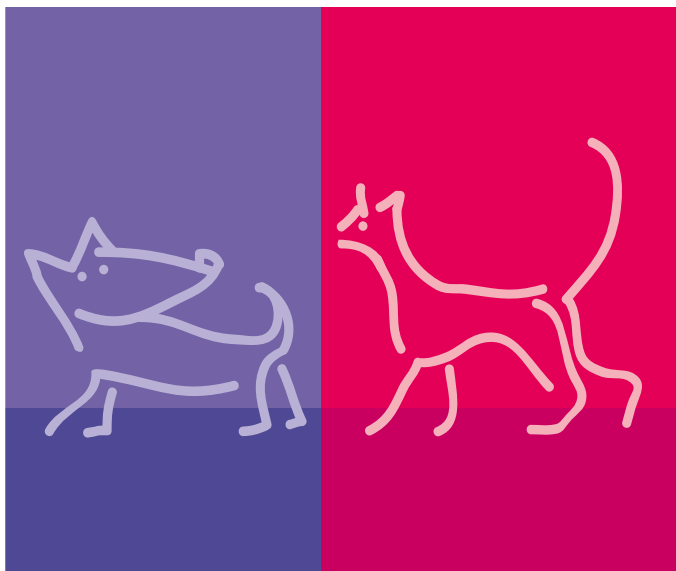


Sophia A. Yin | Ingo Nolte

Praxisleitfaden Hund und Katze

Ins Deutsche übertragen von
Elinor Switzer und Christiane Fetzer



vet

S

3., überarbeitete und
ergänzte Auflage

schlütersche

Sophia A. Yin · Ingo Nolte

Praxisleitfaden Hund und Katze

Sophia A. Yin · Ingo Nolte

Praxisleitfaden Hund und Katze

Ins Deutsche übertragen von
Elinor Switzer und Christiane Fetzer

3., überarbeitete und ergänzte Auflage

schlütersche

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-89993-675-9 (Print)

ISBN 978-3-8826-8474-4 (PDF)

Autoren:

Sophia A. Yin, DVM
University of California
Davis, USA

Prof. Dr. Ingo Nolte
Klinik für Kleintiere
Stiftung Tierärztliche Hochschule
Hannover

Ins Deutsche übertragen von:

Dr. Elinor Switzer, Stuttgart

Dr. Dr. Christiane Fetzter, Tübingen

© 2014, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG,
Hans-Böckler-Allee 7, 30173 Hannover

Titel der Originalausgabe: The Small Animal Veterinary Nerdbook™,
Third Edition. © 2010, CattleDog Publishing™, PO Box 4516, Davis,
CA 95617-4516, USA.

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

Umschlaggestaltung: Kerker + Baum, Hannover

Satz: PER Medien+Marketing GmbH, Braunschweig

Druck und Bindung: Beltz Bad Langensalza GmbH, Bad Langensalza



Inhalt

1	Anästhesie	1
2	Erkrankungen des Atmungsapparates ..	89
3	Bakteriologie	111
4	Dermatologie	129
5	Endokrinologie	191
6	Ernährung	243
7	Erkrankungen des Gastrointestinal- traktes	261
8	Infektionskrankheiten	319
9	Kardiologie	377
10	Klinische Pathologie/Labordiagnostik ..	457
11	Neurologie	513
12	Notfall- und Intensivmedizin	569
13	Onkologie	609
14	Ophthalmologie	631
15	Orthopädie	671
16	Parasitologie	715
17	Reproduktionsmedizin	739
18	Toxikologie	771
19	Urologie	809
20	Zahnheilkunde	853
21	Zytologie	869
	Wirkstoffverzeichnis	893
	Stichwortverzeichnis	900



Abkürzungsverzeichnis

ACE	Angiotensin-Converting-Enzym
ACT	activated clotting time
ACTH	adrenokortikotropes Hormon
ADH	antidiuretisches Hormon
AI	Aorteninsuffizienz
AIHA	autoimmunhämolytische Anämie
AMP	Adenosinmonophosphat
ANS	autonomes Nervensystem
ASD	Atriumseptumdefekt
BD	Blutdruck
BE	Base Excess
cAMP	cyclisches Adenosinmonophosphat
CPAP	konstanter Druck auf die Atemwege
CRTZ	Chemorezeptortriggerzone
CT	Computertomographie
DES	Diethylstilbestrol
DIC	disseminierte intravasale Koagulopathie
DLE	Diskoider Lupus erythematoses
DSH	Deutscher Schäferhund
DTI	Dauertropfinfusion
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EDV	Enddiastolisches Volumen
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay
ER	Endoplasmatisches Retikulum
ESV	Endsystolisches Volumen
EZK	extrazelluläres Kompartiment
FLUTD	Feline lower urinary tract disease

FPC	fragmentierter Processus coronoideus
FUS	Felines Urologisches Syndrom
GABA	Gammaaminobuttersäure
GFR	glomeruläre Filtrationsrate
Hb	Hämoglobin
HD	Hüftgelenksdysplasie
Hd.	Hund
HES	Hydroxyethylstärke
HF	Herzfrequenz
HMV	Herzminutenvolumen
HN	Hirnnerv
HOD	hypertrophe Osteodystrophie
HTK	Hämatokrit
IBD	Inflammatory Bowel Disease
IFA	Indirekter Immunfluoreszenzantikörpertest
i. m.	intramuskulär
i. v.	intravenös
ICR	Interkostalraum
IGR	insect growth regulator
IOD	intraokulärer Druck
IPA	isolierter Processus anconaeus
KBR	Kreuzbandriss
KCS	Keratokonjunktivitis sicca
KFZ	kapilläre Füllungszeit
KGW	Körpergewicht
Ktz.	Katze
LDL	low density lipoprotein
LSB	Links-Schenkel-Block
LW	Lendenwirbel
M.	Morbus
MAC	maximale alveoläre Konzentration
MI	Mitralklappeninsuffizienz
MIC	minimale inhibitorische Konzentration
MLV	modifizierte Lebendvakzine
MMS	Monozyten-Makrophagen-System
MRT	Magnetresonanztomographie
NaCl	Natriumchlorid (Kochsalz)



NSAID	Nichtsteroidale Antiphlogistika
OCD	Osteochondrosis dissecans
p. o.	per os
PEEP	positiver endexpiratorischer Druck
PIE	Pulmonale Infiltration mit Eosinophilen
PNS	peripheres Nervensystem
pp.	pages
ppm	parts per million
Proc.	Processus
PT	Prothrombinzeit, Thromboplastinzeit
PTT	partielle Thromboplastinzeit
RAAS	Renin-Angiotensin-Aldosteron-System
RSB	Rechtsschenkelblock
s. c.	subkutan
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SLE	Systemischer Lupus erythematodes
STT	Schirmer Tränentest
tgl.	täglich
TEP	Totalendoprothese
TI	Trikuspidalklappeninsuffizienz
TLI	Trypsin-like immunoreactivity
TRH	Thyreotropin Releasing Hormone
TSH	thyreoideastimulierendes Hormon (Thyreotropin)
TZ	Thrombinzeit
U	Units
VES	ventrikuläre Extrasystolen
VLDL	very low density lipoprotein
VSD	Ventrikelseptumdefekt
vWF	von Willebrand Faktor
WPW	Wolff-Parkinson-White-Syndrom
ZNS	zentrales Nervensystem



Vorwort zur 3. deutschen Auflage

Nach nunmehr sechs Jahren seit dem Erscheinen der zweiten Auflage des „Praxisleitfadens“ hat sich auf dem Gebiet der Kleintiermedizin bei Hund und Katze viel getan. Zahlreiche Erkenntnisse aus der angewandten Grundlagenforschung haben Eingang in die praktische Anwendung gefunden, und so unterliegen Sichtweisen auf Krankheiten und entsprechend auch die Behandlungsstrategien einem stetigen Wandel. Neue Medikamente wurden und werden entwickelt und setzen sich auf breiter Front durch, andere verschwinden. Auch sieht sich der Kleintierpraktiker immer wieder aufs Neue mit Krankheiten konfrontiert, die teils fütterungs-, teils genetisch bedingt, teils durch veränderte Lebensweisen von Hund und Besitzern entstehen und natürlich auch immer wieder noch unbekannter Genese sind. Hieraus entsteht die Notwendigkeit, bekannte und eingeführte Sichtweisen immer wieder einer kritischen Prüfung zu unterziehen und dort, wo es notwendig ist, auf den Stand des aktuellen Wissens zu bringen, während andererseits manche althergebrachten Konzepte aufgegeben werden müssen.

Die vorliegende dritte Auflage des Praxisleitfadens wurde unter diesen Gesichtspunkten erarbeitet und aktualisiert; einiges wurde gestrichen, vieles wurde ergänzt. Das Buch versucht dabei weiterhin dem Anspruch zu genügen, die wesentlichen Elemente des gesamten Gebietes der Kleintierkrankheiten bei Hund und Katze in einem handlichen Format zu erfassen. Dabei soll es einerseits noch in die Kitteltasche passen, um rasch etwas nachsehen zu können, andererseits den Studierenden einen Leitfaden für effektives Lernen bieten.

Um der stetig wachsenden Spezialisierung und der teils rasanten Entwicklung Rechnung tragen zu können, haben mir verschiedene Tierärzte im Rahmen der fachredaktionellen Bearbeitung sehr geholfen. Für ihre Zeit und die wertvollen Ratschläge danke ich herzlich:

Frau Dr. Verena von Babo,
Frau Dr. Kirsten Bringewatt,
Frau Dr. Elfriede Cerny
Frau Dr. Nina Eberle-von Babo,

Frau Tierärztin Lisa Harder,
Frau Dr. Kathrin Langner,
Frau Tierärztin Karin Lucas,
Herrn Prof. Dr. Reinhard Mischke,
Frau PD Dr. Martina Nolte,
Frau Dr. Pia Rittmann,
Frau Dr. Ramona Saba-Buttkewitz,
Frau Dr. Alexandra Schütter,
Frau Dr. Birgit Schulte,
Frau Dr. Anne Kristin Sieslack,
Frau PD Dr. Veronika Stein,
Frau Dr. Julia Strüve,
Herrn Dr. Guy Tater,
Frau Dr. Julia Tünsmeyer

und den vielen Nutzern und Lesern der zweiten Auflage, die mich mit Fragen und Ratschlägen auf notwendige Anpassungen aufmerksam gemacht haben. Bei der Erstellung des Manuskriptes hat mich Frau Gabriele Bante in allen technischen und redaktionellen Fragen durch ihre umsichtige, unermüdliche und stets motivierende Mitarbeit unterstützt. Für die hervorragende Zusammenarbeit bei der Neugestaltung der 3. Auflage danke ich sehr der Schlüterschen Verlagsgesellschaft und hier besonders Frau Dr. Ulrike Oslage.

Hannover, im November 2013

Ingo Nolte



Vorwort zur 1. deutschen Auflage

In der heutigen Zeit, in der die Tiermedizin, speziell die Kleintiermedizin, aufgrund des enormen Wissenszuwachses durch eine zunehmende Spezialisierung gekennzeichnet ist, ist es nicht leicht, einen Überblick über das Wesentliche des Fachgebietes zu behalten. Eine schnelle Referenz, die in den alltäglichen Praxissituationen zur Hand ist, wenn die Zeit fehlt, ein umfassendes Lehrbuch zu Rate zu ziehen, gibt es bislang nicht auf dem deutschen Markt.

Der *Praxisleitfaden Hund und Katze* ist ein kompaktes »Taschen«-Buch im wahrsten Sinne des Wortes. Es entspricht am ehesten einem »Skript«, also einer komprimierten Auflistung dessen, was ein Student der Kleintiermedizin als wirklich essentiell aus seiner Ausbildung mitnehmen sollte. Die deutsche Ausgabe berücksichtigt die Besonderheiten der deutschen bzw. europäischen Verhältnisse in Bezug auf Medikamente und deren Dosierungen sowie die gesetzlichen Vorschriften.

Entstanden ist ein Extrakt der aktuellen Kleintiermedizin, der sowohl dem Studenten eine rasche Orientierung in allen Wissensgebieten ermöglicht, als auch dem Praktiker relevante und unmittelbar umsetzbare Hinweise für Probleme der täglichen Praxis bietet.

Das Kompendium erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit und ist nicht vergleichbar mit einem herkömmlichen Lehrbuch, als dessen Konkurrenz es ausdrücklich nicht verstanden sein will. Für die wirkliche Einarbeitung in ein bestimmtes Gebiet ist das Studium von Fachliteratur in Form von Lehrbüchern oder wissenschaftlichen Artikeln unerlässlich. Auf entsprechende relevante und auch leicht zugängliche Literatur wird jeweils zu Beginn eines Kapitels hingewiesen. Es ist das Anliegen des Praxisleitfadens, den roten Faden durch die Kleintiermedizin zu spinnen und damit eine echte Hilfestellung zu sein.

Das Buch ist in insgesamt 21 Kapitel gegliedert, die jedes für sich ein Teilgebiet der Kleintiermedizin behandeln. Darin enthalten sind unter

anderem auch die Bereiche klinische Pathologie, Bakteriologie, Zytologie, Ernährung und Notfallmedizin.

Zu Beginn eines jeden Kapitels steht ein Inhaltsverzeichnis, das das rasche Auffinden eines Themas erleichtert. Es schließt sich eine Auflistung der gängigen Arzneimittel und ihrer Dosierungen in Tabellenform an, gefolgt von kurzen Darstellungen der Physiologie und Pathophysiologie des jeweiligen Organsystems. Anschließend werden die relevanten Erkrankungen in übersichtlicher und prägnanter Weise abgehandelt. Die tabellarische Darstellung erlaubt es, jedes Thema quasi auf einen Blick zu erfassen, u. a. anhand von Pathogenese, klinischer Symptomatik, Diagnostik, Therapie und weiteren wichtigen Aspekten – etwa einer möglichen Prophylaxe, Langzeitmanagement usw.

Die Formulierungen sind kurz und knapp, aber treffend, auch komplizierte Sachverhalte werden gut verständlich dargestellt, und das obwohl nur wenige, einfache Abbildungen enthalten sind. Trotz des wirklich handlichen Formates hat man nicht das Gefühl, dass etwas Wesentliches fehlt und ist beim Studium des Buches erstaunt, wie viel Information enthalten ist.

Der große Erfolg des Praxisleitfadens in den Vereinigten Staaten zeigt, dass er mit seiner Konzeption eine Lücke schließt, die sicherlich auch in der veterinärmedizinischen Literatur des deutschen Sprachraums noch klafft. Es ist zu wünschen, dass der *Praxisleitfaden Hund und Katze* bald in der Kitteltasche eines jeden praktischen Tierarztes und jedes Studenten steckt, und sich dort zum unentbehrlichen täglichen Helfer entwickelt.

An dieser Stelle sei der Schlüterschen Verlagsgesellschaft besonders gedankt, die durch die ansprechende und übersichtliche Gestaltung wesentlich zur leichten Orientierung beigetragen hat, wodurch sich die komprimierte Auflistung zügig und verständlich erschließen lässt.

