. Evaluation of the Antinociceptive Effect of Maropitant, a Neurokinin-1 Receptor Antagonist, in Cats Undergoing Ovariohysterectomy. Vet Med Int. 2019;2019(1):9352528. doi:10.1155/2019/9352528

54. Bozkurt G, Kaya F, Yildiz M. Does maropitant provide more effective perioperative pain management than meloxicam in bitches undergoing ovariohysterectomy? The first report on the comparison of visceral algesia-analgesia for ovariohysterectomy. Res Vet Sci. 2024;169:105179.

55. Viscasillas J, Cañón A, Hernández E, Martínez A, Marti-Scharfhausen R, Lafuente P, u. a. Clinical Assessment of Introducing Locoregional Anaesthesia Techniques as Part as the Intraoperative Analgesia Management for Canine Ovariohysterectomy in a Veterinary Teaching Hospital. Animals. Januar 2022;12(15):1939. doi:10.3390/ani12151939

56. Hedlund C. Reproduktionsorgane und Genitalien. In: Small animal surgery. 3rd ed. Saint Louis (Mo.): Mosby-elsevier; 2007. S. 741–816.

57. Jeong C, Yi K, Yu Y, Heo S. Comparison of postoperative pain and stress using a multimodal approach in cats: open vs. laparoscopic-assisted ovariohysterectomy. Front Vet Sci. 19. Dezember 2024;11:1519773. doi:10.3389/fvets.2024.1519773

58. Fuertes-Recuero M, De Segura IAG, López AS, Suárez-Redondo M, Arrabé SC, Hidalgo SP, u. a. Postoperative pain in dogs undergoing either laparoscopic or open ovariectomy. Vet J. August 2024;306:106156. doi:10.1016/j.tvjl.2024.106156

59. Höglund OV, Lövebrant J, Olsson U, Höglund K. Blood pressure and heart rate during ovariohysterectomy in pyometra and control dogs: a preliminary investigation. Acta Vet Scand. Dezember 2016;58(1):80. doi:10.1186/s13028-016-0263-y

60. Kramer BM, Hellyer PW, Rishniw M, Kogan LR. Anesthetic and analgesic techniques used for cats undergoing ovariohysterectomies in general practice in the United States. Vet Anaesth Analg. Juli 2023;50(4):356–62. doi:10.1016/j.vaa.2023.04.006

61. SHAH M, KINJAVDEKAR P, AMARPAL -, SHARMA D, PAWDE A, MALIK A, u. a. Effect of epidural dexmedetomidine with or without local anesthetics on painscore and serum IL-6 levels in dogs undergoing elective ovariohysterectomy. Turk J Vet Anim Sci. 1. Januar 2018;42(1):14–7. doi:10.3906/vet-1705-59

62. Gomes VH, Barbosa DDJ, Motta AS, Corrêa CG, Moreno DJc, Da Silva MFa. Evaluation of nalbuphine, butorphanol and morphine in dogs during ovariohysterectomy and

on early postoperative pain. Vet Anaesth Analg. November 2020;47(6):803–9. doi:10.1016/j.vaa.2020.07.035

63. Diep TN, Monteiro BP, Evangelista MC, Balleydier A, Watanabe R, Ruel HLM, u. a. Anesthetic and analgesic effects of an opioid-free, injectable protocol in cats undergoing ovariohysterectomy: A prospective, blinded, randomized clinical trial. Can Vet J. Juni 2020;61(6):621–8. PubMed PMID: 32675814; PubMed Central PMCID: PMC7238485.

64. Malo A, Cheng AJ, Ruel HL, Monteiro BP, Lutevele N, Marangoni S, u. a. Randomised, prospective, blinded, clinical trial of opioid-free injectable anaesthesia with or without multimodal analgesia in kittens undergoing ovariohysterectomy. J Feline Med Surg. 21. März 2023;25(3):1098612X231158582. doi:10.1177/1098612X231158582 PubMed PMID: 36943182; PubMed Central PMCID: PMC10812012.

65. Kramer BM, Hellyer PW, Rishniw M, Kogan LR. Anesthetic and analgesic techniques used for dogs undergoing ovariohysterectomies in general practice in the United States. Vet Anaesth Analg. 1. November 2022;49(6):556–62. doi:10.1016/j.vaa.2022.07.010

66. Steagall PV. Analgesia. Vet Clin North Am Small Anim Pract. Juli 2020;50(4):749–67. doi:10.1016/j.cvsm.2020.02.002

67. Grimm KA. Veterinary Anesthesia and Analgesia. 5th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated; 2015. 1 S.

68. Winter DC, Monzem S, Spiller PR, Stocco MB, Gomes LG, Travagin DP, u. a. Effects of epidural anesthesia with tramadol, ropivacaine or tramadol-ropivacaine combination, in bitches undergoing ovariohysterectomy under anesthesia with isoflurane. Semina Ciênc Agrár. 14. Dezember 2016;37(6):4063. doi:10.5433/1679-0359.2016v37n6p4063

69. DeRossi R, Hermeto LC, Jardim PHA, De Andrade Bicudo N, De Assis KT. Postoperative pain control in cats: clinical trials with pre-emptive lidocaine epidural co-administered with morphine or methadone. J Feline Med Surg. November 2016;18(11):882–8. doi:10.1177/1098612X15602738

70. Chaoum W, Wipoosak P, Lascelles BDX, Jitpean S, Kampa N, Srithunyarat T. Comparison of lidocaine incisional block techniques on early postoperative pain scores in dogs undergoing ovariohysterectomy. Vet Anaesth Analg. 1. Juli 2025;52(4):462–9. doi:10.1016/j.vaa.2025.04.003 PubMed PMID: 40350335.

71. Vicente D, Bergström A. Evaluation of intraoperative analgesia provided by incisional lidocaine and bupivacaine in cats undergoing ovariohysterectomy. J Feline Med Surg. Oktober 2018;20(10):922–7. doi:10.1177/1098612X17735167 PubMed PMID: 29019444; PubMed Central PMCID: PMC11129246.

72. Kazmir Lysak K, Steblaj B, Torgerson PR, Kutter AP, Restitutti F, Henze IS. Intraperitoneal and incisional ropivacaine did not improve postoperative analgesia after multimodal anaesthesia compared with saline in dogs undergoing ovariohysterectomy. Schweiz Arch Für Tierheilkd. 2023;165(10):634–43.

73. Garbin M, Ruel HL, Watanabe R, Malo A, Monteiro BP, Steagall PV. Analgesic efficacy of an ultrasound-guided transversus abdominis plane block with bupivacaine in cats: a randomised, prospective, masked, placebo-controlled clinical trial. J Feline Med Surg.

Februar 2023;25(2):1098612X231154463. doi:10.1177/1098612X231154463 PubMed PMID: 36848291; PubMed Central PMCID: PMC10812078.

74. Oliveira KDS de, Henrique FV, Felipe G da C, Medeiros LKG de, Rego RO do, Alves AP, u. a. Administração epidural pré-operatória de lidocaína-metadona ou lidocaína-fentanil em cadelas submetidas à ovário-histerectomia eletiva. Semina Ciênc Agrár. 13. Juni 2017;38(3):1303–12. doi:10.5433/1679-0359.2017v38n3p1303

75. Brondani JT, Luna LSP, Beier SL, Minto BW, Padovani CR. Analgesic efficacy of perioperative use of vedaprofen, tramadol or their combination in cats undergoing ovariohysterectomy. J Feline Med Surg. Juni 2009;11(6):420–9. doi:10.1016/j.jfms.2008.10.002 PubMed PMID: 19233698; PubMed Central PMCID: PMC10832834.

76. Leece EA, Brearley JC, Harding EF. Comparison of carprofen and meloxicam for 72 hours following ovariohysterectomy in dogs. Vet Anaesth Analg. Juli 2005;32(4):184–92. doi:10.1111/j.1467-2995.2005.00207.x

77. Catbagan DL, Quimby JM, Mama KR, Rychel JK, Mich PM. Comparison of the efficacy and adverse effects of sustained-release buprenorphine hydrochloride following subcutaneous administration and buprenorphine hydrochloride following oral transmucosal administration in cats undergoing ovariohysterectomy. Am J Vet Res. April 2011;72(4):461–6. doi:10.2460/ajvr.72.4.461

78. Lascelles BDX, Court MH, Hardie EM, Robertson SA. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs in cats: a review. Vet Anaesth Analg. Juli 2007;34(4):228–50. doi:10.1111/j.1467-2995.2006.00322.x PubMed PMID: 17451496.

79. Bennell PM, Whittem T, Tudor E. A controlled randomized clinical trial to assess postoperative analgesia after thiopental–isoflurane anaesthesia or total intravenous anaesthesia with alfaxalone in dogs. J Vet Pharmacol Ther. 2019;42(3):268–77. doi:10.1111/jvp.12740

80. Mwangi WE, Mogoa EM, Mwangi JN, Mbuthia PG, Mbugua SW. A systematic review of analgesia practices in dogs undergoing ovariohysterectomy. Vet World. Dezember 2018;1725–35. doi:10.14202/vetworld.2018.1725-1735

81. Casas-Alvarado A, Martínez-Burnes J, Hernández-Ávalos I, Mora-Medina P, Miranda-Cortés A, Domínguez-Oliva A, u. a. Assessment of the nociceptive response to the use of cannabidiol alone and in combination with meloxicam through infrared pupillometry in female dogs undergoing elective ovariohysterectomy. Front Vet Sci. 2024;11:1380022. doi:10.3389/fvets.2024.1380022 PubMed PMID: 39027908; PubMed Central PMCID: PMC11256235.

82. Fernandez-Parra R, Adami C, Dresco T, Donnelly TM, Zilberstein L. Dexmedetomidine–methadone–ketamine *versus* dexmedetomidine–methadone–alfaxalone for cats undergoing ovariectomy. Vet Anaesth Analg. 1. November 2017;44(6):1332–40. doi:10.1016/j.vaa.2017.03.010

83. Tomacheuski RM, Taffarel MO, Cardoso GS, Derussi AAP, Ferrante M, Volpato R, u. a. Postoperative Analgesic Effects of Laserpuncture and Meloxicam in Bitches Submitted to Ovariohysterectomy. Vet Sci. 21. Juli 2020;7(3):94. doi:10.3390/vetsci7030094 PubMed PMID: 32708066; PubMed Central PMCID: PMC7559566.