Hannover, im Mai 2004

Ingo Nolte
Elinor Switzer



Vorwort zur englischen Ausgabe (gekürzt)

Kurz nach Veröffentlichung der ersten Ausgabe des *Small Animal Veterinary Nerdbook*™ schwor ich mir, nie wieder ein Lehrbuch zu schreiben. Aber nachdem das Buch vier Jahre lang auf dem Markt war, entschloss ich mich schließlich doch, es neu zu schreiben. Und diesmal besser.

Den ersten Praxisleitfaden schrieb ich 1993 während meines letzten Jahres des Tiermedizinstudiums. Informationen sammelte ich in Vorlesungen und aus einzelnen Literaturquellen. Die Themenschwerpunkte basierten auf der Gewichtung der Thematik in den Vorlesungen. Mittlerweile haben mir jedoch fast fünf Jahre klinischer Erfahrung geholfen zu entscheiden, welche Information Priorität hat. Die zweite Auflage des *Small Animal Veterinary Nerdbook*™ hebt für den Kliniker wichtige Informationen und Themen hervor. Um diese Überarbeitung zu erreichen, musste der Praxisleitfaden in großen Teilen neu geschrieben werden.

Wie die erste Auflage ist auch die zweite Auflage in 21 Abschnitte gegliedert. Jeder Abschnitt hat sein eigenes kurzes Inhaltsverzeichnis. Ein Großteil der Informationen ist in Übersichten, Tabellen und Flussdiagrammen organisiert. Die klinisch wichtigsten Daten sind fett gedruckt oder in Merkkästen hervorgehoben.

Das Buch soll ein Leitfaden für Studenten während ihrer klinischen Praxis und in den ersten Jahren in der Praxis sein. Die Informationen sind weder allumfassend noch stellen sie die einzigen Diagnose- und Therapiemöglichkeiten dar; sie sind vielmehr als schnelle Nachschlagehilfe und zur Gedächtnisauffrischung gedacht. Bei Unsicherheit bezüglich der besprochenen Differentialdiagnosen, Diagnosen oder Therapien oder bei Bedarf an tiefer gehender Information sollten weiterführende veterinärmedizinische Nachschlagewerke konsultiert werden.

Ich glaube, dass die Änderungen am *Small Animal Veterinary Nerdbook*TM diese Ausgabe noch benutzerfreundlicher und praxisnäher gemacht haben als die erste Auflage. Die erste Auflage hat mehr als 100.000 Studenten in den USA in ihren klinischen Rotationen geholfen. Ich hoffe, dass diese aktualisierte und wesentlich verbesserte Version sich als noch hilfreicher erweist als die erste.

Sophia Yin, DVM
University of California, Davis
www.nerdbook.com

Danksagung

Das Schreiben und Veröffentlichen eines Buches ist immer ein größeres Unternehmen als erwartet, selbst wenn das Buch nur eine Neuauflage ist. Eine der größten Hürden ist die Entscheidung zu beginnen. »Ist das Projekt wirklich wichtig genug, um ihm über ein Jahr meines Lebens zu widmen?«

Sobald man dann den großen Schritt wagt, muss man sich mit scheinbar endloser Recherche, Schreiben, Überarbeiten und Neuorganisation befassen. Glücklicherweise gibt es immer Menschen, die einen ermutigen und Hilfe anbieten. Hier nur einige solcher Menschen.

Ich möchte Bay Butler danken, dass er mich ermutigt hat, die zweite Auflage zu schreiben. Ich sehe Bay nicht sehr oft, aber bevor ich dieses Projekt in Angriff nahm, erinnerte er mich jedes Mal, wenn ich ihn traf, dass es vielleicht Zeit sei, eine zweite Auflage herauszubringen. Weiterhin möchte ich dem *Veterinary Internet (VIN)* und seinen Lehrern für die fantastische Online-Fortbildung für Tiermediziner danken. Ohne sie wäre ich nicht in der Lage gewesen, das *Small Animal Veterinary Nerdbook*TM zu aktualisieren.

Außerdem danke ich Larry Peters für unbezahlbare kreative Beiträge. Schließlich danke ich allen, die durch das Kaufen der ersten Auflage deutlich gemacht haben wie wichtig es ist, das *Small Animal Veterinary Nerdbook*TM zu aktualisieren.



Im Folgenden eine Liste der Tierärzte, die mir mit der Fachredaktion einzelner Kapitel sehr geholfen haben. Für ihre Zeit und ihre Mühe bin ich ihnen zutiefst zu Dank verpflichtet.

Kathleen Q. Backus, DVM (Kardiologie)
Elizabeth Bertoy, DVM, DACVIM (Zytologie)
Robert W. Bertoy, DVM, MS, DACVS (Orthopädie)
Dori Borjesson, DVM, MPVM (Labordiagnostik)
Autumn Davidson, DVM, DACVIM (Fortpflanzung)
Janet Foley, DVM (Infektionskrankheiten)
Roger Gfellar, DVM, DACVECC (Notfallmedizin)
Marcella Harb-Hauser, DVM (Harnapparat)
Ana Hill, DVM (Ernährung)
Eileen Johnson, DVM, MS, Ph. D. (Parasitologie)
Francis D. Galey, DVM, Ph. D., DABVT (Toxikologie)
Monika Kaelble, DVM (Bakteriologie)
Jana Levin, DVM (Zahnheilkunde)
Lana Linton, DVM, DACVO (Ophthalmologie)
Karelle A. Meleo, DVM, DACVIM, DACVR (Onkologie)
Theresa M. Ortega, DVM (Endokrinologie)
Peter Pascoe, BVSc (Anästhesie)
Lori M. Siemens, DVM, DACVIM (Kardiologie)
Candace Sousa, DVM, DABVP, DACVD (Dermatologie)
Don Strombeck, DVM, Ph. D. (Gastroenterologie)
Karen Vernau, DVM (Neurologie)
Alice Wolf, DVM, DACVIM, DABVP (Atmungsapparat)
John D. Wooldridge, DVM (Orthopädie)
Margaret Yole, DVM (Toxikologie)

Gewidmet allen Tiermedizinstudenten und Tierärzten, die eine extra-
zerebrale Quelle für Informationen zur Kleintiermedizin benötigen.

Sophia A. Yin

Bildnachweis

Zeichnungen auf den Seiten 399, 401, 532, 554, 556, 558, 561, 562, 748, 828, 857, 866: Luitgard Kellner, München (nach Vorlagen aus der Originalausgabe).

Titelabbildung: Kerker + Baum, Büro für Gestaltung GbR, Hannover.

Abbildungen S. 399 modifiziert nach: Tilley, L. P.: Essentials of Canine and Feline Cardiology. 2nd Edition, Philadelphia, Lea & Febiger, 1985.

Rechtliche Hinweise

Eine Markenbezeichnung kann warenzeichenrechtlich geschützt sein, ohne dass diese gesondert gekennzeichnet wurde. Die beschriebenen Eigenschaften und Wirkungsweisen der genannten pharmakologischen Präparate basieren auf den Erfahrungen der Autoren, die größte Sorgfalt darauf verwendet haben, dass alle therapeutischen Angaben dem derzeitigen Wissens- und Forschungsstand entsprechen. Darüber hinaus sind die den Produkten beigefügten Informationen in jedem Fall zu beachten.

Der Verlag und die Autoren übernehmen keine Haftung für Produkteigenschaften, Lieferhindernisse, fehlerhafte Anwendung oder bei eventuell auftretenden Unfällen und Schadensfällen. Die den Produkten beigepackten Informationen sind unbedingt zu beachten. Jeder Benutzer ist zur sorgfältigen Prüfung der durchzuführenden Medikation verpflichtet. Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr.

1

Anästhesie

1.1	Narkose-Dosierungsempfehlungen für gesunde Kleintiere; Klinik für Kleintiere, Stiftung TiHo Hannover	3
1.2	Voruntersuchung und Vorbereitung des Patienten	11
1.3	Prämedikation	18
1.4	Narkoseprämedikation	20
1.5	Narkoseinduktion	33
1.6	Inhalationsanästhetika	38
1.7	Anästhetische Überlegungen bei spezifischen Indikationen	41
1.8	Analgesie	50
1.9	Überwachung der Narkosetiefe	58
1.10	Herz-Kreislauf-Überwachung beim anästhesierten Patient	60
1.11	Ventilation und Blutgas-Analyse	69
1.12	Dopamin	81
1.13	Narkosegeräte	83
1.14	Narkosekomplikationen: Herzstillstand	86
1.15	Flüssigkeitszufuhr	87

Literatur

- Campoy L., Read M.R.: Small Animal Regional Anesthesia and Analgesia. Hoboken, New Jersey, Wiley-Blackwell, 2013.
- Erhardt W., Henke J.: Narkose-Notfälle. Stuttgart, Enke, 2002.
- Grimm K.A., Tranquilli W.J., Lamont L.A.: Essentials of Small Animal Anesthesia and Analgesia. 2nd Edition. Hoboken, New Jersey, Wiley-Blackwell, 2011.
- Henke J.: Schmerzausschaltung, Sedation, Narkose. In: Suter P.F., Kohn B., Schwarz G.: Praktikum der Hundeklinik. Begründet von Hans G. Niemand. 11. Auflage. Stuttgart, Enke, 2011.
- Tacke S.: Schmerzbehandlung in der Kleintiermedizin. CD-ROM, Windows 200, XP. Stuttgart, Enke, 2005.
- Wolf E., Henke J., Haberstroh J., Baumgartner C., Tacke S.: Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier. 2. Auflage. Stuttgart, Schattauer, 2011

Übliche Wirkstoffkonzentrationen	
Wirkstoff	Konzentrationen
Acepromazin	10,0 mg/ml, oder mit sterilem Wasser auf 2,0 oder 1,0 mg/ml verdünnt
Atipamezol	5,0 mg/ml
Atracurium	10,0 mg/ml
Atropin	0,4 mg/ml
Bupivacain	5,0 oder 7,5 mg/ml
Buprenorphin	0,3 mg/ml
Butorphanol	10 mg/ml
Cimetidin	150 mg/ml
Diazepam	5 mg/ml
Diphenhydramin	50 mg/ml
Dopamin (40, 80, 160 mg/ml Lösung, auf 0,4 mg/ml verdünnt)	0,4 mg/ml
Edrophonium	10 mg/ml
Etomidat	2 mg/ml
Fentanyl	50 µg/ml
Glycopyrrolat	0,2 mg/ml
Hydromorphon	4 mg/ml
Ketamin	100 mg/ml
Lidocain	20 mg/ml
Mannitol	250 mg/ml
Medetomidin	1 mg/ml
Meperidin	50 mg/ml
Methadon	10 mg/ml
Midazolam	5 mg/ml
Morphin	15 mg/ml
Morphin (konservierungsstofffrei)	1 mg/ml oder 25 mg/ml
Naloxon	1 mg/ml oder 0,4 mg/ml
Nalbuphin	10 mg/ml
Oxymorphon	1,5 mg/ml
Propofol	10 mg/ml
Ranitidin	25 mg/ml
Telazol	100 mg/ml (50 mg/ml Tiletamin + 50 mg/ml Zolazepam)
Thiopental	25 mg/ml

1.1 Narkose-Dosierungsempfehlungen für gesunde Kleintiere

Klinik für Kleintiere, Stiftung TiHo Hannover

Merke: Hierbei handelt es sich um die Dosierung für allgemein gesunde Tiere. Die Dosierungen müssen eventuell bei älteren oder geschwächten Patienten reduziert werden.

1.1.1 Prämedikation

Die Prämedikation sollte mindestens 15 Minuten vor Legen der Braunüle und Induktion verabreicht werden. Morphin muss mindestens 30 Minuten vor diesen Prozeduren gegeben werden. Die meisten Prämedikationen wirken mindestens 2 Stunden. Zur Resektion von Mastzelltumoren können gleichzeitig mit der Prämedikation Antihistaminika verabreicht werden.

Dosierungen zur Prämedikation		
Medikament	Dosierung	Applikation
Acepromazin	0,02–0,05 mg/kg (max. Dosis = 1 mg)	s. c., i. m. Hd/Ktz
Acepromazin + Oxy morphon	Acepromazin 0,02–0,05 mg/kg Oxy morphon 0,04 mg/kg	s. c., i. m. Hd
Acepromazin + Butorphanol	Acepromazin 0,02 mg/kg Butorphanol 0,1 mg/kg	s. c., i. m. Hd
Acepromazin + Ketamin	Acepromazin 0,02–0,05 mg/kg Ketamin 3,0–5,0 mg/kg	i. m. Ktz
Atipamezol (α_2 -Adrenorezeptor-Agonist)	2- bis 5-fache Medetomidin-Dosis, max. 0,2 mg/kg	i. m. Hd
Atropin (0,25 mg/ml oder 0,5 mg/ml)	0,02–0,04 mg/kg	s. c., i. m., i. v. Hd/Ktz
Buprenorphin (0,3 µg/ml)	5,0–20,0 µg/kg	s. c., i. m., i. v. Hd/Ktz
Butorphanol (2 oder 10 mg/ml)	0,1–0,2 mg/kg	s. c., i. m., i. v. Ktz i. m., s. c., i. v. Hd
Droperidol (2,5 mg/ml)	0,03–0,2 mg/kg	s. c., i. m. Hd
Fentanyl (0,05 mg/ml)	5,0–10,0 µg/kg	s. c., i. m. Hd



Dosierungen zur Prämedikation		
Medikament	Dosierung	Applikation
Glycopyrrolat (0,2 mg/ml)	0,01 mg/kg	s. c., i. m. Hd/Ktz
Ketamin (100 mg/ml)	3,0–8,0 mg/kg	s. c., i. m. Ktz
Levomethadon	0,1–0,2 (bis 0,6) mg/kg Hd 0,1 mg/kg Ktz	i. v., s. c., i. m. Hd/Ktz
Medetomidin	5–40 µg/kg i. v. oder 10–40 µg/kg i. m.	Hd
Morphin bei Hunden (15 mg/ml)	0,5–1,0 mg/kg	s. c., i. m. Hd
Morphin bei Katzen	0,05–0,1 mg/kg	s. c., i. m. Ktz
Tiletamin/Zolazepam (Telazol®) (100 mg/ml)	2,5–5,0 mg/kg	s. c., i. m. Hd/Ktz
Xylazin (20 mg/ml)	1,0 mg/kg i. v. oder 1,0–2,0 mg/kg i. m., s. c.	Hd/Ktz
Yohimbin als Gegenmittel zu Xylazin	0,1 mg/kg i. v. Hd 0,2–0,5 mg/kg i. v. Ktz	

Ergänzende Prämedikation zur Resektion von Mastzelltumoren		
Medikament	Dosierung	Applikation
Cimetidin	4,0–5,0 mg/kg	i. m., s. c.
Diphenhydramin	0,5–1,0 mg/kg	i. m., i. v.
Ranitidin	2,0 mg/kg	i. m., s. c.