84. Mitra A. Clinical evaluation of multimodal analgesia for optimum post-operative pain management in dogs undergoing ovariohysterectomy. 2021.

85. Benito J, Evangelista MC, Doodnaught GM, Watanabe R, Beauchamp G, Monteiro BP, u. a. Analgesic Efficacy of Bupivacaine or Bupivacaine-Dexmedetomidine After Intraperitoneal Administration in Cats: A Randomized, Blinded, Clinical Trial. Front Vet Sci. 13. September 2019;6. doi:10.3389/fvets.2019.00307

86. Benito J, Monteiro B, Lavoie AM, Beauchamp G, Lascelles BDX, Steagall PV. Analgesic efficacy of intraperitoneal administration of bupivacaine in cats. J Feline Med Surg. November 2016;18(11):906–12. doi:10.1177/1098612X15610162

87. Kibar. Comparison of Instilled Lidocaine and Procaine Effects on Pain Relief in Dogs Undergoing Elective Ovariohysterectomy [Internet]. 1. September 2019 [zitiert 22. März 2026]. Verfügbar unter: https://www.ivis.org/library/israel-journal-of-veterinary-medicine/israel-journal-of-veterinary-medicine-vol-743-sep-7

88. Chaoum W, Wipoosak P, Lascelles BDX, Jitpean S, Kampa N, Srithunyarat T. Comparison of lidocaine incisional block techniques on early postoperative pain scores in dogs undergoing ovariohysterectomy. Vet Anaesth Analg. Juli 2025;52(4):462–9. doi:10.1016/j.vaa.2025.04.003

89. de O.L. Carapeba G, Nicácio IPGA, Stelle ABF, Bruno TS, Nicácio GM, Costa Júnior JS, u. a. Comparison of perioperative analgesia using the infiltration of the surgical site with ropivacaine alone and in combination with meloxicam in cats undergoing ovariohysterectomy. BMC Vet Res. 16. März 2020;16:88. doi:10.1186/s12917-020-02303-9 PubMed PMID: 32178668; PubMed Central PMCID: PMC7075011.

90. Stephen AV, Department of Veterinary Surgery and Radiology, College of Veterinary and Animal Sciences, Mannuthy, Thrissur- 680651, Ramankutty S, Venugopal SK, Varghese R, Mathew MK, u. a. Effect of intravenous and intraperitoneal lignocaine on post operative pain scores in dogs undergoing ovariohysterectomy. J Vet Anim Sci. 15. Dezember 2024;55(4):712–6. doi:10.51966/jvas.2024.55.4.712-716

91. Morgaz J, Muñoz-Rascón P, Serrano-Rodríguez JM, Navarrete R, Domínguez JM, Fernández-Sarmiento JA, u. a. Effectiveness of pre-peritoneal continuous wound infusion with lidocaine for pain control following ovariohysterectomy in dogs. Vet J. 1. Dezember 2014;202(3):522–6. doi:10.1016/j.tvjl.2014.08.030

92. Vicente D, Bergström A. Evaluation of intraoperative analgesia provided by incisional lidocaine and bupivacaine in cats undergoing ovariohysterectomy [Internet]. SAGE Publications; 2018 [zitiert 6. Februar 2026]. Verfügbar unter: https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1098612X17735167 doi:10.1177/1098612X17735167

93. Rezaeipour A, Naddaf H, Jalali SM, Sabiza S. Evaluation of intraperitoneal administration of morphine on post-operative pain management after ovariohysterectomy in dogs. Vet Med Sci. 2022;8(1):150–6. doi:10.1002/vms3.668

94. Lawler BM, Guedes AGP, Tearney CC, Ienello L, Walters B, Haley AL, u. a. Evaluation of preoperative intraperitoneal injection of bupivacaine for intraoperative antinociception in cats undergoing ovariohysterectomy: A randomized clinical trial. Res Vet Sci. 1. November 2024;180:105439. doi:10.1016/j.rvsc.2024.105439

95. Freeman T, Wisbey A, Burroughs K, Gentle S, Ellis C, Batt-Williams S. In cats undergoing midline ovariohysterectomy, is the use of local anaesthesia with bupivacaine associated with a reduction in postoperative pain score? Vet Evid. 22. Februar 2023;8(1). doi:10.18849/ve.v8i1.552

96. Farokhzad B, Sabiza S, Razi Jalali M, Baniadam A. Intraperitoneal administration of lidocaine or tramadol alone or in combination on postoperative pain after ovariohysterectomy in dogs. Vet Med Sci. 2021;7(3):634–41. doi:10.1002/vms3.437

97. Steagall PVM, Benito J, Monteiro B, Lascelles D, Kronen PW, Murrell JC, u. a. Intraperitoneal and incisional analgesia in small animals: simple, cost-effective techniques. J Small Anim Pract. 2020;61(1):19–23. doi:10.1111/jsap.13084

98. Kazmir-Lysak K, Steblaj B, Torgerson P, Kutter APN, Restitutti F, Henze IS. Intraperitoneal and incisional ropivacaine did not improve postoperative analgesia after multimodal anaesthesia compared with saline in dogs undergoing ovariohysterectomy. 2023.

99. Morgaz J, Latorre DF, Serrano-Rodríguez JM, Granados MM, Domínguez JM, Fernández-Sarmiento JA, u. a. Preperitoneal ropivacaine infusion *versus* epidural ropivacaine–morphine for postoperative analgesia in dogs undergoing ovariohysterectomy: a randomized clinical trial. Vet Anaesth Analg. 1. November 2021;48(6):935–42. doi:10.1016/j.vaa.2021.04.009

100. Çolak E, Yilmaz O. Sprayed intraperitoneal and incisional lidocaine reduces early postoperative pain after ovariohysterectomy in dogs. Kocatepe Vet J. 18. November 2020. doi:10.30607/kvj.800054

101. McKune CM, Pascoe PJ, Lascelles BDX, Kass PH. The challenge of evaluating pain and a pre-incisional local anesthetic block. PeerJ. 10. April 2014;2:e341. doi:10.7717/peerj.341

102. Martins LCT, Guimarães JB, Ferraz HT, de Oliveira FA, Gomes L de S, Chafes CJC, u. a. Assessing the Analgesic Efficacy of Lumbosacral Epidural Morphine in Cats Undergoing Ovariohysterectomy: A Comparative Study of Two Doses. Vet Sci. August 2024;11(8):360. doi:10.3390/vetsci11080360

103. dos-Santos JD, Ginja M, Martins J, Cabral P, Alves-Pimenta S, Ribeiro L, u. a. Comparison between Bilateral Ultrasound-Guided Quadratus Lumborum Block and Sacrococcygeal Epidural in Cats Undergoing Ovariectomy. Vet Sci. Januar 2024;11(1):25. doi:10.3390/vetsci11010025

104. Ashegh H. Epidural Xylazine Reduced Ketamine Anesthetic Requirements in Laparoscopic Ovariohysterectomy in the Dog. Bd. 5. 2010;5(1).

105. Cima DS, Credie L de FGA, Futema F, Luna SPL. Lumbar Epidural: Anatomical and Clinical Study in Dogs Submitted to Ovariohysterectomy. Front Vet Sci. 3. November 2020;7. doi:10.3389/fvets.2020.527812

106. Khan A, Bashir S, Gazi A. LUMBOSACRAL EPIDURAL ANESTHESIA FOR OVARIOHYSTERECTOMY IN DOGS. 2015.

107. Fujimoto TAS, Fagundes AADÁ. Postoperative analgesic evaluation of intraovarian lidocaine infiltration in female dogs submitted ovariohysterectomy. Ciênc Anim Bras. 2025;26:80242E. doi:10.1590/1809-6891v26e-80242e

108. Sliusarenko DV, Ilnitskiy MG, Bilyi DD, Bobrytska OM, Kovalova LO. Regional anesthesiological support for the implementation of surgical interventions in the abdomen of dogs. Regul Mech Biosyst. 6. Februar 2021;12(1):50–7. doi:10.15421/022108

109. Lazzarini E, Gioeni D, Del Prete G, Baio M, Carotenuto AM. Ultrasound-guided quadratus lumborum block with 0.5 mL of 0.2% bupivacaine/kg is a valuable perioperative analgesic adjunct for cats undergoing ovariectomy. J Am Vet Med Assoc. 1. November 2024;262(11):1491–8. doi:10.2460/javma.24.03.0202

110. Paolini A, Santoro F, Bianchi A, Collivignarelli F, Vignoli M, Scialanca S, u. a. Use of Transversus Abdominis Plane and Intercostal Blocks in Bitches Undergoing Laparoscopic Ovariectomy: A Randomized Controlled Trial. Vet Sci. November 2022;9(11):604. doi:10.3390/vetsci9110604

111. Sahin OA, Ozturk B, Erkan AA, Guner B. Administration of Preoperative Meloxicam and Firocoxib on Postoperative Analgesia and Inflammatory Markers in Dogs Undergoing Ovariohysterectomy.

112. Polson S, Taylor PM, Yates D. Analgesia after feline ovariohysterectomy under midazolam-medetomidine-ketamine anaesthesia with buprenorphine or butorphanol, and carprofen or meloxicam: a prospective, randomised clinical trial. J Feline Med Surg. August 2012;14(8):553–9. doi:10.1177/1098612X12444743

113. Steagall PV, Benito J, Monteiro BP, Doodnaught GM, Beauchamp G, Evangelista MC. Analgesic effects of gabapentin and buprenorphine in cats undergoing ovariohysterectomy using two pain-scoring systems: a randomized clinical trial. J Feline Med Surg. August 2018;20(8):741–8. doi:10.1177/1098612X17730173 PubMed PMID: 28920534; PubMed Central PMCID: PMC11104130.

114. Lu D, Wu C, Yin Y, Ma X. Analgesic Effects of Lidocaine and Fentanyl Alone or in Combination Undergoing Ovariohysterectomy in Female Dogs. Pak Vet J. 2016.