1.1.2 Induktion

1.1.2.1 Intravenöse Induktion

Statt diese Präparate in einem raschen Bolus zu injizieren, was zu einer deutlichen Herz-Kreislauf-Depression führen kann, sollten die Induktionsmittel nach Wirkung titriert werden. Es wird $\frac{1}{4}$ der Zieldosis des ersten Präparates injiziert (z. B. Etomidat, Fentanyl, Ketamin, Thiopental), gefolgt von $\frac{1}{2}$ Dosis Diazepam oder Midazolam (falls ein zweites Präparat eingesetzt werden soll). Bei Thiopental sollte im Anschluss 30 Sekunden abgewartet werden (schnell wirkendes Barbiturat), für die dissoziativen Wirkstoffe und Opioide 60 Sekunden. Bei Verwendung von Propofol wird jedes $\frac{1}{4}$ der Dosis über 60 Sekunden injiziert. Eine

schnellere Applikation bewirkt eine schnellere Induktion, aber auch eine hochgradige Herz-Kreislauf-Depression. Von allen aufgelisteten injizierbaren Wirkstoffen wirkt Propofol auf das Herz-Kreislauf-System am stärksten. Während der gesamten Applikationsphase werden die Atemfrequenz, die Kieferspannung, Herzfrequenz und Schleimhautfarbe beurteilt. Sobald der Kiefertonus reduziert und der Bulbus nach mediodorsal rotiert ist, kann intubiert werden. Wenn das Tier apnoeisch oder zyanotisch wird, wird die Applikation gestoppt. Bei der Katze sollten 0,2 ml einer 2%igen Lidocainlösung bereitgehalten werden, um den Larynx-eingang für die Intubation zu betäuben. Das Lidocain wirkt am Larynx 60 Sekunden nach dem Aufbringen. Alternativ wird eine Oberflächenanästhesie mit einem tetracainhaltigen Spray (Gingicain®) durchgeführt, die (30–) 60 Sekunden anhält. Zur Vermeidung einer Überdosierung nur 1 x sprühen.

Präoxygenierung: Brachycephale Tiere und solche, bei denen eine Opioidinduktion vorgenommen werden soll, sollten nach Möglichkeit für 4 Minuten bei einer Flussrate von 2–4 l/min präoxygeniert werden. Außerdem sollte der Raum bei einer Opioidinduktion still sein, da die Tiere hierbei geräuschempfindlich sind. Nach Propofolinduktion sinkt häufig die Sauerstoffsättigung, sodass Tiere hier bei der Induktion kontinuierlich unter Sauerstoffzufuhr gehalten werden sollten.

Induktion (i.v., Titration nach Wirkung)		
Medikament	Dosierung	
Alfaxalon	3 mg/kg i.v. 5 mg/kg i.v.	Hd Ktz
Etomidat	1,0 mg/kg + Diazepam 0,2–0,5 mg/kg	Hd/Ktz
Fentanyl (Opioid)	10 µg/kg + Diazepam 0,2–0,5 mg/kg	Hd
Ketamin	10,0 mg/kg	Hd/Ktz
Ketamin	5 mg/kg + Diazepam 0,4–0,5 mg/kg	Hd/Ktz
Propofol (10 mg/ml)	4,0 mg/kg + Diazepam 0,2–0,3 mg/kg	Hd/Ktz
Thiopental	10,0 mg/kg + Diazepam 0,2–0,5 mg/kg	Hd/Ktz

1.1.2.2 Induktion mit Inhalationsanästhetika

Bei Induktion mit Inhalationsanästhetika muss die Induktion schneller durchgeführt werden als bei intravenöser Induktion. Bei der Katze wird eine 2%ige Lidocainlösung oder ein tetracainhaltiges Spray (Gingicain®) auf den Arytenoidknorpel appliziert und dann die Maske wieder aufgesetzt. Beides sollte 1 Minuten einwirken, dann wird intubiert.



Induktion mit Inhalationsanästhetika		
Medikament	Flussrate	Tierart
Halothan-Käfig (in Deutschland nicht mehr im Handel)	3,0–5,0 % + O ₂ 6,0–8,0 l/min ± N ₂ O	Hd/Ktz
Isofluran-Käfig	4,0–5,0 % + O ₂ 6,0–8,0 l/min ± (N ₂ O)	Hd/Ktz
Isofluran-Maske	0 erhöhen bis 4 % + (O ₂ ± N ₂ O)	Hd/Ktz
Sevofluran	8 Vol% in O ₂ mit Maske. Nach Bewusstseinsverlust 3–5 %, anschließend intubieren.	Hd/Ktz

1.1.2.3 Hinweise zur Intubation

Es sollte der Endotrachealtubus mit dem größten für das Tier bequem passenden Durchmesser zum Einsatz kommen. In größeren Tuben herrscht ein geringerer Luftwiderstand. Die Tubuslänge muss der Größe des Patienten angepasst sein, sodass die Spitze genau vor dem Brusteingang liegt. Ein tiefer eingeführter Tubus ragt womöglich über die Bifurkation der Trachea hinaus. Der Tubus wird mithilfe von Gazestreifen fixiert, die um den Tubus herum gebunden und dann über dem Oberkiefer oder hinter den Ohren festgeknotet werden. Man achte auf Luftbewegungen um die Manschette herum. Die Manschette wird langsam aufgeblasen, bis außerhalb der Manschette keine Luftbewegungen mehr wahrnehmbar sind. Die Brustwand des Tieres muss sich bei jeder Beatmung heben. Ein gefüllter Kontrollballon sagt allerdings nichts über die Funktionsfähigkeit der Manschettendichtung aus, sondern nur über den aktuellen Innendruck der Manschette. Sobald die Manschette dicht ist, wird die Narkosetiefe überprüft und der Verdampfer eingeschaltet.

Weiteres Monitoring: Jetzt wird das Herz-Kreislauf-System überprüft – Schleimhautfarbe, kapilläre Rückfüllungszeit, Pulsqualität und Körpertemperatur. Ösophagus-Stethoskop und Ösophagus-Thermometer eignen sich gut zur regelmäßigen Überwachung von Herzfrequenz und Temperatur. Ein Doppler-Sonografiegerät oder oszillometrisches Blutdruckmessgerät können zur nicht-invasiven Blutdruckmessung verwendet werden. Für die Sicherheit und Steuerung sollte ein Kapnograf angeschlossen werden.

1.1.3 Erhaltung

1.1.3.1 Inhalationsanästhetika

Der Abschnitt über Narkosegeräte (www.nerdbook.com/extras) sollte sorgfältig angesehen werden, um die Technik sicher zu beherrschen (siehe Kapitel 1.13). In der Praxis wird das Narkosegerät in der Regel von der Tiermedizinischen Fachangestellten bedient, die Verantwortung

für das Tier liegt aber dennoch beim Tierarzt. Wenn man nicht in der Lage ist, mit Fehlfunktionen am Gerät adäquat umzugehen, gefährdet man die Sicherheit des Patienten.

Medikament	Anflutung		Erhaltung	
	Kreis-System	Ohne Rückatmung	Kreis-System	Ohne Rückatmung
Isofluran	3,0–5,0 %	1,5–2,0 %	1,5–2,5 %	1,5–2,5 %
Enfluran	2,0–4,0 %		1,5–3,0 %	1,5–3,0 %
Sauerstoff	70 ml/kg/min (Minimum 1 l/min)		20–30 ml/kg/min (Minimum 1 l/min) Für ein Low-Flow-System wird die Flussrate auf ca. 10 ml/kg/min reduziert.	200 ml/kg/min (Minimum 1 l/min)
Sevofluran (abhängig von der Prämedikation)	5–7 %	3–5 %	2–5 %	1–1,5 %
Lachgas			50–70 % (minimale O ₂ -Flussrate 30 ml/kg/min)	50–70 % (minimale Gesamt-Flussrate 0,5 l/kg/min)

Low-Flow-Technik

- Nachdem die Narkose eingeleitet und der Patient stabil ist, wird die Flussrate auf **5–10 ml/kg/min** reduziert und der Verdampfer entsprechend dem verwendeten Narkosegas eingestellt. Der Fluss kann sogar niedriger sein, solange der Atembeutel gefüllt ist. Über einen Kapnografen sollte das Monitoring ergänzt werden.
- Woher weiß man, ob die Flussrate hoch genug ist? Man beobachtet den Atembeutel. Wenn die Größe des Beutels abnimmt, muss die Flussrate erhöht werden. Wenn die Größe des Beutels zunimmt, wird die Flussrate reduziert. Wenn die Größe des Beutels bei einer Flussrate von >20 ml/kg/min abnimmt, muss das System auf Lecks kontrolliert werden.
- Das Druckventil darf nicht geschlossen werden**, weil der inspiratorische Druck steigt und der venöse Rückfluss abnimmt, wenn das Druckventil geschlossen und die Flussrate zu hoch ist.

Verwendung von Lachgas (N_2O)

Der Sauerstofffluss muss bei der berechneten Flussrate bleiben und das Verhältnis von O_2/N_2O zwischen 50/50 und 35/65 bleiben (der eingeatmete Sauerstoff-Anteil muss $\geq 35\%$ betragen). Lachgas wird nicht durch Aktivkohlekanister aufgenommen; daher muss bei Verwendung von Lachgas ein Auffangsystem vorhanden sein, das das Gas nach außen ableitet.

Wenn es trotz hoher Einstellung des Verdampfers schwierig ist, das Tier narkotisiert zu halten, muss das Narkosegerät überprüft werden. Enthält der Dampf Anästhetikum? Sind die Sauerstofftanks mit Sauerstoff gefüllt? Sind alle Anschlüsse korrekt? Gibt es irgendwo Undichtigkeiten? All dies sollte vor Inbetriebnahme des Geräts überprüft worden sein; manchmal lockern sich Schläuche aber auch beim Verschieben des Geräts. Bei langen Eingriffen können Sauerstofftanks und Verdampfer leerlaufen.

1.1.3.2 Injektionsanästhetika

Injizierbare Anästhetika/Analgetika zur Erhaltung		
Klassifikation	Medikament	Dosierung
Opioide	Oxymorphon	0,05–0,1 mg/kg alle 20 min
	Fentanyl	0,5–1,0 $\mu\text{g/kg/min}$ Infusion = 30–60 $\mu\text{g/kg/h}$
Neuroaktives Steroid	Alfaxalon	nach Prämedikation i.v.: 1,0–1,2 mg/kg je 10 min Hd 1,6–1,8 mg/kg je 10 min Ktz
Phenolderivat	Propofol	0,2–0,4 mg/kg/min = 10–20 mg/kg/h Cave: Ktz
Benzodiazepine	Diazepam (5 mg/ml)	0,2–0,5 mg/kg/h
	Midazolam	0,5–1,5 $\mu\text{g/kg/min}$ Infusion = 30–90 $\mu\text{g/kg/h}$

Gegenmittel für Opiode	
Gegenmittel	Dosierung
Naloxon (0,4 mg/ml)	0,01 mg/kg : ½ Dosis i. v. und ½ Dosis i. m. 0,02–0,04 mg/kg i. m. Cave: Wirkungsdauer z. T. kürzer als bei Opioiden, ggf. nachdosieren
Nalbuphin (10 mg/ml)	0,03–0,10 mg/kg i. v. Cave: Wirkungsdauer z. T. kürzer als bei Opioiden, ggf. nachdosieren
Butorphanol (4 mg/ml)	µ-Rezeptor-Antagonist (antitussiv und bei Dysphagie) 0,1–0,4 mg/kg i. v., i. m. Hd/Ktz

1.1.3.3 Neuromuskuläre Blocker

Neuromuskuläre Blocker	
Medikament	Dosierung
Atracurium (10 mg/ml)	0,25 mg/kg Anfangsdosis; 0,10 mg/kg Nachdosierung 0,1 mg/kg initial; 3,0–8,0 µg/kg/min Infusion (180–480 µg/kg/h)
Pancuronium (2 mg/ml)	0,06 mg/kg Anfangsdosis; 0,03 mg/kg Nachdosierung
Vacuronium	50–100 µg/kg Anfangsdosis; 33 µg/kg Nachdosierung 50–100 µg/kg Anfangsdosis plus 1,0–1,7 µg/kg/min (60–100 µg/kg/h)
Neuromuskuläre Gegenmittel Edrophonium (10 mg/ml) Neostigmin (1 mg/ml)	Atropin 0,01–0,02 mg/kg, anschließend Edrophonium 0,5 mg/kg i. v. Atropin 0,04 mg/kg, anschließend Neostigmin 0,06 mg/kg i. v.

Diese Präparate werden vor allem für Eingriffe am Auge genutzt, um eine vollständige Immobilisierung und Zentralisierung des Augapfels sicherzustellen. Da die Wirkstoffe das Tier lähmen, ist eine Beatmung erforderlich.

Titration nach Wirkung: Zur Überprüfung der Wirkung von neuromuskulären Blockern sollte ein Neurostimulator am Hinterbein angebracht werden. Die Elektroden sollten auf der Haut am proximalen Ende der Außenseite der Tibia über dem N. peroneus befestigt werden, sodass eine durch den Stimulator induzierte Bewegung nur das Hinterbein betrifft, ohne dass der Rest des Körpers sich bewegt. Bei jeder Überprüfung wird eine Abfolge von 4 Stimuli gesetzt. Etwa 5 Minuten vor der chirurgischen Inzision sollte Atracurium innerhalb von 60 Sekunden infundiert werden (ein schnellerer Bolus kann eine Histaminausschüttung auslösen).



Innerhalb von 5 Minuten sollte die Reizantwort ausbleiben. Die Initialdosis Atracurium sollte 30 Minuten wirken. Die Reizantwort wird alle 5 Minuten überprüft. Sobald eine schwache Zuckung bemerkbar ist, wird die Erhaltungsdosis Atracurium über 15 Sekunden infundiert. Nachdosierung nach Bedarf. Diese Dosis sollte 10–20 Minuten wirken. Wenn die Augennaht fertig ist, wird nicht mehr nachdosiert. Anästhesie bis zur Wiederkehr der Spontanatmung intensiv überwachen.

1.1.4 Analgetika

Bei schmerzhaften Eingriffen sollte eine Prämedikation mit analgetischen Eigenschaften zum Einsatz kommen (in der Regel ein Opioid). Falls der Eingriff länger als 2 Stunden dauert, sollte in Abhängigkeit von dem intraoperativen Analgetikum dem Tier vor dem Aufwachen eine zusätzliche Dosis Opioid-Analgetikum injiziert werden. Auch während des Eingriffs können zusätzlich Analgetika verabreicht werden, falls das Tier Schmerzen erkennen lässt – Indikatoren hierfür sind eine gesteigerte Herzfrequenz, Blutdruck und Atemfrequenz, wenn keine Hinweise auf eine zu oberflächliche Narkose wie Palpebralreflex, zentrale Pupillensstellung und Spontanbewegungen vorliegen. Carprofen, Meloxicam und andere NSAID werden in Verbindung mit Opioiden zur postoperativen Analgesie eingesetzt und wirken bis zu 24 Stunden. Vorsicht ist bei Patienten geboten, die mit Kortikosteroiden behandelt wurden oder eine eingeschränkte Nierenfunktion haben könnten.