115. Heo SY, Kim SJ, Kim NS. Analgesic efficacy of meloxicam with or without a buprenorphine patch in cats after ovariohysterectomy. Veterinární Medicína. 30. Juni 2018;63(6):279–86. doi:10.17221/148/2017-VETMED

116. Basiri B, Cheng CH, Rahman NA. Analgesic Efficacy of Pre-Operative Tramadol in Combination with Acepromazine in Cats Undergoing Ovariohysterectomy. Pak Vet J. 2014.

117. Singh J, Roy M, Roy S, Gupta N, Hota A, Mishra P, u. a. COMPARATIVE EVALUATION OF BUTORPHANOL/PENTAZOCINE IN COMBINATION WITH XYLAZINE FOR KETAMINE ANAESTHESIA IN DOGS UNDERGOING ELECTIVE OVARIOHYSTERECTOMY.

118. Rabbani AH, Ullah Q, Naseer O, Gardezi FH, Shahid M, Hussain K, u. a. Comparative Multimodal Palliative efficacy of gabapentin and tramadol By Using Two Pain Scoring Systems in Cats Undergoing Ovariohysterectomy. Acta Vet (Beogr). 30. Dezember 2021;71(4):417–34. doi:10.2478/acve-2021-0035

119. S N C, Saikia B, Konwar B, Bayan H, Devi TR, Das CJ, u. a. Comparative studies on haemato-biochemical changes following pre-emptive analgesia with tramadol, pentazocine lactate and meloxicam inpain management of canine ovariohysterectomy. Indian J Anim Sci. 12. Februar 2024;94(2):123–30. doi:10.56093/ijans.v94i2.132408

120. Goich M, Bascuñán A, Faúndez P, Siel D. Comparison of analgesic efficacy of tramadol, morphine and methadone in cats undergoing ovariohysterectomy. J Feline Med Surg. 1. März 2024;26(3):1098612X231224662. doi:10.1177/1098612X231224662

121. Moretti G, Mattiuzzi I, Garofanini L, Monti E, Serni B, Bufalari A, u. a. Comparison of Butorphanol, Methadone, and Pethidine in Combination with Alfaxalone for Premedication in Isoflurane-Anesthetized Cats Undergoing Ovariectomy. Animals. Januar 2024;14(13):1997. doi:10.3390/ani14131997

122. Thengchaisri N, Sattasathuchana P, Niyom S, Chantornvong W. Comparison of Carprofen, Vedaprofen and Tepoxalin for Postoperative Analgesia and Serum PGE2 Level in Dogs after Ovariohysterectomy. Thai J Vet Med. 1. Juni 2010;40(2):159–64. doi:10.56808/2985-1130.2219

123. Kamata M, King JN, Seewald W, Sakakibara N, Yamashita K, Nishimura R. Comparison of injectable robenacoxib versus meloxicam for peri-operative use in cats: Results of a randomised clinical trial. Vet J. 1. Juli 2012;193(1):114–8. doi:10.1016/j.tvjl.2011.11.026

124. Sattasathuchana P, Phuwapattanachart P, Thengchaisri N. Comparison of post-operative analgesic efficacy of tolfenamic acid and robenacoxib in ovariohysterectomized cats. J Vet Med Sci. 2018;80(6):989–96. doi:10.1292/jvms.17-0443

125. Uzel Y, Erol M. Comparison of Postoperative Analgesic Effects of Medetomidine-Ketamine, Isoflurane and Medetomidine-Butorphanol, Isoflurane Combinations in Anesthesia for Ovariohysterectomy in Cats. ISPEC J Agric Sci. 1. Juni 2025;9(2):386–95. doi:10.5281/zenodo.14991166

126. Mahdmina A, Evans A, Yates D, White KL. Comparison of the effects of buprenorphine and methadone in combination with medetomidine followed by intramuscular alfaxalone for anaesthesia of cats undergoing ovariohysterectomy. J Feline Med Surg. 1. Februar 2020;22(2):77–83. doi:10.1177/1098612X19826357

127. Zhang S, Li JN, Luan L, Guan W, Hu XY, Fan HG. Comparison of the effects of nefopam and tramadol on postoperative analgesia in dogs undergoing ovariohysterectomy. Veterinární Medicína. 31. März 2017;62(3):131–7. doi:10.17221/53/2016-VETMED

128. Bustamante R, Daza MA, Canfrán S, García P, Suárez M, Trobo I, u. a. Comparison of the postoperative analgesic effects of cimicoxib, buprenorphine and their combination in healthy dogs undergoing ovariohysterectomy. Vet Anaesth Analg. 1. Juli 2018;45(4):545–56. doi:10.1016/j.vaa.2018.01.003

129. Pereira MAa, Campos KD, Gonçalves LA, Dos Santos RSt, Flôr PB, Ambrósio AM, u. a. Cyclooxygenases 1 and 2 inhibition and analgesic efficacy of dipyrone at different doses or meloxicam in cats after ovariohysterectomy. Vet Anaesth Analg. Januar 2021;48(1):7–16. doi:10.1016/j.vaa.2020.10.004

130. Dalmolin F, Oliveira MT, Filho STLP, Vaz MAB, Cecco BS de, Feranti JPS, u. a. Dipyrone, scopolamine, and meloxicam for conventional or two-port laparoscopic-assisted ovariohysterectomy in female dogs. Semina Ciênc Agrár. 7. April 2020;41(3):887–96. doi:10.5433/1679-0359.2020v41n3p887

131. Lucena DVF de, Henrique FV, Lima AGA de, Souza AP de, Nóbrega PI da. Effect of the ketoprofen on the preemptive analgesia in female cats undergoing to ovariohysterectomy. Rev Ceres. 2017;64:18–24. doi:https://doi.org/10.1590/0034-737X201764010003

132. Mwangi WE, Mogoa EM, Mwangi JN, Mbuthia PG, Mbugua SW. Effects of Butorphanol, Meloxicam and Butorphanol-Meloxicam Combination on Wound Healing after Ovariohysterectomy in Dogs. 2019.

133. Akbar H, Khan MA, Bokhari SG, Ahmad MUD, Nawaz M, Anjum A, u. a. Efficacy of Medetomidine Hydrochloride Alone and In Combination with Ketamine Hydrochloride for Surgical Anesthesia in Cats. Pak Vet J. 2015.

134. Teixeira LG, Martins LR, Schimites PI, Dornelles GL, Aiello G, Oliveira JS, u. a. Evaluation of postoperative pain and toxicological aspects of the use of dipyrone and tramadol in cats. J Feline Med Surg. Juni 2020;22(6):467–75. doi:10.1177/1098612X19849969 PubMed PMID: 31112057; PubMed Central PMCID: PMC10814344.

135. Saritas ZK, Saritas TB, Pamuk K, Korkmaz M, Yaprakci MV, Yilmaz O, u. a. Evaluation of preemptive dexketoprofen trometamol effect on blood chemistry, vital signs and postoperative pain in dogs undergoing ovariohysterectomy. Bratisl Med J. 2015;116(03):191–5. doi:10.4149/BLL_2015_038

136. Pisack EK, Kleine SA, Hampton CE, Smith CK, Weisent J, DeBolt R, u. a. Evaluation of the analgesic efficacy of grapiprant compared with robenacoxib in cats undergoing elective ovariohysterectomy in a prospective, randomized, masked, non-inferiority clinical trial. J Feline Med Surg. März 2024;26(3):1098612X241230941. doi:10.1177/1098612X241230941

137. Warne LN, Beths T, Carter JE, Whittem T, Bauquier SH. Evaluation of the influence of atipamezole on the postoperative analgesic effect of buprenorphine in cats undergoing a surgical ovariohysterectomy. Vet Anaesth Analg. 1. Juli 2016;43(4):424–8. doi:10.1111/vaa.12340

138. Warne LN, Beths T, Holm M, Carter JE, Bauquier SH. Evaluation of the perioperative analgesic efficacy of buprenorphine, compared with butorphanol, in cats. J Am Vet Med Assoc. 15. Juli 2014;245(2):195–202. doi:10.2460/javma.245.2.195

139. Lugoch G, Vilela JAP, Bauer G, Antunes HMR, Teixeira FEG, Haas SE, u. a. Free and nanoencapsulated meloxicam as an adjuvant in intraoperative and postoperative analgesia in bicthes undergoing ovariohysterectomy. Top Companion Anim Med. 1. Januar 2026;70:101026. doi:10.1016/j.tcam.2025.101026

140. Teixeira LG, Vaccarin CV, Schimites PI, Gasparotto JC, Costa GP, Griesang JM, u. a. Grapiprant or carprofen following ovariohysterectomy in the cat: analgesic efficacy, hematological, biochemical and urinalysis evaluation. J Feline Med Surg. 1. August 2022;24(8):e153–62. doi:10.1177/1098612X221097935

141. Interlandi C, Bruno F, Tabbì M, Macrì F, Di Pietro S, Giudice E, u. a. Intraoperative Isoflurane End-Tidal Concentration during Infusion of Fentanyl, Tramadol, or Fentanyl–Tramadol Combination in Cats. Vet Sci. März 2024;11(3):125. doi:10.3390/vetsci11030125

142. Conterno GB, Silva TL da, Rocha VA, Serighelli Júnior G, Rosa L da, Comassetto F, u. a. Magnesium sulfate and ketamine as analgesic and anesthetic adjuvants in total intravenous anesthesia in cats. Ciênc Rural. 2025;55:e20230616. doi:https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20230616

143. Lawrence I. Methadone or buprenorphine: which is the better analgesic for feline ovariohysterectomy? Vet Evid. 12. November 2024;9(4). doi:10.18849/ve.v9i4.704

144. Ugwu NE, Eze CA, Udegbunam RI, Nnaji TO. Perioperative analgesic efficacy of constant rate infused tramadol hydrochloride as an adjunct to postoperative ketoprofen in ovariohysterectomized bitches. Indian J Anim Res. 18. September 2018;(of). doi:10.18805/ijar.B-984

145. Southern BL, Long SM, Barnes DN, Enomoto H, Messenger KM. Preliminary evaluation of the effects of grapiprant compared with carprofen on acute pain and inflammation following ovariohysterectomy in dogs. Am J Vet Res. 1. Juli 2022;83(7):ajvr.21.10.0162. doi:10.2460/ajvr.21.10.0162

146. Meunier NV, Panti A, Mazeri S, Fernandes KA, Handel IG, Bronsvoort BM de C, u. a. Randomised trial of perioperative tramadol for canine sterilisation pain management. Vet Rec. 2019;185(13):406–406. doi:10.1136/vr.105009

147. Hillen F, Polson S, Yates D, Watkinson R, White K. Robenacoxib versus meloxicam following ovariohysterectomy in cats: A randomised, prospective clinical trial involving owner-based assessment of pain. Vet Rec. 2023;193(8):e3264. doi:10.1002/vetr.3264

148. Scallan EM, Eckman SL, Coursey CD, Ikels KC, Simon BT. The analgesic and sedative effects of GV20 pharmacopuncture with low-dose hydromorphone in healthy dogs undergoing ovariohysterectomy. Can Vet J. Oktober 2021;62(10):1104–10. PubMed PMID: 34602640; PubMed Central PMCID: PMC8439329.