Postoperative Analgetika, die unmittelbar nach dem Eingriff verabreicht werden		
Medikament	Dosierung	Applikationsweg
Buprenorphin	5,0–20,0 µg/kg	s. c., i. m., i. v. Hd/Ktz
Butorphanol	0,2–0,4 mg/kg 0,1–0,2 mg/kg	i. v., i. m., s. c. Ktz i. v., i. m., s. c. Hd
Carprofen (Rimadyl®)	4 mg/kg	i. v., s. c. Hd
Fentanyl (0,5 mg/ml) + Lidocain 2 % + Ketamin 10 %	0,125 mg Fentanyl + 75 mg Lidocain + 15 mg Ketamin auf 250 ml Infusionslösung	Dauertropfinfusion i. v. 2 ml/kg/h
Morphin	0,05–0,1 mg/kg 0,5–1,0 mg/kg	s. c., i. m. Ktz s. c., i. m. Hd
Metamizol	20–50 mg/kg	i. v., Supp. nicht bei der Ktz
Methadon	0,1–0,4 mg/kg	s. c., i. m., i. v. Hd
Meloxicam	0,1–0,2 mg/kg	s. c., i. v. Hd, s. c. Ktz

Postoperative Analgetika, die in den Tagen nach dem Eingriff verabreicht werden		
Medikament	Dosierung	Applikationsweg
Butorphanol	0,2–0,4 mg/kg 0,1 mg/kg	s. c., i. m. Hd/Ktz i. v. Hd/Ktz
Carpofen (Rimadyl®)	4 mg/kg	i. v., s. c., p. o. Hd
Levomethadon	0,1–0,2 mg/kg	s. c., i. m., i. v. Hd
Oxymorphon	0,04–0,06 mg/kg	s. c., i. m. Hd
Meperidin	2,0–5,0 mg/kg	s. c., i. m. Hd/Ktz
Morphin	0,05–0,1 mg/kg 0,5–1,0 mg/kg	s. c., i. m. Ktz s. c., i. m. Hd
Buprenorphin	5,0–20,0 µg/kg	s. c., i. m. Hd/Ktz
Meloxicam	0,1 mg/kg alle 24 Stunden 0,05 mg/kg	p. o., s. c., i. v. Hd p. o., s. c. Ktz
Firocoxib	5,0 mg/kg 1 x tgl.	p. o. Hd

Zu Informationen über Leitungsanästhesien und Epiduralanästhesien siehe Kapitel 1.8.3. Bei schmerzhaften Eingriffen kann Fentanyl in Kombination mit Lidocain und Ketamin auch als gleichmäßige Infusion verabreicht werden.

1.2 Voruntersuchung und Vorbereitung des Patienten

Eine Narkose ist immer mit einem Risiko verbunden, auch bei gesunden Patienten, die zu Routineeingriffen kommen. Um das Risiko zu minimieren, muss der Patient gründlich untersucht werden, bevor ein Narkoseprotokoll erstellt wird. Außerdem ist es wichtig, vor Erstellung des Narkoseprotokolls den Zweck der Narkose zu bedenken.

1.2.1 Präanästhetische Untersuchung des Tieres

1.2.1.1 Anamnese

Bei **jungen Tieren** ist zu beachten:

- Hypothermie.
- Verminderte oder verstärkte Medikamentenverstoffwechselung: Bei jungen Patienten sind die Enzym-Systeme noch ungenügend ausge-reift. Daher sollten Thiobarbiturate bei Tieren, die jünger als 3 Monate sind, möglichst nicht angewendet werden. Patienten, die etwa 10 Monate alt sind, müssen eventuell eine höhere Dosierung erhalten, da der Bedarf an Anästhetika bei ihnen am höchsten ist.
- Dehydratation.
- Hypoglykämie: Es ist empfehlenswert Ringerlaktat-Lsg. + 2,5 % Dextrose mit einer Infusionsgeschwindigkeit von 10 ml/kg/h zu verabreichen. Hypoglykämie tritt am häufigsten bei Toy-Rassen <10–12 Wochen auf. Der Blutzucker sollte am Morgen und wäh-rend der Narkose gemessen werden, damit die Notwendigkeit einer Glukosezufuhr erkannt wird. Wenn der Wert im unteren Normbereich (<80 mg/dl) oder in der Nähe dieses Bereichs liegt, sollte mit Dextrose behandelt werden.

Bei **alten Patienten** ist zu beachten:

- Geringere Muskelmasse.
- Organschäden: besonders Nieren, Leber und Herz.
- Veränderungen im Gehirn: Es kann eine erhöhte zerebrale Sensibili-tät für Benzodiazepine und Opioide vorliegen, was zu einer stärkeren Wirkung dieser Medikamente führt. Folglich können Diazepam und verschiedene Opioide bei älteren Hunden eine effektivere Prämedika-tion als bei jüngeren Hunden sein.

Rassebesonderheiten: Thiobarbiturate dürfen bei Greyhounds und anderen Windhunden nicht angewendet werden, da Windhunde bei diesen Medikamenten eine verlängerte Aufwachphase haben (manche wachen gar nicht wieder auf). Methohexital und Pentobarbital können jedoch bedenkenlos verwendet werden, weil sie Oxybarbiturate sind. Propofol und Dissoziativa können auch eingesetzt werden.

Vorerkrankungen

Vor allem Herzerkrankungen, Krampfanfälle, Nieren-, Leber- und Lun-generkrankungen sind zu beachten. Für weitere Informationen siehe Kapitel 1.7.

Begleitmedikation

- **Enzyminduktoren oder -inhibitoren**, z.B. Antikonvulsiva, induzieren einen höheren Barbituratmetabolismus. Dies ist jedoch nicht erheblich, da Barbiturate nur für kurze Zeit angewendet werden und das Barbiturat bis zum Wirkungseintritt titriert wird.
- **Herzmedikamente** können den Patienten für Hypotonie und Arrhythmien prädisponieren (z.B. Vasodilatoren, Digoxin).
- **Diuretika**: Elektrolytveränderungen (Hypokaliämie durch Furosemid) als Folge von Diuretika können zusammen mit der Anästhesie zu Hypotonie führen. Außerdem können diese Patienten schon dehydriert sein.
- **Phenylephrin und Adrenalin** sind α -Adrenergika und können in Kombination mit Halothan (in Deutschland nicht mehr auf dem Markt) zu Arrhythmien führen. Deshalb sollte bei Verwendung dieser Wirkstoffe Isofluran oder Sevofluran bevorzugt werden. Eine Phenylephrin-induzierte Hypertonie kann mit Acepromazin behandelt werden (0,05 mg/kg i.v.).
- **Medikamente, die Wechselwirkungen mit Muskelrelaxantien haben**: Viele Medikamente bewirken eine verlängerte Wirkungsdauer der Muskelrelaxantien. Atracurium wird nur minimal durch andere Medikamente beeinträchtigt. Pancuronium und Vecuronium werden durch Gentamicin und andere Antibiotika beeinflusst.
- **Nephrotoxische Wirkstoffe**: Die Nierenperfusion muss aufrechterhalten werden. Methoxyfluran wird zu nephrotoxischem Fluorid verstoffwechselt. Die produzierte Menge ist nur schädlich, wenn der Patient zusätzlich andere nephrotoxische Wirkstoffe wie Flunixin oder Gentamicin bekommt. Dann kann es auch bei einem gesunden Tier zu Niereninsuffizienz kommen.
- **Carboanhydrasemmer** werden in der Glaukomtherapie verwendet. Sie bewirken eine metabolische Azidose, die vor der Narkotisierung korrigiert werden muss. Daher sollte bei solchen Patienten der Blut-pH gemessen werden, bevor ein Narkoseprotokoll ausgewählt wird.
- **Augenmedikamente**: Viele dieser Medikamente beeinflussen die Anästhesie:
 - Glaukom-Patienten werden oft vor der Operation geringgradig dehydriert, um den intraokulären Druck zu verringern.
 - Der Operateur benötigt ein absolut ruhiggestelltes Auge. Daher werden oft Muskelrelaxantien (neuromuskuläre Blocker) verwendet, um die Augenbewegungen zu vermindern.
 - Um das Auge dilatiert zu halten, verwenden viele Chirurgen Phenylephrin. Daneben kommt häufig Adrenalin zum Einsatz, um Blutungen zu mindern. Wenn das Adrenalin aus dem Auge in die Nase



läuft und in den Blutkreislauf resorbiert wird, kann eine Arrhythmie auftreten, wenn Halothan (in D nicht mehr auf dem Markt) gegeben wird. Diese Patienten sollten mit Isofluran und nicht mit Halothan narkotisiert werden. Phenylephrin-induzierte Hypertonie kann mit Acepromazin (0,05 mg/kg i.v.) behandelt werden.

- **Kortikosteroide:** Patienten, die Kortikosteroide erhalten, sind immunsupprimiert. Daher können sie möglicherweise den Stress einer Operation nicht kompensieren. Wenn eine Kortikosteroid-Langzeitbehandlung innerhalb eines Monats vor der Operation abgesetzt wurde, sollte am Tag der Operation eine Dosis Kortison unterstützend verabreicht werden.

Trauma

- **Pneumothorax:** Die Verwendung von Lachgas (N_2O) ist kontraindiziert. Wenn Lachgas bei einem Patienten mit Pneumothorax eingesetzt wird, diffundiert das Lachgas in den Thorax und dehnt sich aus. Bei Pneumothorax sollte der Manschettendruck am Tubus nicht geprüft werden, weil das den Druck im Thorax erhöhen kann. Wenn der Patient beatmet werden muss, sind ein niedriges Atemzugvolumen und eine hohe Atemfrequenz zu wählen.
- **Lungenkontusionen** verschlimmern sich in Narkose. Sie können zu einer Lungenblutung führen. Bei Lungenkontusionen müssen die Atemwege weit gehalten werden, um Atelektasen vorzubeugen. Wenn möglich, sollte eine mechanische Ventilation vermieden werden, da hierdurch Blutungen in die Lunge verstärkt werden können.
- **Myokardtrauma:** Zunächst muss der Patient geröntgt (Lungen-trauma) und ein EKG zum Ausschluss von Arrhythmien angefertigt werden.

1.2.1.2 Klinische Untersuchung

Aktivität: Wenn der Patient ruhig ist, muss er weniger stark sediert werden. Bei jungen, energiegeladenen Hunden kann zur Beruhigung Acepromazin verwendet werden. Bei Katzen mit ähnlichem Temperament muss Acepromazin niedrig dosiert werden.

Temperament: Bei aggressiven Patienten sollte ein Neuroleptanalgetikum wie Telazol® (in Deutschland bisher nicht zugelassen) oder Ketamin verwendet werden. Telazol® ist auch bei aggressiven Katzen geeignet. Hunde können immer noch angreifen, sie sind nur etwas langsamer. Daher ist Acepromazin bei aggressiven Hunden nicht das Mittel der Wahl. **Cave:** kann bei „Angstbeißen“ zur Enthemmung führen).

Körpergewicht: Übergewichtige Hunde können eine flache Atmung haben und eine Beatmung benötigen. Bei dünnen Hunden reicht eine geringere Dosierung des Anästhetikums aus.

Atmungsapparat: Auf Atembeschwerden achten, besonders bei brachycephalen Rassen.

Kreislaufparameter: Kapilläre Füllungszeit (KFZ), Farbe der Schleimhäute, Puls etc. (zur Interpretation der Befunde siehe Kapitel 1.10, 9.2, 12.21).

1.2.1.3 Laborwerte/weitere Diagnostik

- **Bei jungen, gesunden Hunden:** HTK, Gesamtprotein, Harnstoff, (Glukose bei sehr jungen Hunden).
- Bei Hunden **≥6 Jahre:** Blutbild, klinische Chemie.

Narkosevoruntersuchung – Laborbefunde	
Laborbefund	Bedeutung
Harnstoff- und Kreatininbestimmung	Indikatoren für eine Nierenerkrankung. Blutdruck und Nierenperfusion aufrechterhalten. Bei unzureichender Perfusion Dopamin in einer Dosierung von 2,5–5 µg/kg/min einsetzen
Dehydratation: Die meisten Anästhetika bewirken eine Vasodilatation. Die Kombination von Dehydratation und Vasodilatation kann zu einem Kreislaufkollaps führen.	Sobald eine Dehydratation erkannt wird, muss sofort die Flüssigkeitssubstitution eingeleitet werden, anstatt bis zum Tag des Eingriffs zu warten. Wird sie erst am Tag des Eingriffs erkannt, sollte versucht werden, vor der Induktion bereits Flüssigkeit zuzuführen. Hund: 10–40 ml/kg i.v. über 1 Stunde Katze: 10 ml/kg i.v. über 1 Stunde
Anämie	Liegt der Hämatokrit bei 25–32 %, sollte vor dem Eingriff eine Kreuzprobe in Betracht gezogen werden. Liegt er bei <20–25 %, oder hat das Tier > 30 % seines zirkulierenden Blutvolumens verloren, muss vor dem Eingriff eine Bluttransfusion erfolgen. Eine Anämie ist problematisch, weil • Barbiturate den Hämatokrit um etwa 6 % senken (Sequestrierung in der Milz) • eine Anämie durch Steigerung des Herzausstoßes kompensiert wird. Alle Anästhetika dämpfen aber die Herzaktion, sodass die Kompensationsmöglichkeit eingeschränkt wird. • während der Narkose zugeführte Flüssigkeit das Blut verdünnt.
Hypoproteinämie: Gesamtprotein < 5 g/dl, Albumin < 2 g/dl	Diese Tiere haben einen verringerten kolloidosmotischen Druck und können daher hypotonisch werden. Hier sind Plasma oder ein anderes Kolloid, nicht aber Elektrolytlösungen zu verabreichen, um die Hypotonie in den Griff zu bekommen.

Narkosevoruntersuchung – Laborbefunde	
Laborbefund	Bedeutung
Erniedrigte Thrombozyten oder Gerinnungsfaktoren (z. B. von-Willebrand-Syndrom)	Vor dem Eingriff eine Plasmatransfusion (Frischplasma gefroren oder Vollblut) geben. Bei größeren Eingriffen sollte für den Fall, dass der Patient aufgrund von Blutverlusten eine Vollbluttransfusion benötigt, eine Kreuzprobe durchgeführt werden.
Kalium < 3 oder > 5,5 mEq/l	Kaliumwerte außerhalb der Normgrenzen können zu Herzrhythmusstörungen führen. Die Hyperkaliämie ist häufiger gefährlich als die Hypokaliämie. Glukose zieht bei der Aufnahme in die Zellen Kalium mit. Daher eignen sich Kalziumglukonat oder Insulin plus Glukose zur Behandlung einer Hyperkaliämie.
Hyperkalzämie	Tiere mit einem Hyperparathyreoidismus leiden meist an einer Hyperkalzämie, was zu Nierenschäden führen kann. Sie sollten vor dem Eingriff mit Kochsalzlösung dialysiert werden.
Hypokalzämie	Eine Hypokalzämie kann neuromuskuläre Störungen verursachen (z. B. Muskelzuckungen, Krämpfe). Sie kann infolge sehr rascher Blut- oder Plasmatransfusionen entstehen, da Zitrat, ein Gerinnungshemmer im Blut, Kalzium bindet. Bei raschen Transfusionen sollte daher CaCl_2 i. v. über 20 min infundiert werden. Das CaCl_2 darf nicht als Bolus gegeben werden, da dies zu einer schwerwiegenden Bradykardie führen kann.

Bei vorliegender Arrhythmie sollte ein EKG geschrieben werden. Wenn außerdem ein Herzgeräusch zu hören ist, ist eine Röntgenaufnahme des Thorax anzufertigen, um das Herz zu beurteilen. Liegt eine kompensierte Herzerkrankung vor, und es wird ein Medikament verwendet, das das Kreislaufsystem belastet, kann es zu einer Dekompensation des Herzens und zu Herzversagen kommen. Außerdem kann der Patient während der Operation besser unterstützt werden, wenn die Ursache des Herzgeräusches bekannt ist. So würde ein Tier mit Mitralklappeninsuffizienz deutlich anders unterstützt als ein Tier mit Aortenstenose.

1.2.1.4 Ausgewählte Indikationen

Bronchoskopie: Bei einer Bronchoskopie wird der größtmögliche Tubus verwendet. Tiere mit einer möglichen Tubusgröße von 8 oder kleiner müssen mit Injektionsnarkotika anästhesiert und während der Bronchoskopie extubiert werden. Bei Tubusgröße >8 kann das Bronchoskop durch den Tubus geschoben werden. Da bei der Bronchoskopie über den

Tubus immer das Atemvolumen reduziert wird und der Endoskopiker das Narkosegas einatmet, ist eine intravenöse, über den Eingriff dauernde Injektionsnarkose vorzuziehen.

Gastroduodenoskopie: Opioide verursachen selten Pylorusspasmen.

Ultraschall: Es sollten keine Opioide verwendet werden, weil sie bei Hunden dosisabhängig Hecheln verursachen.

Myelogramm: Ketamin, Acepromazin und Methohexital sollten nicht verwendet werden, da sie die Krampfschwelle senken.

Schmerzen: Bei schmerzhaften Operationen müssen Analgetika verabreicht werden (siehe Kapitel 1.8).

Eingriffe, die zu starken Blutverlusten führen: Unter anderem Rhinotomien, portokavale Shunts und invasive Gefäßtumoren können zu erheblichen Blutverlusten führen. Vor der Narkose sollte eine Kreuzprobe, besser Blutgruppenbestimmung, durchgeführt werden.

1.2.1.5 Narkoserisiken

Status (angelehnt an und modifiziert nach ASA: American Association of Anesthesiologists)

Klasse 1: normal. Das Tier hat keine Krankheiten, oder die Krankheiten sind lokal begrenzt ohne Beeinträchtigung des Allgemeinbefindens (z. B. ein gesunder junger Hund mit einer Fleischwunde).

Klasse 2: geringgradiges Risiko. Das Tier hat ein leicht gestörtes Allgemeinbefinden mit oder ohne Verbindung zum Operationsanlass (z. B. Hund mit Kreuzbandriss oder Arthroskopie).

Klasse 3: mittelgradiges Risiko. Das Tier hat ein mäßig gestörtes Allgemeinbefinden, das die normale Aktivität einschränkt (z. B. eine leichte Nieren- oder Leberfunktionsstörung, brachyzephaler Hund oder artspezifisch „extremes“ Alter).

Klasse 4: hochgradiges Risiko. Das Tier hat ein hochgradig gestörtes Allgemeinbefinden, das die normale Aktivität erheblich beeinträchtigt und lebensbedrohlich ist (z. B. Nieren- oder Leberversagen).

Klasse 5: moribund, wird voraussichtlich die nächsten 24 Stunden ohne Operation nicht überleben.

Klasse E: Notfall (emergency).

Allgemeine risikobestimmende Faktoren

Alter (sehr jung oder sehr alt), Art und Dauer der Operation, Fähigkeiten des Operators und Ausstattung des OP. Menschliche Fehler sind ebenfalls ein großer Risikofaktor. Beim Menschen sind die meisten Narkosezwischenfälle Folge mangelnder Wachsamkeit während der Erhaltungphase.



1.2.2 Vorbereitung des Patienten

Flüssigkeitssubstitutionsrate	
Situation	Substitutionsrate
Dehydrierte, hypertonische Tiere	20 ml/kg/h Hd, Ktz 10–15 ml/kg/h Ktz
Gesunde Tiere	10 ml/kg/h Hd 5–10 ml/kg/h Ktz
Herz-Kreislauf-Erkrankungen (bei Gefahr eines Lungenödems)	5 ml/kg/h
Diagnostische Eingriffe (Röntgen, CT)	10 ml/kg/h in der 1. Stunde, danach 5 ml/kg/h

- Für einen normalen, elektiven Eingriff an einem gesunden Tier wird das Futter 4–8 Stunden und das Wasser $\frac{1}{2}$ Stunde vor dem Eingriff entzogen. Welpen sollten gar nicht fasten.
- **Dehydration und Elektrolytimbalancen**, wenn möglich, vor der Operation ausgleichen.
- **Wenn es bei dem Eingriff zu erheblichen Blutverlusten kommen kann** (z. B. Rhinotomie, portokavaler Shunt, invasive vaskuläre Tumoren), sollte bei Bedarf rechtzeitig vor der Narkose eine Kreuzprobe/Blutgruppenbestimmung durchgeführt werden.

1.3 Prämedikation

In der Regel benötigen alle Patienten eine Prämedikation. Wenn der Patient krank, ruhig bzw. stoisch ist, schon einen venösen Zugang hat und der Eingriff nicht sehr schmerzhaft ist, ist keine Prämedikation notwendig.

1.3.1 Zweck der Prämedikation

- Verminderung der Angst und leichteres Handling.
- **Verminderung parasymphathischer Effekte**: z. B. Speicheln, Bronchosekretion, Bradykardie, Erbrechen. In der Regel ist Erbrechen kein Problem, da das Tier vor der Operation 4–8 Stunden hungert. Bei gesunden Hunden und Katzen, die in den letzten Stunden gefressen haben, kann mit **Xylazin** (0,4–1,0 mg/kg i. m. bei der Katze) oder Apomorphin (0,08 mg/kg s. c., 0,03 mg/kg i. m. beim Hund) das Erbrechen induziert werden.

- **Analgesie:** Diese Wirkung hilft beim Legen eines venösen Zugangs. Die Analgesie sollte auch während der Operation anhalten und eine Sensibilisierung für Schmerzsignale (Aufschaukeln) während der Operation verhindern.
- **Reduktion der Dosis anderer benötigter Medikamente (Induktion und Erhaltung):** Zum Beispiel kann die Gabe von Acepromazin als Prämedikation den Bedarf an Thiopental um 50 % und die benötigte Menge an Isofluran um 30 % reduzieren. Bei Prämedikation mit Butorphanol werden für die Induktion nur noch 50 % des Thiopentals benötigt.
- **Erleichterung der Aufwachphase:** Dies ist bei schmerzhaften Eingriffen und bei Eingriffen mit Dissoziativa als primärem Induktionsanästhetikum wichtig. Die Aufwachphase nach Dissoziativa ist ohne Prämedikation belastend. Analgetika verringern die Bildung elektrischer Signale während der Operation, sodass der Patient nicht schmerzsensibilisiert aufwacht.

1.3.2 Arten der Prämedikation

- Parasympatholytika
- Tranquilizer
- Opioide
- Neuroleptanalgetika
- Dissoziativa
- α_2 -Agonisten

1.4 Narkoseprämedikation

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte	Indikationen
Atropin <i>Dauer:</i> 1–1,5 h i. v., i. m., s. c.	Parasympatholytisch/vagolytisch Blockiert Acetylcholin an Muskarinrezeptoren des parasympathischen Nervensystems (am Zielorgan), beeinflusst aber nicht die Muskarinrezeptoren des sympathischen Nervensystems. Vermindert Speicheln, wirkt gegen Bradykardie. Löst eine Mydriasis aus, sodass die Pupillengröße nach Atropingabe zur Bestimmung der Narkosetiefe nicht aussagekräftig ist.	Herzfrequenz ↑ Respiration: Bronchodilatation	Kleine Patienten: Sekretion verringert deutlich die Größe der Atemwege. Einsatz von Ketamin: Ketamin erhöht Speichelsekretion. Erhöhter Vagotonus oder Bradykardie: Augen- oder Halsoperationen mit Einsatz von Opioiden, Reaktionen auf Myelografie. AV-Block 2. Grades: Bes. nützlich, wenn der Vagotonus sofort umgekehrt werden muss. Wirkt bei i. v.-Gabe innerhalb 1 min Kaiserschnitt: Wenn bei tragenden Hündinnen/Katzen Opiode eingesetzt werden und man bei den Welpen eine Bradykardie vermeiden will.
Glycopyrrolat <i>Dauer:</i> 3–4 h	Vermindert Speicheln, wirkt gegen Bradykardie Glycopyrrolat überwindet nicht die Blut-Hirn-Schranke. (keine Mydriasis)	Herzfrequenz ↑ Respiration: Bronchodilatation	Ähnlich wie Atropin, aber längere Wirkungs-dauer.

Nachteile	Kontraindikationen
Kurze Wirkungsdauer Überwindet die Blut-Hirn-Schranke und die Plazentarschranke. Verringert den Kardiatonus und erhöht damit die Wahrscheinlichkeit einer Regurgitation (Ösophagitis). Kann Arrhythmien verursachen. Während der Induktion eher Blocks 2. Grades. Nach der Induktion häufiger VES. Unter Halothan entstehen öfter Arrhythmien. Tachykardie. Eintrocknung von Sekreten.	Pneumonien (Patienten müssen die Sekrete ausscheiden). Vorsicht auch bei Tachykardie, Tachyarrhythmien, Hyperthyreose, hypertropher Kardiomyopathie.
Ähnlich wie Atropin Langsamerer Wirkungsbeginn bei i.v.-Gabe (4 min) 10-mal teurer als Atropin.	Ähnlich wie Atropin.



Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte	Indikationen
Xylazin 0,5–1,0 mg/kg i.v. bei Katze und Hund 0,5–2,0 mg/kg i.m. bei Katze und Hund	α_2-Agonist, der anxiolytisch ist und das Tier sediert. Es erhöht auch den Sympathiko- und Vagotonus. Verursacht Emesis durch Stimulierung des zentralen Brechzentrums. Reversibel durch Yohimbin und Atipamezol. Senkt den Insulinspiegel und kann Hyperglykämie auslösen.	Herzfrequenz ↓ HMV ↓↓ Reduziert das HMV bis zu 30 % des Normalwertes (mehr als der Abfall bei 50 % Blutverlust). Die Schleimhäute sind evtl. weiß oder blau. Respiration: kein Effekt	Emetikum Bei gesunden Patienten für kurze Eingriffe wie Ohrenuntersuchung, Augenuntersuchung, Wundtoilette, Verbandswechsel, oder wenn man ein Gegenmittel (Yohimb/Atipamezol) geben will. Da es sedativ wirkt, führt eine Dosissteigerung zu verlängerter Wirkung, nicht aber zu tieferer Nar-kose. Xylazin muss mit Vorsicht (mit Blutdruck-Überwachung) verwendet werden, weil es nach einer anfänglichen Hypertonie eine hochgradige Hypotonie und Arrhythmien verursacht. Ein venöser Zugang sollte gelegt sein.
Acepromazin s.c., i.m., i.v. <i>Wirkungsbeginn:</i> s.c. = 40 min i.m. = 15 min 0,02–0,05 mg/kg s.c., i.m. bei Hund und Katze	Tranquilizer (Phenothiazin), der im retikulären Aktivationszentrum wirkt und daher keine komplette ZNS-Depression bewirkt. Patienten reagieren immer noch auf Stimuli. Tranquilizer haben einen Ceiling-Effekt. Unterdrückt die Antwort der Chemorezeptor-Triggerzone. Sedation: gut. Gute Anxiolyse (wirkt aber nicht stark genug für Gewitter- oder Feuerwerkpanik) Keine Analgesie.	HF: Bei lebhaften Hunden sinkt die HF, während er sich beruhigt. Bei ruhigen Hunden steigt die HF an. HMV: keine Veränderung. α-Antagonist. Hunde mit einem Sympathikotonus können unter Acepromazin hochgradig hypoton werden. Respiration: kein Effekt.	Junge Hunde, bei denen eine gute Sedation notwendig ist. Schützt vor Katecholamin-induzierten Arrhythmien: Bei Prämedikation mit Acepromazin verursacht Halothan keine Arrhythmien. Wenn die 100-fache Dosis Phenylephrin am Auge eingesetzt wird, steigert dies den Blutdruck; 1/10 der Prämedikationsdosis von Acepromazin verhindert diesen Blutdruckanstieg. Erleichterung der Aufwachphase bei Verwendung von Ketamin oder Telazol®.

Nachteile	Kontraindikationen
Verursacht Katecholamin-bedingte Arrhythmien (meist systolische Arrhythmien oder AV-Block oder Bradykardie). Diese α_1-Effekte überdauern die α_2-Effekte von Xylazin. Daher können im wachen Zustand noch Xylazin-induzierte Arrhythmien vorliegen. Potenziert den Effekt von Thiopental, daher muss die Induktionsdosis von Thiomytal reduziert werden. Die Dosierung von Propofol muss um 30–90 % gesenkt werden.	Hypotone Tiere. Tiere mit Herzerkrankungen. Schlecht wirksam bei kleinen, leicht erregbaren Hunden oder hohen Katecholaminspiegeln.
Kein Analgetikum. Hunde reagieren immer noch auf Stimuli, daher können bösartige Hunde ungefährlich wirken, aber immer noch gefährlich sein. Bei nur mit Acepromazin sedierten Tieren dürfen keine schmerzhaften Eingriffe durchgeführt werden. α_1-Blockade: Kann bei Sympathikotonus (Trauma, Hypovolämie, kardiovaskulärer Schock) Hypotonie verursachen. Bei Tieren vermeiden, die keine zusätzlichen Herz-Kreislaufbelastungen kompensieren können.	Trauma (für 5 Tage nach Trauma vermeiden). Krampfpatienten. Myelografie. Hypotone Patienten. Boxer. Kardiovaskuläre Erkrankungen.