149. Hu XY, Luan L, Guan W, Shi J, Zhao YB, Fan HG. Tolfenamic acid and meloxicam both provide an adequate degree of postoperative analgesia in dogs undergoing ovariohysterectomy. Veterinární Medicína. 30. Juni 2017;62(6):333–41. doi:10.17221/143/2016-VETMED

150. Corrêa JMX, Niella RV, Oliveira JNSD, Silva Junior AC, Marques CSDC, Pinto TM, u. a. Antinociceptive and analgesic effect of continuous intravenous infusion of maropitant, lidocaine and ketamine alone or in combination in cats undergoing ovariohysterectomy. Acta Vet Scand. Dezember 2021;63(1):49. doi:10.1186/s13028-021-00615-w

151. Bozkurt G, Kaya F, Yildiz M. Does maropitant provide more effective perioperative pain management than meloxicam in bitches undergoing ovariohysterectomy? The first report on the comparison of visceral algesia-analgesia for ovariohysterectomy. Res Vet Sci. 1. März 2024;169:105179. doi:10.1016/j.rvsc.2024.105179

152. Rocha LM, Júnior GS, Tochetto R. Maropitant in Cats Undergoing Ovariohysterectomy: Evaluation of Clinical and Analgesic Effects.

153. Niyom S, Boscan P, Twedt DC, Monnet E, Eickhoff JC. Effect of maropitant, a neurokinin-1 receptor antagonist, on the minimum alveolar concentration of sevoflurane during stimulation of the ovarian ligament in cats. Vet Anaesth Analg. Juli 2013;40(4):425–31. doi:10.1111/vaa.12017 PubMed PMID: 23406526.

154. Ciplak AY, Aydin S, Tohumcu V, Okur DT, Polat B. COMPARISON OF THE POSTOPERATIVE PAIN OUTCOME OF THE THREE-PORT LAPAROSCOPIC OVARIECTOMY AND CONVENTIONAL OPEN OVARIECTOMY METHODS IN DOGS. Dezember 2021.

155. Webb C, Deutsch J. In bitches, is ovariectomy/ovariohysterectomy by laparoscopy less painful postoperatively than by midline open laparotomy? Vet Evid [Internet]. 2021 [zitiert 31. Dezember 2025];6(1). Verfügbar unter: https://veterinaryevidence.org/index.php/ve/article/view/356

156. Quarterone C, Luna SPL, Crosignani N, de Oliveira FA, Lopes C, da Maia Lima AF, u. a. Ovariohysterectomy requires more post-operative analgesia than orchiectomy in dogs and cats. Can Vet J. November 2017;58(11):1191–4. PubMed PMID: 29089657; PubMed Central PMCID: PMC5640292.

157. Huuskonen V, Hughes JL, Estaca Bañon E, West E. Intratesticular lidocaine reduces the response to surgical castration in dogs. Vet Anaesth Analg. Januar 2013;40(1):74–82. doi:10.1111/j.1467-2995.2012.00775.x

158. Maarschalkerweerd RJ, Endenburg N, Kirpensteijn J, Knol BW. Influence of orchiectomy on canine behaviour. Vet Rec. 14. Juni 1997;140(24):617–9. doi:10.1136/vr.140.24.617 PubMed PMID: 9228691.

159. Hamilton KH, Henderson ER, Toscano M, Chanoit GP. Comparison of postoperative complications in healthy dogs undergoing open and closed orchidectomy. J Small Anim Pract. 2014;55(10):521–6. doi:10.1111/jsap.12266

160. Wagner AE. Complications in Equine Anesthesia. Vet Clin North Am Equine Pract. Dezember 2008;24(3):735–52. doi:10.1016/j.cveq.2008.10.002

161. Griffin B. The Association of Shelter Veterinarians' 2016 Veterinary Medical Care Guidelines for Spay-Neuter Programs. JAVMA.

162. Epstein ME, Rodanm I, Griffenhagen G, Kadrlik J, Petty MC, Robertson SA, u. a. 2015 AAHA/AAFP pain management guidelines for dogs and cats. J Feline Med Surg. März 2015;17(3):251–72. doi:10.1177/1098612X15572062 PubMed PMID: 25701863; PubMed Central PMCID: PMC11148887.

163. Portela DA, Verdier N, Otero PE. Regional anesthetic techniques for the pelvic limb and abdominal wall in small animals: A review of the literature and technique description. Vet J. 1. August 2018;238:27–40. doi:10.1016/j.tvjl.2018.07.003

164. Berliner EA, Stone ME, Boulting S, Scarlett J. Evaluation of local anesthetic blockade in cats undergoing castration in a high-quality, high-volume spay/neuter setting: a randomized, blinded, placebo-controlled trial. J Feline Med Surg. 23. August 2025;27(8):1098612X251347947. doi:10.1177/1098612X251347947 PubMed PMID: 40847607; PubMed Central PMCID: PMC12375170.

165. Perez TE, Grubb TL, Greene SA, Meyer S, Valdez N, Bingman J, u. a. Effects of intratesticular injection of bupivacaine and epidural administration of morphine in dogs undergoing castration. J Am Vet Med Assoc. 1. März 2013;242(5):631–42. doi:10.2460/javma.242.5.631

166. Tan B, Elma E, Pekcan Z. Comparison of The Efficacy of Intratesticular Lidocaine and Bupivacaine During Castration in Cats [Internet]. 30. Dezember 2023. doi:10.5281/ZENODO.10440091

167. Cicirelli V, Debidda P, Maggio N, Caira M, Lacalandra GM, Aiudi GG. Ultrasound-Guided Funicular Block: Ropivacaine Injection into the Tissue around the Spermatic Cord to Improve Analgesia during Orchiectomy in Dogs. Animals. Mai 2021;11(5):1275. doi:10.3390/ani11051275

168. Cicirelli V, Debidda P, Maggio N, Caira M, Mrenoshki D, Aiudi GG, u. a. Use of Spinal Anaesthesia with Anaesthetic Block of Intercostal Nerves Compared to a Continuous Infusion of Sufentanyl to Improve Analgesia in Cats Undergoing Unilateral Mastectomy. Animals. März 2021;11(3):887. doi:10.3390/ani11030887

169. Gruet P, Seewald W, King JN. Robenacoxib versus meloxicam for the management of pain and inflammation associated with soft tissue surgery in dogs: a randomized, non-inferiority clinical trial. BMC Vet Res. 2. Mai 2013;9:92. doi:10.1186/1746-6148-9-92 PubMed PMID: 23638669; PubMed Central PMCID: PMC3655053.

170. Armstrong T, Wagner MC, Cheema J, Pang DS. Assessing analgesia equivalence and appetite following alfaxalone- or ketamine-based injectable anesthesia for feline castration as an example of enhanced recovery after surgery. J Feline Med Surg. Februar 2018;20(2):73–82. doi:10.1177/1098612X17693517 PubMed PMID: 28682644; PubMed Central PMCID: PMC11129262.

171. Nour E. Comparative Evaluation of the Epidural Dexmedetomidine, Ketamine or Fentanyl in Combination with Bupivacaine in Dogs Undergoing Castration [Internet]. 2013 [zitiert 15. Februar 2026]. Verfügbar unter: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/70967271/Comparative_Evaluation_of_the_Epidural_D20211002-31980-1894ul1.pdf?1738430800=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DComparative_Evaluation_of_the_Epidural_D.pdf&Expires=1771154835&Signature=OJ032UFt5Dk8P2w~tGiDsKpWQY71W1m0QJDkbti~K9PKmqSqJnQrVYfB02RbWHNHdxwNdIIZnEGG33GB5z-4OABIXVxeIHBwl~zYhbX40mzIqej6CceSZB-lTeIvHEEEBJObd6IU1JoZ50vJSf0BhP0jjmqztWF9YaG-YsqnywHT-INRjwu8W6WtFFEJ-Gv-WUgriomTIqIayxJjHv7P9BOxMaRYRGha6IsQKE1oKre9nVl~HOyY4YaAdPGqitu56N6qh2yz5XSe0GpLcw4Kgil5D-Z0RvbaYAA2SkvVG1RIJRJY5t84rmC6kvqHq7xxN5oQApcWfnOFrl77sriOzg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

172. Vullo C, Falcone A, Marino G, Monti S, Tambella AM, Bufalari A, u. a. Comparison between the effects of epidural lidocaine, tramadol, and lidocaine–tramadol on postoperative pain in cats undergoing elective orchiectomy. Acta Vet Scand. 11. Juli 2023;65:33. doi:10.1186/s13028-023-00696-9 PubMed PMID: 37434222; PubMed Central PMCID: PMC10334667.

173. Kibar M. Comparison of Intraoperative Effects of Intratesticular Lidocaine and Procaine on Hemodynamic Responses in Male Cats Undergoing Routine Castration. ResearchGate. 2022. doi:10.53518/mjavl.1154059

174. Fernandez-Parra R, Zilberstein L, Fontaine C, Adami C. Comparison of intratesticular lidocaine, sacrococcygeal epidural lidocaine and intravenous methadone in cats undergoing castration: a prospective, randomized, investigator-blind clinical trial. Vet Anaesth Analg. März 2017;44(2):356–63. doi:10.1016/j.vaa.2016.03.010

175. Makpunpol T, Chanrobru Y, Thanapaisal P, Kuropakaranan M, Wipoosak P, Seesupa S, u. a. Comparison of Perioperative Analgesic Efficacy of Lidocaine Intratesticular Block and Spermatic Cord Instillation in Feline Castration. Vet Sci. 2. Februar 2025;12(2):111. doi:10.3390/vetsci12020111 PubMed PMID: 40005869; PubMed Central PMCID: PMC11861551.