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte	Indikationen
Medetomidin <i>Dosis:</i> 5–40 µg/kg bei Hunden i. v. oder i. m. 80–100 µg/kg i. v. oder i. m. bei der Katze Zur Prämedikation: 5–10 µg/kg beim Hund bzw. 10–20 µg/kg bei der Katze (i. v. oder i. m.)	α_2-Agonist: 10 x selektiver für α_2-Rezeptoren als Xylazin, also viel größerer α_2-Effekt und viel geringerer α_1-Effekt als Xylazin. Wirkt wie Xylazin anxiolytisch und sediert das Tier. Es erhöht auch den Sympathiko- und Vagotonus. Es verursacht Emesis. Gegenmittel: Atipamezol bei Gabe innerhalb von 1 Stunde nach Medetomidin-Gabe 2–5 x Medetomidindosis i. m.). Atipamezol hat eine 100 x höhere Affinität für α_2-Rezeptoren als Yohimbin.	Herzfrequenz ↓ auf bis zu 30 Schläge/min HMV ↓↓ Reduziert das HMV bis zu 30 % des Normalwertes (mehr als der Abfall bei 50 % Blutverlust). Die Schleimhäute sind evtl. weiß oder blau. Respiration: kein Effekt. Additiver Effekt mit Thiopental und Propofol auf die Herz-Kreislaufdepression, deshalb Reduktion dieser Induktionsmittel um 30–90 % (Titration nach Wirkung).	Bei gesunden Tieren für kurze Eingriffe (wie Untersuchung der Ohren oder Maulhöhle, Wundversorgung, Verbandswechsel, Röntgen) wenn ein Gegenmittel gegeben wird. Die Sedation setzt 1–3 min nach der i. v. Gabe bzw. 5–10 min nach der i. m. Gabe ein. 30–40 µg/kg bewirken ohne Reversion eine Sedation in Seitenlage für 40–60 min. Höhere Dosierung verlängert die Sedation, ohne sie zu verstärken. Zur Intubation sollte zunächst ein gasförmiges Anästhetikum per Maske verabreicht werden, da andernfalls die Kiefernspannung zu groß sein könnte. Kann auch in niedrigerer Dosierung als Präanästhetikum verwendet werden.

Nachteile	Kontraindikationen
Verursacht deutl. Vasokonstriktion mit Bradykardie und dadurch einen deutl. Abfall des HMV. Kann einen transienten AV-Block 2. Grades auslösen. Nur bei gesunden Tieren anwenden. Überwachung auf Arrhythmien und Hypotonus. Manche Tiere fangen beim Aufwachen plötzlich an zu beißen. Tiere, die nur mit Medetomidin sediert wurden, sollten mit Vorsicht behandelt werden.	Sollte nur bei jungen, gesunden Tieren verwendet werden. Keine Anticholinergika zur Steigerung der Herzfrequenz einsetzen, da dies die Belastung des Herzens erhöht. Zuerst einen α_2-Antagonisten einsetzen.



Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte	Indikationen
Ketamin p. o., s. c., i. m., i. v. gleichmäßigste Ergebnisse i. m. <i>Wirkhöhepunkt:</i> 15 min <i>Dauer:</i> 5–10 min Kann durch 0,04 mg/kg Acepromazin verstärkt werden. In der Regel zusammen mit Diazepam eingesetzt.	Gehört zur einzigen Klasse von Prämedikationen, die eine operationstaugliche Anästhesie ermöglichen. Niedrige Dosierungen sedieren. Maßvolle Dosierungen zur Ruhigstellung. Hohe Dosierungen für eine operationstaugliche Anästhesie. Verursacht vermehrte Salivation (sollte zusammen mit einem Parasympatholytikum verwendet werden). Therapeut. Index 10.	HF: Steigt aufgrund eines erhöhten Sympathikotonus. Dieses Medikament darf nicht verwendet werden, wenn ein Anstieg des Sympathikotonus kontraindiziert ist. Respiration: Die Ventilation fällt etwas ab und das Atemmuster verändert sich. Periodische Apnoe oder apneustische Atmung möglich.	Bei Katzen, aber nicht bei Hunden, als Prämedikation. Wenn tiefe Sedation erwünscht ist oder das Tier griffig ist. Ketamin kann in beliebiger Weise injiziert werden und hat einen schnellen Wirkungsbeginn. Ruhige Katzen: 5 mg/kg. Griffige Katzen: 7 mg/kg. Sehr abwehrbereite Katzen: 10 mg/kg. Erst ab ≥ 10 mg/kg wird Apnoe/Katalepsie verursacht. Orale Dosis: 20 mg/kg, aufgrund des First-Pass-Effekts.
Telazol® (in D nicht zugelassen) s. c., i. m., i. v. <i>Wirkungsbeginn:</i> 2–3 min <i>Dauer:</i> 10 min	Tiletamin + Zolazepam: langwirksames Dissoziativum plus langwirksames Benzodiazepin. Hat dieselben Merkmale wie Ketamin/Diazepam, hat aber gleichmäßigere Effekte mit besserer Anästhesie (Tiere sind leichter zu katheterisieren).	Wie bei Ketamin. Respiration: apneustische Atmung tritt normalerweise nicht auf.	Prämedikation der Wahl für nicht handhabbare Katzen und aggressive Hunde. Katze: 2,5 mg/kg. Hund: 5 mg/kg.

Nachteile	Kontraindikationen
Der pH ist sehr niedrig, daher lokale Reizungen. Erhöht den intrakraniellen Druck. Erhöht den intraokulären Druck. Vermehrtes Speicheln. Bei Hunden, die nach Ketamin aufwachen, kann Hyperthermie auftreten.	Krampfpatienten. Neurolog. Eingriffe, bei denen ein erhöhter intrakranieller Druck vermieden werden muss (z. B. Liquorentnahme, Patienten mit Gehirntumoren, etc.). Hypertrophe Kardiomyopathie oder andere Kardiomyopathien. Glaukom. Hyperthyreose.
Wie bei Ketamin/Diazepam. Aufwachphase ist belastend. Acepromazin (0,01 mg/kg) kann verabreicht werden, um die Aufwachphase zu verlangsamen/erleichtern. Nach sehr langen Operationen kann es sein, dass Telazol® nicht mehr wirkt und dass der Patient stattdessen vom Erhaltungsanästhetikum aufwacht. Hunde, die nach Telazol® aufwachen, können hyperthermisch sein.	Wie bei Ketamin/Diazepam

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte	Indikationen
Oxymorphon s. c., i. m. <i>Wirkungsbeginn:</i> 10 min <i>Dauer:</i> 4–6 h	Opioide wirken über spezifische Rezeptoren im ZNS und Magen-Darm-Trakt. Sie haben einen gewissen sedativen Effekt, sind aber primär analgetisch (gegen dumpfen Schmerz). Analgesie: sehr potenter μ -Agonist. Reversibel durch Naloxon .	Minimaler kardiovaskulärer Effekt. Vagotonus: Opioide senken die HF, daher sollten sie zusammen mit Anticholinergika wie Atropin verwendet werden. Die Ventilation nimmt aufgrund einer reduzierten CO_2 -Sensibilität der Medulla ab (sowohl Atemfrequenz als auch das Atemzugvolumen). Opioide führen zu Hecheln als Folge einer veränderten Thermoregulation.	Schmerzhafte Eingriffe: Opioide verringern die Bildung von Schmerzsignalen während der Operation, sodass der postoperative Schmerz geringer ist. Patienten mit kardiovaskulären oder neurologischen Erkrankungen: Opioide haben einen minimalen kardiovaskulären Effekt.
Hydromorphon <i>Wirkungsbeginn:</i> 10 min <i>Dauer:</i> 4–6 h	Opioid: μ -Agonist Sedation: sediert so gut wie Acepromazin Reversibel durch Naloxon	Ähnlich wie Oxymorphon.	Ähnlich wie Oxymorphon.
Butorphanol <i>Dauer:</i> 1–6 h Kein Betäubungsmittel	Opioid: Agonist/ Antagonist: κ -Antagonist und α -Agonist. Analgesie: relativ potent, aber μ -Agonisten wie Oxymorphon sind potenter. Sedation: bessere Sedation als Oxymorphon, bes. in einer Dosierung von 0,3–0,4 mg/kg. Reversibel durch Naloxon .	Ähnlich wie Oxymorphon.	Ähnlich wie Oxymorphon.

Nachteile	Kontraindikationen
Es verursacht Hecheln und eine gering-gradige Bradykardie. Opioide sind Atemdepressiva. Erhöhter Liquordruck: Opioide verringern die CO_2-Sensibilität, was zu einem erhöhten CO_2-Spiegel und einer respirat. Azidose führt. Dies führt zu einer Dilatation der zerebralen Gefäße und somit zu einem erhöhten Liquordruck. Dieses Problem kann durch Beatmung des Tieres vermieden werden. Verursacht Magen-Darm-Spasmen gefolgt von Stase. Betäubungsmittel.	Gastroduodenoskopie: Opioide führen zu einer Kontraktion der Kardial- und des Pylorus-Sphinkters. Hydrozephalus. Erkrankungen des Lungenparenchyms: Die Atemdepression kann dazu führen, dass beatmet werden muss.
Ähnlich wie Oxymorphon.	Ähnlich wie Oxymorphon.
Ähnlich wie Oxymorphon, aber kein Betäubungsmittel.	Ähnlich wie Oxymorphon. Nicht verwenden, wenn eine postoperative Analgesie mit anderen Opioiden geplant ist, da es ein μ-Antagonist ist.

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte	Indikationen
Morphin <i>Wirkungsbeginn:</i> 20 min <i>Dauer:</i> 3–4 h	Opioid: μ -Agonist. Sedation: so gute Sedation wie Acepromazin. Reversibel durch Naloxon.	Ähnlich wie Oxymorphon.	Ähnlich wie Oxymorphon. Katze: 0,1–0,2 mg/kg. Eine höhere Dosis kann Erregungszustände hervorrufen. Hund: 0,5–1,0 mg/kg.
Levomethadon <i>Dauer:</i> länger als bei Morphin.	Morphinabkömmling: Das meist verwendete Analgetikum vom Morphin-typ in Deutschland.	Ähnlich wie Oxymorphon.	Hund: 0,1–0,6 mg/kg i. v. zur Narkoseprämedikation und Neuroleptanalgesie. Im Vergleich zu Morphin bessere Bioverfügbarkeit bei oraler Applikation, langsamere Toleranzentwicklung, geringere Suchtpotenz, weniger sedativ.
Meperidin (in Europa nicht im Handel) s. c., i. m., nicht i. v. <i>Wirkungsbeginn:</i> 10 min <i>Dauer:</i> 1–2 h	Opioid: μ -Agonist. Schwaches Sedativum/Analgetikum Nicht geeignet für postoperative Analgesie.	Ähnlich wie Oxymorphon. Meperidin ist das Opioid, das die stärkste kardiovaskuläre Depression, aber die geringste Bradykardie verursacht.	Ähnlich wie Oxymorphon, bewirkt aber bei Feten eine geringere Atemdepression als Morphin oder Methadon.

Nachteile	Kontraindikationen
Ähnlich wie Oxymorphon. Darf nicht (schnell) i.v. appliziert werden (Histamin-Ausschüttung).	Ähnlich wie Oxymorphon. Asthma oder eine verringerte respiratorische Reserve. Intradermaler Hauttest (Histamin-Ausschüttung).
Ähnlich wie Oxymorphon. Tiere werden durch Levomethadon geräuschempfindlich. Die starken Vago-symptome von Levomethadon entfallen bei Kombination mit dem Parasympatholytikum Fenipramid (L-Polamivet®). Levomethadon ist stärker atemdepressiv als Morphin.	Ähnlich wie Oxymorphon.
Ähnlich wie Oxymorphon, aber keine Bradykardie. i.v.-Applikation führt zu Hypotonie (Histamin-Ausschüttung).	Ähnlich wie Oxymorphon. Asthma oder eine verringerte respiratorische Reserve. Intradermaler Hauttest (Histamin-Ausschüttung).

1.5 Narkoseinduktion

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte
Thiopental 8–12,5 mg/kg zur Induktion, ohne Prämedikation 20–25 mg/kg	Thiobarbiturat ist sehr fettlöslich, überquert sehr schnell die Blut-Hirn-Schranke und führt zu einer schnellen Induktion. Die Induktion ist in der Regel ruhig (je $\frac{1}{4}$ der Dosis im Bolus, dazwischen 30 s warten). Nicht länger warten, da sonst die Wirkung abflauen kann. Bei relativer Unterdosierung kann es zu Exzitation kommen.	Vagolytisch. Zunächst HF $\uparrow$ bei gesunden Tieren, danach Abfall. Abfall von HF und Kontraktilität bei kranken Tieren. Verminderte Kontraktilität des Herzens. Ventilation: Barbiturat-Apnoe.
Fentanyl 5–10 $\mu\text{g/kg}$ Induktions- oder Anfangsdosis für Fentanyl-Infusion	Opioid: führt in der Regel nicht zu einer operationstauglichen Anästhesie, daher Unterstützung durch Inhalationsanästhetikum. Applikation mit 0,2–0,5 mg/kg Diazepam oder 0,25 mg/kg Midazolam. Zunächst Gabe von $\frac{1}{4}$ der Fentanyl-Dosis und $\frac{1}{2}$ der Diazepam-Dosis, danach 1–2 min abwarten.	Minimaler kardiovaskulärer Effekt, senkt aber die HF. Prämedikation mit einem Parasympatholytikum gegen Bradykardie. Ventilation: Atemdepressivum, daher muss für 4 min vorher O_2 zugeführt und nach der Induktion evtl. beatmet werden.

Indikationen	Nachteile	Kontraindikationen
Gesunde Hunde. Merke: Welpen haben mit ca. 10 Monaten den höchsten Bedarf an Anästhetika und benötigen zur Anästhesie evtl. eine höhere Thiopental-Dosis. Wird oft mit Diazepam (0,2–0,5 mg/kg) oder Midazolam (0,1–0,2 mg/kg) gegeben. Es wird ¼ der Thiopental-Dosis injiziert, anschließend mit heparinisierter Kochsalzlg. gespült, dann ½ Diazepam-Dosis und erneute Spülung. 30 s abwarten und Prozedur wiederholen. Anästhesie zur Untersuchung auf Larynxparalyse. Reduziert den intrakraniellen Druck und ist als Antikonvulsivum geeignet.	Kardiovaskuläres Depressivum. Verursacht in der Milz Sequestration roter Blutzellen (2–4 % HTK-Abfall). Bei wiederholter Dosierung von Thiopental verlängert sich die Wirkungsdauer etwas. Kann ventrikulären Bigemius-Rhythmus verursachen. Lidocain (1–2 mg/kg) reduziert die Inzidenz von Arrhythmien. Windhunde haben eine stark verlängerte Aufwachphase. Ohne Prämedikation durchlaufen die Tiere eine Aktivierungsphase. Wenn der Patient sich verspannt, sollte etwas nachdosiert werden. Cave: paravenöse Injektion! Lokal reizend (bei 2 % Thiopental seltener als bei 5 %). Katzen sind schwieriger zu intubieren.	Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen. Windhunde. Patienten, die einen niedrigen HTK haben oder während der OP viel Blut verlieren werden. Patienten mit Leberinsuffizienz, besonders portokavalem Shunt
Verwendung nur bei Hunden (und moribunden Katzen). Führt selten zu Exzitation bei Katzen. Ältere, kranke Patienten. Hunde mit kardiovaskulären Erkrankungen.	Vorher Sauerstoff zuführen. Exzitationsphase bei jungen, gesunden Hunden.	Katzen. Gesunde Hunde.

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte
Ketamin 2–5 mg/kg i. v. <i>Dauer:</i> 10 min	Dissoziativum: Wird meist mit Diazepam oder Midazolam kombiniert. Hohe Dosierungen können verwendet werden, um eine operationstaugliche Narkose zu erreichen. Verursacht vermehrtes Speicheln (Kombination mit einem Parasympatholytikum). Therapeut. Index 10. Es wird $\frac{1}{4}$ der Dosis gegeben, dann 1 min gewartet. Bei Kombination mit Diazepam oder Midazolam wird $\frac{1}{4}$ der Ketamin-, dann $\frac{1}{2}$ der Diazepam-Dosis verabreicht, anschließend 30 s warten. Alternativ kann eine Ketamin/Diazepam- oder Ketamin/Midazolam-Mischspritze injiziert werden.	HF: Steigt aufgrund eines erhöhten Sympathikotonus. Dieses Medikament darf nicht verwendet werden, wenn das Herz-Kreislauf-System schon stark belastet ist (z. B. Sepsis, Magendrehung). Respiration: Die Ventilation fällt etwas ab und das Atemmuster verändert sich. Periodische Apnoe oder apneustische Atmung.
Propofol i. v. <i>Dauer:</i> 2–5 min <i>Wirkungsbeginn:</i> schnell <i>Aufwachphase:</i> schnell und sanft	Phenolderivat in Sojaöl. Es ist ein Anästhetikum mit geringer depressiver Wirkung, einem schnellen Wirkungsbeginn und einer schnellen, sanften Aufwachphase. 2–4 mg/kg mit Prämedikation, 6–8 mg/kg ohne Prämedikation. Es wird $\frac{1}{4}$ der Dosis über 30–60 s gegeben, dann 30 s gewartet, bevor die nächste $\frac{1}{4}$-Dosis verabreicht wird. Oft Kombination mit Diazepam (0,2–0,3 mg/kg) oder Midazolam (0,1–0,2 mg/kg) mit 4 mg/kg Propofol. Es wird $\frac{1}{4}$ der Propofol- und $\frac{1}{2}$ der Benzodiazepin-Dosis verabreicht, anschließend wird 30 s gewartet.	Das Injektionsanästhetikum mit der größten kardiovaskulären Depression: In niedriger Dosierung ist es ein Vasodilatator; in hoher Dosierung dilatiert es die Arteriolen. Es verursacht eine myokardiale Depression. Die HF verändert sich nicht. Eine langsame Applikation zu je $\frac{1}{4}$ der Dosis verhindert eine schwere Herz-Kreislauf-Depression. Ventilation: Apnoe.

Indikationen	Nachteile	Kontraindikationen
Induktion bei Routineeingriffen Schnelles Ablegen für kurze Eingriffe. Ältere Patienten, bei denen Thiopental nicht verwendet werden kann.	Erhöht den intrakraniellen Druck. Die Aufwachphase ist belastend. Acepromazin (0,01 mg/kg) kann verabreicht werden, um die Aufwachphase zu verlangsamen/erleichtern. Wenn die Operation zu lange dauert, kann die Wirkung von Ketamin weg sein und der Patient wacht unter der Wirkung des Erhaltungsanästhetikums auf.	Krampfpatienten. Neurologische Eingriffe, bei denen erhöhter intrakranieller Druck vermieden werden muss (z. B. Liquorentnahme, Patienten mit Gehirntumoren). Hypertrophe Kardiomyopathie oder andere Kardiomyopathien. Glaukom. Hyperthyreose. Niereninsuffizienz bei Katzen.
Kaiserschnitt: Überquert die Plazentarschranke, wirkt aber nur für kurze Zeit. Die Welpen erleiden in der Regel keine starke Depression, wenn sie aus dem Uterus entwickelt werden. Gehirntumoren/Schädeltrauma: verringert den intrakraniellen Druck. Schnelles (kurzes) Ablegen (z. B. für Ultraschall). Bronchoskopie. Wenn Inhalationsanästhetika nicht verwendet werden können (z. B. bei maligner Hyperthermie). Bei Leber- und Nierenerkrankungen ist die Aufwachphase gut.	Katzen: Kann nur für Eingriffe verwendet werden, die weniger als 20–30 min dauern, sonst ist die Aufwachphase verlängert (kann 1 Tag dauern). Teuer. Das Sojaöl ist ein guter Nährboden für Bakterien, daher kann Propofol nur für 6 Stunden aufgehoben werden nachdem die Ampulle geöffnet ist.	Patienten mit kardiovaskulärer Erkrankung.

Wirkstoff	Wirkung	Kardiovaskuläre und respiratorische Effekte
Alfaxalon i. v. Narkoseeinleitung ohne Prämedikation: 3 mg/kg Hd 5 mg/kg Ktz mit Prämedikation: 2 mg/kg Hd 5 mg/kg Ktz Narkoseerhaltung ohne Prämedikation: 8 mg/kg/h Hd 10–11 mg/kg/h Ktz Narkoseerhaltung mit Prämedikation: 6–7 mg/kg/h Hd 7–8 mg/kg/h Ktz	Neuroaktives Steroidmolekül mit den Eigenschaften eines Allgemeinanästhetikums. Modulation des Chloridionen-Transportes an neuronalen Strukturen durch Bindung an GABA-Rezeptoren.	Apnoe bei 5-facher Überdosierung
Etomidat ohne Prämedikation 1–3 mg/kg i. v. mit Prämedikation 0,5–2 mg/kg i. v.	Imidazol: Anästhetikum mit depressiver Wirkung und einem schnellen Wirkungsbeginn. Dosis: 1 mg/kg. Wird jeweils als 1/4-Bolus (mit 30 s Abstand) injiziert. Wird meist mit Diazepam (0,5 mg/kg) oder Midazolam (0,25 mg/kg) kombiniert.	Wenig kardiovaskuläre Depression. Blutdruck sehr stabil. Ventilation: Weniger Atemdepression als bei Barbituraten und kürzere Wirkung.

Indikationen	Nachteile	Kontraindikationen
Zur Narkoseeinleitung vor einer Inhalationsnarkose. Als alleiniges Anästhetikum zur Einleitung und Erhaltung einer Narkose zur Durchführung einer Untersuchung oder eines kleineren Eingriffs.	Kurzfristige Apnoe bei der Einleitung. Reizempfindlich in der Aufwachphase. Analgesie nur in Kombination mit Analgetikum.	Nicht in Kombination mit anderen Anästhetika zur i.v.-Injektion anwenden.
Hunde und Katzen mit kardiovaskulären Erkrankungen.	Potenter adrenokortiko-suppressiver Wirkstoff: Da Glukokortikoide zur Stressbewältigung nötig sind, sollte dieses Anästhetikum nicht als Infusion verabreicht werden. Exzitatorisch: Häufig Muskeltremor bei Induktion, daher oft Kombination mit Diazepam. Hohe Osmolalität: kann Hämolyse verursachen. Es sollte zusammen mit Flüssigkeit verabreicht werden. Der Hämolysegrad bei Dauerinfusion ist gefährlich, daher darf Etomidat nicht als Erhaltungsanästhetikum verwendet werden.	

1.6 Inhalationsanästhetika

Wirkstoff	Vorteile	Nachteile
Lachgas (N₂O)	Analgetisch: Wirkt zur Blockade der Schmerzempfindung auf der kortikalen Ebene, verhindert aber nicht die Bildung von Schmerzsignalen während der Operation. Gut geeignet, um die Anästhesie während schwerwiegender Eingriffe wie orthopädischen oder komplexen dentalen Eingriffen gleichmäßiger zu gestalten. Second-gas-Effekt: Beschleunigt die Induktion, besonders von hochgradig löslichen Substanzen wie Methoxyfluran. Geringe Löslichkeit: schnelle Induktion/Aufwachphase. Geringe kardiovaskuläre Depression.	Diffusionshypoxie: Es muss sichergestellt werden, dass das Tier mind. 35 % O₂ erhält. Vor der Extubation sollte der Patient ca. 10 min reinen O₂ bekommen. Diffusion/Expansion: Diffundiert in jede Gastasche und expandiert sie. Kann zur Bildung von schädlichen Luftemboli führen, wenn es in Gefäße oberhalb des Herzens diffundiert (z. B. venöse Sinus). Diese Luftemboli können sich im Herz festsetzen. Kann zu erhöhtem Verbrauch von O₂ und Inhalationsanästhetikum führen, weil man eine höhere O₂-Flussrate benutzt. Führt nicht zu Anästhesie.
Isofluran	Schnelle Induktion und Aufwachphase durch niedrige Fettlöslichkeit. Das am wenigsten verstoffwechselte Inhalationsanästhetikum. Kann in gereinigten Halothan-Präzisionsverdampfern verwendet werden (Partialdruck wie bei Halothan). Führt seltener als Halothan zu Arrhythmien.	Teuer. Nicht analgetisch. Aufwachphase kann unruhig sein.
Halothan (nicht mehr im Handel)	Relativ schnelle Induktion/Aufwachphase durch mittlere Löslichkeit. Schnell genug für Masken- oder Käftiginduktion. Preiswert.	Sensibilisiert das Herz für Katecholamin-induzierte Arrhythmien. Potentes kardiovaskuläres Depressivum (Auswurfleistung).
Enfluran	Nicht nierentoxisch (geringe Metabolisierung). Schnellerer Wirkungseintritt aufgrund geringer Blutlöslichkeit, daher gut steuerbar. Geringe Sensibilisierung des Herzens gegen Katecholamine. Ausgeprägte Muskelrelaxation.	Mit zunehmender Narkosetiefe atemdepressiv, blutdrucksenkend und negativ inotrop. Kann zu zentraler Erregung führen (Prämedikation mit Diazepam).

Indikationen	Kontraindikationen	MAC
Zur Beschleunigung der Induktion mit fettlöslichen Mitteln. Intraoperative Analgesie.	Pneumothorax. Neurochirurgie: Gehirn oder Rückenmark. Magentorsion. Jeder intrakardiale Rechts-Links-Shunt. Andere Erkrankungen mit Gas-taschen.	MAC = 200 B/G = 0,47
Für schnelle Induktion/Aufwach-phase bei Operationen > 1 h (z. B. bei älteren oder sehr jungen Tieren oder anderen Patienten, bei denen eine schnelle Aufwachphase erwünscht ist). Wenn Arrhythmien zu befürchten sind (oder wenn Adrenalin ver-abreicht werden muss).	Maligne Hyperthermie.	MAC = 1,4 B/G = 1,4
	Patienten, die Arrhythmien haben oder Adrenalin bekommen werden. Maligne Hyperthermie.	MAC = 200 B/G = 0,47
Wie Isofluran.	Epileptiker.	

Wirkstoff	Vorteile	Nachteile
Sevofluran	Schnelle Induktion und Aufwachphase aufgrund niedriger Fettlöslichkeit. Sensibilisiert das Herz nicht für Katecholamin-induzierte Arrhythmien. Weniger stechend als Isofluran, Induktion per Maske deshalb schneller und sanfter.	Sehr teuer. Am wenigsten potentes Inhalationsanästhetikum. Aufwachphase kann unruhig sein. Reagiert mit Natrium zu einem Komplex, der nephrotoxisch ist, bisher wurden aber in keiner klinischen Studie toxische Konzentrationen dieses Komplexes nachgewiesen.

1.7 Anästhetische Überlegungen bei spezifischen Indikationen

	Überlegungen
Kaiserschnitt	Physiologische Veränderungen: Der vergrößerte Uterus vermindert die Gesamtlungenkapazität, sodass Ventilation und Oxygenierung während der Narkose behindert sein können, bes. weil die Hündin während des Eingriffs auf dem Rücken liegt. HTK und venöser Rückfluss können vermindert sein. Evtl. ist der Bedarf an Anästhetikum geringer. Wohlbefinden der Föten: Gewebeperfusion und Gasaustausch bei den Föten sind abhängig vom maternalen Herz-Kreislauf-System, Atemapparat und Plazenta. Die fötale Wirkstoffelimination erfolgt über die maternalen Organe. Die Durchblutung des Uterus ist nicht autoreguliert, daher kann eine maternale Hypotonie zum Tod der Föten führen. Die meisten Sympathomimetika, die die maternale Hypotonie korrigieren, senken die Durchblutung des Uterus (Dopamin). Adrenalin ist geeignet, weil es die Uterusdurchblutung fördert. Medikamente mit einem niedrigen Molekulargewicht und einer hohen Fettlöslichkeit können schnell über die Plazentarschranke diffundieren und die Föten beeinflussen. Erste Hilfe für Neugeborene: Die Atemwege werden durch Auswischen mit einem Tuch oder durch Absaugen mit einer dünnen Ernährungssonde freigemacht. Wenn das Neugeborene nicht atmet, gibt man Doxapram (0,05–0,1 ml) zur Stimulation des Atemzentrums, das durch Barbiturate oder Inhalationsanästhetika unterdrückt wurde. Es wirkt nicht so gut, wenn das Neugeborene hypoxisch ist. Wurden Opiode verwendet, kann Naloxon (0,05–0,1 ml) als Gegenmittel verabreicht werden. Die Neugeborenen können intubiert und mit Hilfe einer Kolbenspritze oder mit O₂ beatmet werden. Bei Herzstillstand wird Adrenalin (0,01–0,05 ml in einer Verdünnung 1:10.000) intravenös oder intraösär gegeben. Die Neugeborenen müssen warm gehalten werden. Postoperativ: Evtl. braucht die Hündin Oxytozin, um die Laktation und Uterusrückbildung zu verbessern.

Indikationen	Kontraindikationen	MAC
Wie Isofluran.	Nieren- oder Lebererkrankung. Maligne Hyperthermie.	MAC = 2,4 B/G = 0,65

Geeignete Medikamente/Narkoseprotokolle	Ungeeignete Medikamente
Vor der Anästhesie wird das Abdomen geschoren und gewaschen. Modifizierte Inhalationsanästhesie: Prämedikation mit einem Opioid und Maskeninduktion mit Isofluran oder Sevofluran. Es sollte 50 % N₂O während der Induktion verwendet werden, um diese zu beschleunigen. Erhaltung erfolgt mit Isofluran oder Halothan und Lachgas. Es kann eine Lokalanästhesie epidural oder in der ventralen Medianen mit Lidocain (0,5–1 %) mit einer Gesamtdosis von bis zu 3–4 mg/kg erfolgen. Bei N₂O sollte den Welpen nach der Geburt für mehrere Minuten Sauerstoff zugeführt werden. Propofol i.v. oder Etomidat i.v. wirken gut. Neuroleptanalgetikum i.v. (Hund): Fentanyl/Diazepam Epidural mit Lidocain ± Morphin plus Sedation mit einem Neuroleptanalgetikum wie z. B. Acepromazin (0,02 mg/kg). Lidocain 2 % wird epidural (1 ml/4–5 kg) oder subarachnoidal (1 ml/10 kg) verwendet. Atracurium Paralyse und Erhaltung mit Isofluran oder Fentanyl/Isofluran. Als Gegenmittel dient Edrophonium (Vorbehandlung mit Atropin). Notfälle: In Notfällen sollte versucht werden, mit Infusionen und Sauerstoff vorzubehandeln. Patienten mit mittel- bis hochgradiger Erschöpfung vertragen Allgemein- oder Regionalanästhesien weniger gut und werden leichter hypoton bei eingeschränkter Ventilation. Manchmal ist nur eine Blockade ± systemische analgetische Sedation ausreichend.	Folgende Medikamente führen zu signifikanter Depression bei den Welpen: - Barbiturate - Ketamin - Xylazin Wenn die Hündin schon hypoton ist, sollte Propofol evtl. gemieden werden.