176. McMillan MW, Seymour CJ, Brearley JC. Effect of intratesticular lidocaine on isoflurane requirements in dogs undergoing routine castration. J Small Anim Pract. 2012;53(7):393–7. doi:10.1111/j.1748-5827.2012.01233.x

177. Sawicki RK, Kongara K, Gieseg MA, Dukkipati VSR, Johnson CB. Effects of bupivacaine and morphine on the electroencephalogram and postoperative pain in castrated dogs. Vet Anaesth Analg. 1. Juli 2025;52(4):421–8. doi:10.1016/j.vaa.2025.03.007

178. Fudge JM, Cho SE, Page B, Lee I. Evaluation of a lidocaine with epinephrine infusion for reducing postoperative pain and complications in elective cat castrations. Top Companion Anim Med. Januar 2026;70:101043. doi:10.1016/j.tcam.2025.101043

179. Joshua U, Abidoye E olaoluwa, Aluwong T, Muazu TA, Zubairu M. The Analgesic Effects of Metamizole-Sodium in Castrated Nigeria Indigenous Dogs. J Appl Vet Sci. 1. Oktober 2025. doi:10.21608/javs.2025.399344.1675

180. Moser KL, Hasiuk MM, Armstrong T, Gunn M, Pang DS. A randomized clinical trial comparing butorphanol and buprenorphine within a multimodal analgesic protocol in cats undergoing orchiectomy. J Feline Med Surg. August 2020;22(8):760–7. doi:10.1177/1098612X19886132 PubMed PMID: 31697181; PubMed Central PMCID: PMC10814498.

181. Ravuri HG, Sadowski P, Satake N, Mills PC. Efficacy of transdermal ketoprofen on surgical inflammation in dogs. Res Vet Sci. 1. Februar 2025;183:105512. doi:10.1016/j.rvsc.2024.105512

182. Zeiler GE, Dzikiti BT, Fosgate GT, Stegmann FG, Venter FJ, Rioja E. Anaesthetic, analgesic and cardiorespiratory effects of intramuscular medetomidine-ketamine combination alone or with morphine or tramadol for orchiectomy in cats. Vet Anaesth Analg. Juli 2014;41(4):411–20. doi:10.1111/vaa.12136

183. Brunn A. Surgical castration in dogs: does the incision approach influence postoperative recovery? Vet Evid. 29. Dezember 2022;7(4). doi:10.18849/ve.v7i4.587

184. Nasser D, Fouad MA, Fathi M, Bawish BM. CANINE CASTRATION AND ANIMAL WELFARE. 2024;(2).

185. Şenocak MG. Comparison of spermatic cord ligation and the vas plexus ligation in canine orchiectomy: A prospective clinical study. Vet Med Sci. 2023;9(5):2015–21. doi:10.1002/vms3.1208

186. Lund EM, Armstrong PJ, Kirk CA, Kolar LM, Klausner JS. Health status and population characteristics of dogs and cats examined at private veterinary practices in the United States. J Am Vet Med Assoc. 1. Mai 1999;214(9):1336–41. doi:10.2460/javma.1999.214.09.1336

187. Hailstone K. A Practical Guide to Loco-Regional Nerve Blocks for Oromaxillofacial Surgery in Dogs and Cats. J Vet Dent. Januar 2025;42(1):24–32. doi:10.1177/08987564241281484

188. Beckman B. Anesthesia and Pain Management for Small Animals. Vet Clin North Am Small Anim Pract. Mai 2013;43(3):669–88. doi:10.1016/j.cvsm.2013.02.006

189. Lobprise H, St Denis K, Anderson JG, Hoyer N, Fiani N, Yaroslav J. 2025 FelineVMA feline oral health and dental care guidelines. J Feline Med Surg. November 2025;27(11):1098612X251398793. doi:10.1177/1098612X251398793 PubMed PMID: 41319038; PubMed Central PMCID: PMC12665832.

190. Bellows J, Berg ML, Dennis S, Harvey R, Lobprise HB, Snyder CJ, u. a. 2019 AAHA Dental Care Guidelines for Dogs and Cats*. J Am Anim Hosp Assoc. 2019;55(2):49–69. doi:10.5326/JAAHA-MS-6933

191. Watanabe R, Doodnaught G, Proulx C, Auger JP, Monteiro B, Dumais Y, u. a. A multidisciplinary study of pain in cats undergoing dental extractions: A prospective, blinded, clinical trial. PLOS ONE. 1. März 2019;14(3):e0213195. doi:10.1371/journal.pone.0213195

192. Niemiec B, Gawor J, Nemec A, Clarke D, McLeod K, Tutt C, u. a. World Small Animal Veterinary Association Global Dental Guidelines. J Small Anim Pract. Juli 2020;61(7). doi:10.1111/jsap.13132

193. Milella L, Gurney M. Dental and oral surgery. In: Duke-Novakovski T, British Small Animal Veterinary Association, Herausgeber. BSAVA manual of canine and feline anaesthesia and analgesia. Third edition. Quedgeley, Gloucester: British Small Animal Veterinary Association; 2016. (BSAVA manual series).

194. Rauser P, Janalik P, Markova M, Fichtel T. Early analgesia after periodontal treatment in dogs: a comparison of three analgesic protocols. Veterinární Medicína. 30. Juni 2013;58(6):312–7. doi:10.17221/6867-VETMED

195. Reiter AM, Soltero-Rivera MM. Applied Feline Oral Anatomy and Tooth Extraction Techniques. J Feline Med Surg. November 2014;16(11):900–13. doi:10.1177/1098612X14552365 PubMed PMID: 25344460; PubMed Central PMCID: PMC11044610.

196. Lee S, Kim M, Sung T, Son W gyun, Lee I. Comparative Efficacy of Opioid-Free and Opioid-Sparing Anesthesia in Dogs Undergoing Dental Procedures: A Prospective Study of Perioperative Analgesia and Hemodynamic Stability. J Vet Dent. 6. Januar 2026;08987564251409380. doi:10.1177/08987564251409380

197. Castejón-González AC, Reiter AM. Locoregional Anesthesia of the Head. Vet Clin North Am Small Anim Pract. November 2019;49(6):1041–61. doi:10.1016/j.cvsm.2019.07.011

198. de Vries M, Putter G. Perioperative anaesthetic care of the cat undergoing dental and oral procedures. J Feline Med Surg. Januar 2015;17(1):23–36. doi:10.1177/1098612X14560096 PubMed PMID: 25527491; PubMed Central PMCID: PMC11383099.

199. Pascoe PJ. The effects of lidocaine or a lidocaine-bupivacaine mixture administered into the infraorbital canal in dogs. Am J Vet Res. Juli 2016;77(7):682–7. doi:10.2460/ajvr.77.7.682

200. Muir Iii WW, Wiese AJ, March PA. Effects of morphine, lidocaine, ketamine, and morphine-lidocaine-ketamine drug combination on minimum alveolar concentration in dogs anesthetized with isoflurane. Am J Vet Res. 1. September 2003;64(9):1155–60. doi:10.2460/ajvr.2003.64.1155

201. Aguiar J, Chebroux A, Martinez-Taboada F, Leece EA. Analgesic effects of maxillary and inferior alveolar nerve blocks in cats undergoing dental extractions. J Feline Med Surg. Februar 2015;17(2):110–6. doi:10.1177/1098612X14533551 PubMed PMID: 24820999; PubMed Central PMCID: PMC10816425.

202. Jones TL, Cediel R, Wolff S, Thomas K, Hofmeister EH. Post-operative Pain Assessment Following Tooth Extraction Using Liposomal Encapsulated Bupivacaine as a Local Anesthetic in Dogs. J Vet Dent. Januar 2025;42(1):75–9. doi:10.1177/08987564231161226

203. Oxford M, Gurney M. Local anaesthesia for dental and oral surgery in cats and dogs. In Pract. 2021;43(8):412–23. doi:10.1002/inpr.123

204. Zeynep Dicle Ü, Birkan K. Regional Anaesthesia Techniques for Feline Tooth Extractions [Internet]. 31. August 2025. doi:10.5281/ZENODO.17068589

205. Snyder LBC, Snyder CJ, Hetzel S. Effects of Buprenorphine Added to Bupivacaine Infraorbital Nerve Blocks on Isoflurane Minimum Alveolar Concentration Using a Model for Acute Dental/Oral Surgical Pain in Dogs. J Vet Dent. Juni 2016;33(2):90–6. doi:10.1177/0898756416657232

206. Giambrone G, Catone G, Marino G, Sfacteria A, Miloro R, Vullo C. Perioperative Pain Management for Mastectomy in Dogs: A Narrative Review. Anim Open Access J MDPI. 25. April 2025;15(9):1214. doi:10.3390/ani15091214 PubMed PMID: 40362030; PubMed Central PMCID: PMC12070845.

207. Bartholomew K, Smith LJ. The Effectiveness of Liposome-Encapsulated Bupivacaine Compared to Standard Bupivacaine for Anesthesia of the Maxilla in Dogs. J Vet Dent. Januar 2025;42(1):80–5. doi:10.1177/08987564231179885

208. Bienhoff SE, Smith ES, Roycroft LM, Roberts ES, Baker LD. Efficacy and Safety of Deracoxib for the Control of Postoperative Pain and Inflammation Associated with Dental Surgery in Dogs. ISRN Vet Sci. 23. Januar 2012;2011:593015. doi:10.5402/2011/593015 PubMed PMID: 23738113; PubMed Central PMCID: PMC3658545.

209. Tavakoli A, Pahlavan P. Tramadol vs Meloxicam in controlling postoperative pain in dental extractions in cats. Iran J Vet Surg. Oktober 2017;(Online First). doi:10.22034/ivsa.2017.50824

210. Pownall W, Rytz U, Schuepbach G, Spadavecchia C, Rohrbach H. The influence of the choice of preemptive analgesia on long-term postsurgical pain after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. Vet Surg. 2021;50(1):71–80. doi:10.1111/vsu.13515

211. Wemmers AC, Charalambous M, Harms O, Volk HA. Surgical treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs using Tibial Plateau Leveling Osteotomy or Tibial Tuberosity Advancement–A systematic review with a meta-analytic approach. Front Vet Sci. 30. November 2022;9:1004637. doi:10.3389/fvets.2022.1004637

212. Comerford EJ, Smith K, Hayashi K. Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease. Vet Comp Orthop Traumatol. 2011;24(02):91–8. doi:10.3415/VCOT-10-04-0055

213. Warrit K, Griffenhagen G, Goh C, Boscan P. Comparison of ultrasound-guided lumbar plexus and sciatic nerve blocks with ropivacaine and sham blocks with saline on perianesthetic analgesia and recovery in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy surgery. Vet Anaesth Analg. September 2019;46(5):673–81. doi:10.1016/j.vaa.2019.05.010 PubMed PMID: 31371195.

214. Slocum B, Slocum TD. Tibial Plateau Leveling Osteotomy for Repair of Cranial Cruciate Ligament Rupture in the Canine. Vet Clin North Am Small Anim Pract. Juli 1993;23(4):777–95. doi:10.1016/S0195-5616(93)50082-7

215. Lafaver S, Miller NA, Stubbs WP, Taylor RA, Boudrieau RJ. Tibial Tuberosity Advancement for Stabilization of the Canine Cranial Cruciate Ligament-Deficient Stifle Joint: Surgical Technique, Early Results, and Complications in 101 Dogs. Vet Surg. August 2007;36(6):573–86. doi:10.1111/j.1532-950X.2007.00307.x

216. Papadopoulos G, Duckwitz V, Doherr MG. Femoral and sciatic nerve blockade of the pelvic limb with and without obturator nerve block for tibial plateau levelling osteotomy surgery in dogs. Vet Anaesth Analg. 1. Juli 2022;49(4):407–16. doi:10.1016/j.vaa.2021.09.021

217. Campoy L, Martin-Flores M, Ludders JW, Erb HN, Gleed RD. Comparison of bupivacaine femoral and sciatic nerve block versus bupivacaine and morphine epidural for stifle surgery in dogs. Vet Anaesth Analg. 2012;39(1):91–8. doi:10.1111/j.1467-2995.2011.00673.x

218. Lewis KA, Bednarski RM, Aarnes TK, Dyce J, Hubbell JAE. Postoperative comparison of four perioperative analgesia protocols in dogs undergoing stifle joint surgery. J Am Vet Med Assoc. 1. Mai 2014;244(9):1041–6. doi:10.2460/javma.244.9.1041

219. Bufalari A, Maggio C, Cerasoli I, Morath U, Adami C. Preemptive carprofen for peri-operative analgesia in dogs undergoing Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO): A prospective, randomized, blinded, placebo controlled clinical trial. Schweiz Arch Für Tierheilkd. 1. März 2012;154(3):105–11. doi:10.1024/0036-7281/a000308

220. Christopher SA, Beetem J, Cook JL. Comparison of Long-Term Outcomes Associated With Three Surgical Techniques for Treatment of Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs. Vet Surg. 2013;42(3):329–34. doi:10.1111/j.1532-950X.2013.12001.x

221. Hoelzler MG, Harvey RC, Lidbetter DA, Millis DL. Comparison of Perioperative Analgesic Protocols for Dogs Undergoing Tibial Plateau Leveling Osteotomy. Vet Surg. 2005;34(4):337–44. doi:10.1111/j.1532-950X.2005.00052.x

222. Upchurch D, Lin KTT, KuKanich B. Two doses of subcutaneous methadone for postoperative analgesia in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomies. J Small Anim Pract. 2024;65(6):368–75. doi:10.1111/jsap.13728

223. Scaglione J, Carver J. Incidence of postoperative administration of opioids in dogs undergoing a tibial plateau leveling osteotomy after intra-operative liposomal bupivacaine administration with or without morphine epidural. BMC Vet Res. 31. Juli 2023;19:102. doi:10.1186/s12917-023-03664-7 PubMed PMID: 37525246; PubMed Central PMCID: PMC10388522.

224. Taroni M, Cabon Q, Fèbre M, Cachon T, Saulnier N, Carozzo C, u. a. Evaluation of the Effect of a Single Intra-articular Injection of Allogeneic Neonatal Mesenchymal Stromal Cells Compared to Oral Non-Steroidal Anti-inflammatory Treatment on the Postoperative Musculoskeletal Status and Gait of Dogs over a 6-Month Period after Tibial Plateau Leveling Osteotomy: A Pilot Study. Front Vet Sci. 8. Juni 2017;4. doi:10.3389/fvets.2017.00083

225. McCally RE, Bukoski A, Branson KR, Fox DB, Cook JL. Comparison of Short-Term Postoperative Analgesia by Epidural, Femoral Nerve Block, or Combination Femoral and Sciatic Nerve Block in Dogs Undergoing Tibial Plateau Leveling Osteotomy. Vet Surg. 2015;44(8):983–7. doi:10.1111/vsu.12406

226. Parker LA, Bukoski AD, Zelaya-Nunez C, Dodam JR, Varner KM, Torres BT. Pelvic limb anesthesia and analgesia in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy (TPLO): A survey of board-certified anesthesiologists. Vet Surg. 2023;52(4):521–30. doi:10.1111/vsu.13947

227. Caniglia AM, Driessen B, Puerto DA, Bretz B, Boston RC, Larenza MP. Intraoperative antinociception and postoperative analgesia following epidural anesthesia versus femoral and sciatic nerve blockade in dogs undergoing stifle joint surgery. J Am Vet Med Assoc. 15. Dezember 2012;241(12):1605–12. doi:10.2460/javma.241.12.1605

228. O Cathasaigh M, Read MR, Atilla A, Schiller T, Kwong GPS. Blood concentration of bupivacaine and duration of sensory and motor block following ultrasound-guided femoral and sciatic nerve blocks in dogs. PloS One. 2018;13(3):e0193400. doi:10.1371/journal.pone.0193400 PubMed PMID: 29505566; PubMed Central PMCID: PMC5837095.

229. da Rosa DS, Oliveira I de M, da Silva LRR, de Souza YSK, Castro GN de S. Association of iPACK block and adductor canal block in dogs undergoing the tibial plateau leveling osteotomy technique: Report of 4 cases. Braz J Vet Med. 46:e002324. doi:10.29374/2527-2179.bjvm002324 PubMed PMID: 38868541; PubMed Central PMCID: PMC11168727.

230. Otero PE, Guerrero JA, Tarragona L, Micieli F, Sanchez MF, Donati PA, u. a. Ultrasound-Guided Greater Ischiatic Notch Plane Block Combined with the Caudal

Quadratus Lumborum Block (GIN-TONIC Block) in Dogs Undergoing Pelvic Limb Surgery: Preliminary Results. Animals. Januar 2024;14(12):1764. doi:10.3390/ani14121764

231. Reader RC, McCarthy RJ, Schultz KL, Volturo AR, Barton BA, O'Hara MJ, u. a. Comparison of liposomal bupivacaine and 0.5% bupivacaine hydrochloride for control of postoperative pain in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy. J Am Vet Med Assoc. 1. Mai 2020;256(9):1011–9. doi:10.2460/javma.256.9.1011

232. Piras LA, Mancusi D, Olimpo M, Gastaldi L, Rosso V, Panero E, u. a. Post-operative analgesia following TPLO surgery: A comparison between cimicoxib and tramadol. Res Vet Sci. Mai 2021;136:351–9. doi:10.1016/j.rvsc.2021.03.010 PubMed PMID: 33773391.

233. Almeida D, Wendt-Hornickle E, Conzemius MG. Evaluation of Gabapentin in the Treatment of Postoperative Pain after a Tibial Plateau Levelling Osteotomy in Dogs. VCOT Open. Januar 2023;06(01):e1–7. doi:10.1055/s-0042-1751069

234. Lyons C, Pinto KR, Penney K, Holmes L, Salama A, Alcorn J, u. a. Efficacy of a 20:1 CBD:THC cannabis herbal extract for pain and inflammation in dogs following tibial plateau leveling osteotomy. Front Vet Sci. 29. September 2025;12:1676779. doi:10.3389/fvets.2025.1676779 PubMed PMID: 41090077; PubMed Central PMCID: PMC12515679.

235. Klatzkow S, Davis G, Shmalberg J, Gallastegui A, Miscioscia E, Tarricone J, u. a. Evaluation of the efficacy of a cannabidiol and cannabidiolic acid rich hemp extract for pain in dogs following a tibial plateau leveling osteotomy. Front Vet Sci. 2022;9:1036056. doi:10.3389/fvets.2022.1036056 PubMed PMID: 36686184; PubMed Central PMCID: PMC9846637.

236. Benitez ME, Roush J, McMurphy R. Clinical efficacy of hydrocodone-acetaminophen and tramadol for control of postoperative pain in dogs following tibial plateau leveling osteotomy in: American Journal of Veterinary Research Volume 76 Issue 9 () [Internet]. 2015 [zitiert 19. Februar 2026]. Verfügbar unter: https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/76/9/ajvr.76.9.755.xml

237. Von Freeden N, Duerr F, Fehr M, Diekmann C, Mandel C, Harms O. Comparison of two cold compression therapy protocols after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. Tierärztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere. 2017;45(04):226–33. doi:10.15654/TPK-170049

238. McLaughlin RM. Surgical diseases of the feline stifle joint. Vet Clin North Am Small Anim Pract. Juli 2002;32(4):963–82. doi:10.1016/S0195-5616(02)00021-9

239. Mindner J, Bielecki M, Scharvogel S, Meiler D. Tibial plateau levelling osteotomy in eleven cats with cranial cruciate ligament rupture. Vet Comp Orthop Traumatol. November 2016;29(06):528–35. doi:10.3415/VCOT-15-11-0184

240. Arnholz MK. Vergleich einer ultraschallgesteuerten Nervenblockade des Nervus femoralis und des Nervus ischiadicus mit einer Epiduralanästhesie bei orthopädischen Eingriffen an der Hintergliedmaße von Katzen und Hunden [Internet]. 2017 [zitiert 26. März 2026]. Verfügbar unter: https://elib.tiho-hannover.de/receive/etd_mods_00000198

241. Acquafredda C, Stabile M, Lacitignola L, Centonze P, Di Bella C, Crovace A, u. a. Clinical efficacy of dexmedetomidine combined with lidocaine for femoral and sciatic nerve

blocks in dogs undergoing stifle surgery. Vet Anaesth Analg. 1. November 2021;48(6):962–71. doi:10.1016/j.vaa.2021.05.006

242. Aldrich LA, Upchurch DA, Roush JK. Blinded, randomized, placebo-controlled study of the efficacy of bupivacaine liposomal suspension using static bodyweight distribution and subjective pain scoring in dogs after tibial plateau leveling osteotomy surgery. Vet Surg. 2023;52(5):721–30. doi:10.1111/vsu.13967

243. Di Franco C, Batisti E, Boysen S, Patroncini S, Alessandroni E, Briganti A. Effect of dexmedetomidine constant rate infusion on the analgesic duration of peripheral nerve blocks in dogs: a randomized clinical study. Sci Rep. 24. Juli 2024;14:17113. doi:10.1038/s41598-024-67894-x PubMed PMID: 39048641; PubMed Central PMCID: PMC11269610.

244. Graff SM, Wilson DV, Déjardin LM, Nelson NC. A comparison of the motor effects and analgesic efficacy following lumbar plexus block combined with sciatic nerve block or epidural in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy. Vet Anaesth Analg. Mai 2024;51(3):271–8. doi:10.1016/j.vaa.2023.10.034

245. Di Bella C, Pennasilico L, Botto R, Salvaggio A, Galosi M, Staffieri F, u. a. Efficacy of dexmedetomidine as adjuvant to bupivacaine in femoral-sciatic nerve blocks in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomy (TPLO). Res Vet Sci. Januar 2023;154:124–31. doi:10.1016/j.rvsc.2022.12.015

246. Marolf V, Luyet C, Spadavecchia C, Eichenberger U, Rytz U, Rohrbach H. Use of a perineural coiled catheter at the sciatic nerve in dogs after tibial plateau levelling osteotomy – preliminary observations. Vet Med Sci. 2015;1(2):39–50. doi:10.1002/vms3.7

247. Marolf V, Selz J, Picavet P, Spadavecchia C, Tutunaru A, Sandersen C. Effects of perineural dexmedetomidine combined with ropivacaine on postoperative methadone requirements in dogs after tibial plateau levelling osteotomy: a two-centre study. Vet Anaesth Analg. 1. Mai 2022;49(3):313–22. doi:10.1016/j.vaa.2022.01.004

248. Kalamaras AB, Aarnes TK, Moore SA, Jones SC, Pereira CR, Peng J, u. a. Effects of perioperative saphenous and sciatic nerve blocks, lumbosacral epidural or morphine–lidocaine–ketamine infusion on postoperative pain and sedation in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy. Vet Anaesth Analg. Mai 2021;48(3):415–21. doi:10.1016/j.vaa.2021.02.004 PubMed PMID: 33814330; PubMed Central PMCID: PMC8107141.

249. Palomba N, Vettorato E, De Gennaro C, Corletto F. Peripheral nerve block *versus* systemic analgesia in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomy: Analgesic efficacy and pharmacoeconomics comparison. Vet Anaesth Analg. 1. Januar 2020;47(1):119–28. doi:10.1016/j.vaa.2019.08.046

250. Sarotti D, Lardone E, Piras L, Mancusi D, Franci P. A comparison of 0.375% ropivacaine psoas compartment block and 2% prilocaine spinal anaesthesia in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomy. BMC Vet Res. 12. Mai 2022;18:172. doi:10.1186/s12917-022-03277-6 PubMed PMID: 35549713; PubMed Central PMCID: PMC9097125.

251. Tayari H, Tazioli G, Breghi G, Briganti A. Ultrasound-guided femoral and obturator nerves block in the psoas compartment in dogs: anatomical and randomized clinical study. Vet Anaesth Analg. September 2017;44(5):1216–26. doi:10.1016/j.vaa.2016.12.062

252. Warrit K, Griffenhagen G, Goh C, Boscan P. Comparison of ultrasound-guided lumbar plexus and sciatic nerve blocks with ropivacaine and sham blocks with saline on perianesthetic analgesia and recovery in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy surgery. Vet Anaesth Analg. September 2019;46(5):673–81. doi:10.1016/j.vaa.2019.05.010

253. Didier C, Faucher S, Sarra Ferrer M, Lapouge M, Junot S, Jourdan G. Postoperative opioid-free analgesia in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy: a feasibility study. Front Vet Sci. 5. Juli 2024;11:1394366. doi:10.3389/fvets.2024.1394366 PubMed PMID: 39036794; PubMed Central PMCID: PMC11257878.

254. Marolf V, Spadavecchia C, Müller N, Sandersen C, Rohrbach H. Opioid requirements after locoregional anaesthesia in dogs undergoing tibial plateau levelling osteotomy: a pilot study. Vet Anaesth Analg. Mai 2021;48(3):398–406. doi:10.1016/j.vaa.2020.10.010

255. Matičić D, Stejskal M, Pećin M, Kreszinger M, Pirkić B, Vnuk D, u. a. Correlation of pain assessment parameters in dogs with cranial cruciate surgery. Vet Arh. 2010.

256. Romano M, Portela DA, Breghi G, Otero PE. Stress-related biomarkers in dogs administered regional anaesthesia or fentanyl for analgesia during stifle surgery. Vet Anaesth Analg. 1. Januar 2016;43(1):44–54. doi:10.1111/vaa.12275

257. Scaglione J, Carver J. Incidence of postoperative administration of opioids in dogs undergoing a tibial plateau leveling osteotomy after intra-operative liposomal bupivacaine administration with or without morphine epidural. BMC Vet Res. 31. Juli 2023;19(1):102. doi:10.1186/s12917-023-03664-7

258. Brioschi FA, Rabbogliatti V, Auletta L, Ravasio G, Amari M, Elia L, u. a. Clinical effects of perineural dexmedetomidine or magnesium sulphate as adjuvants to ropivacaine in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy. Res Vet Sci. 1. September 2024;177:105355. doi:10.1016/j.rvsc.2024.105355

259. Cassemiche A, Schoffit S, Manassero M, Kohlhauer M. Comparison of grapiprant and meloxicam for management of postoperative joint pain in dogs: A randomized, double-blinded, prospective clinical trial. J Vet Intern Med. 1. Juli 2024;38(4):2324–32. doi:10.1111/jvim.17136

260. Galosi M, Pennasilico L, Piccionello AP, Serino F, Tosi F, Sassaroli S, u. a. Effects of a synergic interaction between magnesium sulphate and ketamine on the perioperative nociception in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy: a pilot study. Front Vet Sci. 30. Oktober 2024;11:1453673. doi:10.3389/fvets.2024.1453673 PubMed PMID: 39539316; PubMed Central PMCID: PMC11557496.

261. Heffernan AE, Katz EM, Sun Y, Rendahl AK, Conzemius MG. Once daily oral extended-release hydrocodone as analgesia following tibial plateau leveling osteotomy in dogs. Vet Surg. 2018;47(4):516–23. doi:10.1111/vsu.12792

262. Salichs M, Arcas A, Homedes J, Costa-Farré C. Assessment of enflicoxib efficacy in the control of postoperative pain and inflammation in dogs undergoing orthopaedic surgery. A pilot randomised clinical trial. Res Vet Sci. September 2025;193:105804. doi:10.1016/j.rvsc.2025.105804

263. Soto N, Fauber AE, Ko JCH, Moore GE, Lambrechts NE. Analgesic effect of intra-articularly administered morphine, dexmedetomidine, or a morphine-dexmedetomidine

combination immediately following stifle joint surgery in dogs. J Am Vet Med Assoc. 1. Juni 2014;244(11):1291–7. doi:10.2460/javma.244.11.1291

264. Vettorato E, Zonca A, Isola M, Villa R, Gallo M, Ravasio G, u. a. Pharmacokinetics and efficacy of intravenous and extradural tramadol in dogs. Vet J. 1. März 2010;183(3):310–5. doi:10.1016/j.tvjl.2008.11.002

265. Bini G, Vettorato E, De Gennaro C, Corletto F. A retrospective comparison of two analgesic strategies after uncomplicated tibial plateau levelling osteotomy in dogs. Vet Anaesth Analg. 1. Juli 2018;45(4):557–65. doi:10.1016/j.vaa.2017.11.005

266. Sleeckx N, de Rooster H, Veldhuis Kroeze E, Van Ginneken C, Van Brantegem L. Canine Mammary Tumours, an Overview. Reprod Domest Anim. 2011;46(6):1112–31. doi:10.1111/j.1439-0531.2011.01816.x

267. Freitag F, Muehlbauer E, Ferreira A, Fairfield D, Soares J, Duque J. Association of transversus abdominis plane and superficial serratus block for postoperative analgesia in dogs undergoing unilateral radical mastectomy. Aust Vet J. n/a(n/a). doi:10.1111/avj.70052

268. Credie L de FGA, Luna SPL, Futema F, da Silva LCBA, Gomes GB, Garcia JNN, u. a. Perioperative evaluation of tumescent anaesthesia technique in bitches submitted to unilateral mastectomy. BMC Vet Res. 11. September 2013;9:178. doi:10.1186/1746-6148-9-178 PubMed PMID: 24020364; PubMed Central PMCID: PMC3847451.

269. Herrera Becerra JR, Monteiro ER, Martins LGb, Baier ME, Santos EAr, Bianchi SP. Epidural administration of combinations of ropivacaine, morphine and xylazine in bitches undergoing total unilateral mastectomy: a randomized clinical trial. Vet Anaesth Analg. Januar 2022;49(1):126–34. doi:10.1016/j.vaa.2021.10.001

270. Ishwarya R, Dept. of Veterinary Surgery and Radiology, College of Veterinary and Animal Sciences Mannuthy, Thrissur, -680 651, Ramankutty S, Venugopal SK, Anoop S, Aravind A. Transversus Abdominis plane block to manage post operative pain in canine mastectomy. J Vet Anim Sci. 16. Oktober 2024;55(3):603–7. doi:10.51966/jvas.2024.55.3.603-607

271. Nakagawa K, Miyagawa Y, Takemura N, Hirose H. Influence of Preemptive Analgesia with Meloxicam before Resection of the Unilateral Mammary Gland on Postoperative Cardiovascular Parameters in Dogs. J Vet Med Sci. 2007;69(9):939–44. doi:10.1292/jvms.69.939

272. Cerazo LML, Peruchi LG, Bruno TS, Segatto CZ, Nicácio GM, Cassu RN. Analgesic efficacy of pregabalin in dogs undergoing mastectomy with ovariohysterectomy. Top Companion Anim Med. Juli 2025;67:100993. doi:10.1016/j.tcam.2025.100993

273. Cardozo HG, Monteiro ER, Correia BS, Victor B Ferronatto J, Almeida-Filho FTd, Alievi MM, u. a. Influence of intravenous fentanyl or dexmedetomidine infusions, combined with lidocaine and ketamine, on cardiovascular response, sevoflurane requirement and postoperative pain in dogs anesthetized for unilateral mastectomy. Vet Anaesth Analg. April 2024;S1467298724000722. doi:10.1016/j.vaa.2024.04.006

274. Soares PCLR, Corrêa JMX, Niella RV, de Oliveira JNS, Costa BA, Silva Junior AC, u. a. Continuous Infusion of Ketamine and Lidocaine Either with or without Maropitant as

an Adjuvant Agent for Analgesia in Female Dogs Undergoing Mastectomy. Vet Med Int. 2021;2021(1):4747301. doi:10.1155/2021/4747301

275. Aguado D, Benito J, Gómez de Segura IA. Reduction of the minimum alveolar concentration of isoflurane in dogs using a constant rate of infusion of lidocaine–ketamine in combination with either morphine or fentanyl. Vet J. 1. Juli 2011;189(1):63–6. doi:10.1016/j.tvjl.2010.05.029

276. Del Lama Rocha F, Nunes N, Chiconi Dacunto Dos Santos P, Kazuo Ido C, Do Espírito Santo Silva P, Simões Azenha Aidar E, u. a. Postoperative Analgesia Time in Dogs Submitted to Mastectomy and Anesthetized with Tumescent Solutions of Lidocaine or Ropivacaine. Acta Sci Vet. 23. Januar 2020;48. doi:10.22456/1679-9216.102649

277. Abimussi CJ, Menegheti TM, Wagatsuma JT, Floriano BP, Arruda AM, dos Santos PS, u. a. Tumescent local anesthesia with ropivacaine in different concentrations in bitches undergoing mastectomy: plasma concentration and post-operative analgesia. Vet Anaesth Analg. 1. September 2014;41(5):516–25. doi:10.1111/vaa.12178

278. Ueno T, Tsuchiya H, Mizogami M, Takakura K. Local anesthetic failure associated with inflammation: verification of the acidosis mechanism and the hypothetic participation of inflammatory peroxynitrite. J Inflamm Res. 13. November 2008;1:41–8. doi:10.2147/jir.s3982 PubMed PMID: 22096346; PubMed Central PMCID: PMC3218719.

279. Teixeira LG, Martins LR, Schimites PI, Dornelles GL, Aiello G, Oliveira JS, u. a. Evaluation of postoperative pain and toxicological aspects of the use of dipyrone and tramadol in cats. J Feline Med Surg. Juni 2020;22(6):467–75. doi:10.1177/1098612X19849969 PubMed PMID: 31112057; PubMed Central PMCID: PMC10814344.

280. Portela DA, Romano M, Briganti A. Retrospective clinical evaluation of ultrasound guided transverse abdominis plane block in dogs undergoing mastectomy. Vet Anaesth Analg. Mai 2014;41(3):319–24. doi:10.1111/vaa.12122

281. Teixeira RC, Monteiro ER, Campagnol D, Coelho K, Bressan TF, Monteiro BS. Effects of tramadol alone, in combination with meloxicam or dipyrone, on postoperative pain and the analgesic requirement in dogs undergoing unilateral mastectomy with or without ovariohysterectomy. Vet Anaesth Analg. November 2013;40(6):641–9. doi:10.1111/vaa.12080

282. Corona D, Ringer SK, Keller S, Reichler IM, Bettschart-Wolfensberger R, Kutter APN. Comparing the Use of Transverse Abdominis Plane Block and Splash Block for Postoperative Pain Control in Dogs Undergoing Mastectomy—A Blinded Randomized Prospective Clinical Study. Anim Open Access J MDPI. 2. Mai 2025;15(9):1323. doi:10.3390/ani15091323 PubMed PMID: 40362138; PubMed Central PMCID: PMC12071095.

283. Costa GL, Bruno F, Leonardi F, Licata P, Macrì F, Fernández Parra R, u. a. Surgical Site Infiltration with Comfort-in Device and Traditional Syringe in Dogs Undergoing Regional Mastectomy: Evaluation of Intra- and Postoperative Pain and Oxidative Stress. Anim Open Access J MDPI. 27. Juni 2024;14(13):1902. doi:10.3390/ani14131902 PubMed PMID: 38998014; PubMed Central PMCID: PMC11240617.

284. Credie L de FGA, Luna SPL, Futema F, da Silva LCBA, Gomes GB, Garcia JNN, u. a. Perioperative evaluation of tumescent anaesthesia technique in bitches submitted to unilateral mastectomy. BMC Vet Res. 11. September 2013;9:178. doi:10.1186/1746-6148-9-178 PubMed PMID: 24020364; PubMed Central PMCID: PMC3847451.

285. de Souza A, Ls V, Id P. COMPARISON OF INTRAOPERATIVE AND POSTOPERATIVE ANALGESIA 2 USING TUMESCENT ANESTHESIA VERSUS A COMBINATION OF 3 ULTRASOUND-GUIDED SERRATUS PLANE AND TRANSVERSUS ABDOMINIS 4 PLANE BLOCKS IN BITCHES UNDERGOING MASTECTOMY. 20. November 2025.

286. Moreira CMR, Oliveira RLS, Costa GA, Corgozinho KB, Luna SPL, Souza HJM. Evaluation of tumescent local anesthesia in cats undergoing unilateral mastectomy. Vet Anaesth Analg. 1. Januar 2021;48(1):134–41. doi:10.1016/j.vaa.2020.08.006

287. Oliveira I de M, da Rosa DS, da Silva LRR, de Souza YSK, Ribeiro MS, Castro GN de S. Evaluation of the analgesic potential of serratus block associated with tap block in female dogs undergoing mastectomy. Braz J Vet Med. 47:e000925. doi:10.29374/2527-2179.bjvm000925 PubMed PMID: 40936646; PubMed Central PMCID: PMC12422154.

288. Santoro F, Debidda P, Franci P. Single-injection caudal thoracic paravertebral block improves pain control and recovery quality in female dogs undergoing unilateral radical mastectomy: a randomized controlled trial. J Am Vet Med Assoc. 15. Januar 2022;260(S1):S53–8. doi:10.2460/javma.21.04.0188

289. Suárez-Redondo M, Fuertes-Recuero M, Guzmán-Soltero A, Aguado D, del Carmen Martín-Espada M, Espinel-Rupérez J, u. a. Description of postoperative complications and bacterial contamination of wound soaker catheters used to administer postoperative local analgesia after mastectomy in 11 dogs: case series. Vet Res Commun. 2024;48(4):2707–12. doi:10.1007/s11259-024-10377-1 PubMed PMID: 38656657; PubMed Central PMCID: PMC11315717.

290. Vullo C, Tambella AM, Falcone A, Marino G, Catone G. Constant Rate Infusion of Lidocaine, Tumescent Anesthesia and Their Combination in Dogs Undergoing Unilateral Mastectomy. Animals. Mai 2021;11(5):1280. doi:10.3390/ani11051280

291. Yilmaz ÖT, Toydemir TSF, Kirşan İ, Dokuzeylul B, Gunay Z, Karacam E. Effects of Surgical Wound Infiltration with Bupivacaine on Postoperative Analgesia in Cats Undergoing Bilateral Mastectomy. J Vet Med Sci. 2014;76(12):1595–601. doi:10.1292/jvms.14-0112

292. Marques ÉJ, Monteiro ER, Herrera-Becerra JR, Tomazeli D, Rovaris IB, De Oliveira TF, u. a. Influence of Constant Rate Infusions of Fentanyl Alone or in Combination With Lidocaine and Ketamine on the Response to Surgery and Postoperative Pain in Isoflurane Anesthetized Dogs Undergoing Unilateral Mastectomy: A Randomized Clinical Trial. Top Companion Anim Med. Januar 2023;52:100759. doi:10.1016/j.tcam.2022.100759

293. Bhawsar P, Jain R, Parihar AS. Comparison of the analgesic efficacy of bupivacaine via wound catheter with transdermal lidocaine patch for post operative pain management in dogs. [Internet]. 2025 [zitiert 26. Februar 2026]. Verfügbar unter: https://www.cabidigitallibrary.org/doi/epdf/10.5555/20250635673 doi:10.5555/20250635673

294. Vilhegas S, Cassu RN, Barbero RC, Crociolli GC, Rocha TLA, Gomes DR. Botulinum toxin type A as an adjunct in postoperative pain management in dogs undergoing radical mastectomy. Vet Rec. 2015;177(15):391–391. doi:10.1136/vr.102993

295. Uscategui R, Feliciano M, Tiosso C, Moro J, Coutinho L, Brito M, u. a. Comparative Evaluation of Methadone Administration at Different Periods in Bitches Undergoing Mastectomy.

296. Gültekin Ç. Comparison of the analgesic effects of morphine and tramadol after tumor surgery in dogs. Open Vet J. 2021;11(4):613–8. doi:10.5455/OVJ.2021.v11.i4.11 PubMed PMID: 35070856; PubMed Central PMCID: PMC8770189.