	Überlegungen
Herz- erkrankungen	Immer die individuelle Situation und Medikation berücksichtigen. Hypovolämie und Hypotonie sollten vermieden werden: β-Blocker und ACE-Hemmer können in Verbindung mit Anästhetika zu schwerer Hypotonie führen. Vermeidung von Hypertonie: nicht zu viel Flüssigkeit verabreichen. Vermeidung von Tachykardie: Aufregung sollte während der Induktion vermieden werden.
Diabetes mellitus	Hyperglykämie, Hypoglykämie, metabol. Azidose und Ketoazidose sind zu vermeiden. Die Operation sollte zum Zeitpunkt der höchsten Insulinaktivität erfolgen. Morgens wird $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der Insulindosis verabreicht, danach erfolgt der Eingriff. Wenn diese Insulinmenge ohne Futter gegeben wird, werden die meisten hypoglykämisch. Daher muss während der Operation eine Blutzuckermessung durchgeführt werden. Bei Werten unter 120 muss Dextrose oder Glukose mit der Infusionslösung appliziert werden.
Magen- Darm- Erkrankungen	Magendrehung Der Patient wird stabilisiert. Es wird versucht, den Magen zu dekomprimieren. Flüssigkeit wird verabreicht. Hypotonie: Der vergrößerte Magen drückt auf die V. cava caud. und behindert den venösen Rückfluss. Er drückt auch auf das Zwerchfell, sodass es nicht mehr so gut intrathorakalen Druck aufbauen kann. Folglich ist das Lungenvolumen vermindert. Herzarrhythmien: Ventrikuläre Extrasystolen (VES) sowie Sinus- oder ventrikuläre Tachykardie können jederzeit auftreten. Nur Arrhythmien mit > 170 Schlägen/min oder Arrhythmien, die zu hämodynamischer Kompensation führen, werden behandelt. Multifforme VES oder ventrikuläre Tachykardie führen zu einem dramatischen Abfall des Blutdrucks. Endotoxischer Schock/DIC.

Geeignete Medikamente/Narkoseprotokolle	Ungeeignete Medikamente
Fentanyl/Diazepam: Fentanyl führt nur zu einer geringeren kardiovaskulären Depression. Etomidat/Diazepam hat eine geringe Wirkung auf HF, peripheren Widerstand und Kontraktilität. Keine Analgesie. Ketamin/Diazepam: kann bei Mitral-/Trikuspidal-Insuffizienz verwendet werden. Prämedikation mit Acepromazin kann Katecholamin-induzierte Arrhythmien reduzieren.	Barbiturate/Propofol wirken stark kardiovaskulär depressiv. Atropin sollte, wenn keine Bradykardie vorliegt, vermieden werden. Dissoziativa sollten bei hypertropher Kardiomyopathie und Klappenstenosen nicht gegeben werden.
	Ketamin, Xylazin und Medetomidin. Xylazin und Medetomidin sind α_2-Agonisten (erhöhen den Sympathikotonus), daher haben sie eine Anti-Insulin-Wirkung.
Opioide führen zu einer guten Analgesie und einer stabileren Anästhesie. Fentanyl/Diazepam wird zur Induktion verwendet. Wenn der Patient unter Fentanyl/Diazepam hypoton ist, wird Flüssigkeit und ggf. Dopamin ($5 \mu\text{g/kg/min}$) verabreicht, um die Vorlast, die Kontraktilität des Myokards (HMV $\uparrow$) und den Blutdruck zu erhöhen, ohne die periphere Durchblutung zu verringern. Ab $10\text{--}15 \mu\text{g/kg/min}$ wird die Durchblutung verringert. Bei Bradykardie als Folge des Opioids sollte Glycopyrrolat verabreicht werden. Erhaltung erfolgt mit Fentanyl-Dauertropfinfusion und Isofluran. Lidocain ($1\text{--}4 \text{ mg/kg}$) gegen ventrikuläre Tachykardie (kann in Infusion verabreicht werden). Verapamil ($0,05 \text{ mg/kg i.v.}$, dann $0,5 \text{ mg/kg p.o. } 4 \times$ täglich beim Hund) als Antiarrhythmikum.	Thiopental ist stark kardiovaskulär depressiv.

	Überlegungen
	Endoskopie (Indikation: Fremdkörper, Magenbiopsie): Wenn der Magen aufgegaßt ist, hat der Patient evtl. Schwierigkeiten, selbst zu ventilieren. Folglich wird entweder die Narkose flacher oder das Tier fängt aufgrund der Hypoxie an zu hecheln. Außerdem kann es aussehen, als ob es würgt. Wenn dies eintritt, wird der Magen entgast und der Narkosegrad festgestellt. Evtl. braucht die Narkose nicht vertieft werden. Oft ist es einfacher, das Tier mechanisch zu beatmen. Oft führt die Endoskopie zu Vagusstimulation. Invagination oder Obstruktion Hohe Obstruktion: Schwere Elektrolytimbalancen ($\text{HCl} \downarrow$, $\text{Na}^+ \downarrow$, $\text{K}^+ \downarrow$). Das Tier ist alkalotisch und hat eine verminderte Atemtätigkeit.
Glaukom	Der Patient bekommt Medikamente zur Senkung des Augeninnendrucks. Dazu können Mannitol, Carboanhydrasehemmer (verursachen metabol. Azidose) und Furosemid zählen. Die Tiere können aufgrund der Medikation präoperativ sehr dehydriert und evtl. azidotisch sein (Hecheln). Es sollte versucht werden, die Mydriasis zu verbessern. Eine Erhöhung des Augeninnendrucks muss vermieden werden. Die Ophthalmologen verwenden oft Phenylephrin zur Gefäßkonstriktion. Dieses Medikament kann eine Hypertonie verursachen, die mit kleinen Mengen Acepromazin behandelt wird.

Geeignete Medikamente/Narkoseprotokolle	Ungeeignete Medikamente
Atropin oder Glycopyrrolat, um die Vagusstimulation zu reduzieren.	Opioide erhöhen den Tonus von Kardial- und Pylorus-Sphinkter.
Schnelle Induktion zur Vermeidung von Erbrechen.	
Prämedikation mit Atropin oder Glycopyrrolat, weil das Auge durch die Operation stimuliert wird (vagusstimulierend). Prämedikation mit Meperidin oder Butorphanol ist gut geeignet, weil sie nicht wie Oxymorphon und Morphin Erbrechen induzieren (Erbrechen erhöht den Augeninnendruck). Thiamylal/Diazepam: Verwendung von kleinen Mengen zur Vermeidung von Hypotonie. Atracurium: Zur Lähmung des Auges, sodass es in zentraler Stellung bleibt (Gegenmittel Edrophonium und Atropin).	Ketamin erhöht evtl. den Augeninnendruck aufgrund des Muskeltonus. Fentanyl: kann Miosis verursachen.



Überlegungen

**Lungen-
erkrankungen
mit eingeschränktem Gas-
austausch**

Alle Anästhetika sind Atemdepressiva. Die Ventilation steigt mit steigendem CO_2 an. In Narkose tolerieren Tiere jedoch eine höhere CO_2 -Konzentration, bevor sie die Ventilation erhöhen. Isofluran ist atemdepressiver als Halothan und die Induktion mit Opioiden verursacht in hoher Dosierung Atemdepression.

Bei verminderter funktioneller Residualkapazität (durch Flüssigkeit und andere fremde Substanzen im Thorax etc.) wird die Lunge atelektatisch. Zur Überwindung der Atelektase muss der Patient regelmäßig mit dem Atembeutel manuell ventiliert werden, es wird ein positiver endexpiratorischer Druck (PEEP) aufgebaut, sodass die Lunge nicht ganz luftleer wird. Es kann auch konstanter Druck auf die Atemwege verwendet werden (CPAP). CPAP und PEEP beeinflussen O_2 aber nicht CO_2 .

Anhand eines Respirometers (am Expirationsende des Inhalators) sollten Atemzugvolumen und Atemminutenvolumen (AMV) gemessen werden.

Blutgase: Beatmung, wenn der $\text{PCO}_2 \geq 55$ mmHg ansteigt.

Pulsoxymeter: O_2 -Sättigung sollte $\geq 98\%$ liegen.

IPPV (Druckbeatmung): Tiere mit Pneumothorax müssen streng überwacht werden und sollten besser spontan atmen. Bei diesen Patienten wird ein höherer CO_2 -Spiegel und ein reduziertes Atemzugvolumen toleriert. Bei Zwerchfellhernien sollte IPPV mit einem niedrigeren Atemzugvolumen durchgeführt werden, weil weniger intrathorakaler Raum vorhanden ist und die Gefahr eines Reexpansionsödems besteht.

Stress, besonders bei Katzen, vermeiden.

**Leber-
shunt**

Hypoglykämie und Blutverlust sollten vermieden werden.

Der Chirurg muss evtl. den venösen Rückfluss abklemmen, um den intrahepatischen Shunt zu lokalisieren.

Diese Patienten haben einen niedrigen Albuminwert, daher muss evtl. Plasma verabreicht werden.

Blutzucker alle 15–30 min kontrollieren und bei Werten von ≤ 120 g/dl Dextrose verabreichen.

Der Eingriff ist sehr schmerzhaft. Analgetika einsetzen (einschließlich Epiduralanästhesie).

Komplikationen: Hypoglykämie und Hypertonie der V. portae, Hyperthermie.

Geeignete Medikamente/Narkoseprotokolle	Ungeeignete Medikamente
Vor der Narkose muss Luft oder Flüssigkeit aus dem Thorax abgezogen werden. Opioid-Prämedikation: gutes Antitussivum und geeignet für brachyzepale Rassen und Patienten mit Trachealkollaps oder Zwingerhusten. Präoxygenierung für 4 min (schwierig bei brachyzephalen Rassen), weil die Induktion eine kritische Phase ist. Zumindest sollte eine Maske mit 100 % O₂ nach der initialen Induktion angelegt werden. Brachyzepale Rassen: eine Klemme mit Tupfer sollte zur Beseitigung von Schleim aus der Kehle bereit liegen. Ausreichende Sedation, sodass die Induktion schnell ist. Minimale Zwangsmaßnahmen. Schnell wirkende Induktionsmittel: bei kleinen Tieren z. B. Propofol, Barbiturate, Etomidat, Alfaxalon. Aufwachphase: Der Patient sollte so lange wie möglich O₂ bekommen. Substanzen mit einer kurzen Aufwachphase verwenden. Bronchoskopie: Injektionsanästhetikum wie z. B. Propofol. Es kann jedoch beatmet werden, um eine ausreichende Oxygenierung und CO₂-Elimination zu erreichen.	N₂O: Bei Verdacht auf Pneumothorax oder bei schwieriger Oxygenierung sollte kein Lachgas verwendet werden.
Opioid-Prämedikation: Ein Teil der Patienten mit Lebershunts haben einen verlangsamten Leberstoffwechsel. Reduzierte Fentanyl-Dauertropfinfusion. Anticholinergika Induktion mit Inhalationsanästhetikum ist am besten, weil Injektionsanästhetika in der Leber verstoffwechselt werden. Reaktionen auf Opioide sind variabel.	

Überlegungen

Neurologische Erkrankungen

Myelografie und Bandscheibenoperationen:

Myelografie-Kontrastmittel können Krämpfe auslösen und den Vagotonus erhöhen. Bei Kontrastmittelreaktionen **Atropin** anwenden (Atropin i.v. wirkt sehr schnell, Glycopyrrolat benötigt i.v. hingegen bis zu 4 min). Bis 1h nach der Myelografie sollte der Kopf erhöht gelagert werden. Wenn der Patient krampft, wird 0,5–2 mg/kg Diazepam (¼ Bolus) i.v. verabreicht.

Die meisten Kontrastmittel werden über die Nieren ausgeschieden, daher muss die Diurese des Tieres sichergestellt sein.

Erhöhter intrakranieller Druck muss vermieden werden.

Nierenerkrankungen

Narkosen führen zu einer verminderten Nierendurchblutung, was zu einer reduzierten glomerulären Filtrationsrate, reduziertem Harnfluss und reduzierter Elektrolytausscheidung führt. Anästhetika bewirken indirekt eine **Hypotonie** und Veränderungen im endokrinen System (Veränderungen von ADH, Renin/Angiotensin, Aldosteron). Verschiedene Anästhetika haben einen **direkten nephrotoxischen Effekt** (Methoxyfluran).

Es sollten nicht zwei nephrotoxische Substanzen (Flunixin, ein NSAID, und Gentamicin, ein Antibiotikum, sind zwei häufig verwendete Substanzen) zusammen verwendet werden.

Es muss sichergestellt werden, dass der Patient vor Beginn der Operation rehydriert ist und während der Operation ausreichend Flüssigkeit bekommt.

Wenn der **HTK** niedrig ist, muss evtl. eine Kreuzprobe/Blutgruppenbestimmung durchgeführt werden. Nierenpatienten haben meist eine kompensierte chronische Anämie und müssen evtl., abhängig von ihrem HTK und dem Eingriff, transfundiert werden.

Hyperkaliämie wird durch die Unfähigkeit, Kalium auszuscheiden, verursacht. Mittels EKG (Bradykardie, keine P-Welle) erfolgt die Überwachung bei Hyperkaliämie.

Geeignete Medikamente/Narkoseprotokolle	Ungeeignete Medikamente
Thiopental und Diazepam sind antikonvulsiv. Parasympatholytische Prämedikation kann vor Bradykardie schützen, die durch Myelografie-Kontrastmittel verursacht wird. Bandscheibenoperationen sind extrem schmerzhaft! Intra- und postoperative Analgesie mit Opioiden.	Ketamin, Acepromazin, Methohexital senken die Krampfschwelle. Lachgas sollte vermieden werden, wenn operiert werden soll.
Etomidat. Ketamin/Diazepam erhalten den Blutdruck, können aber die Aufwachphase verlängern. Induktion mit Isofluran ist gut. Propofol und Thiopental sind ebenfalls zu empfehlen. Dopamin: 2,5–5 µg/kg/min zur Erhöhung der Nierenperfusion. Merke: Katzen haben in den Nieren keine Dopaminrezeptoren, daher muss Mannitol verwendet werden. Wenn der Blutdruck niedrig ist, wird Dopamin verabreicht. Mannitol (0,25–0,5 g/kg): Ein osmotisches Diuretikum, das vor und während der Operation zur Erhöhung der Nierenperfusion gegeben werden kann. Es wird bei Nierensteinen und bei Nierentransplantationen eingesetzt. Furosemid: diuretisch. Hyperkaliämie: Kann durch Korrektur der Azidose, Gabe von Bikarbonat oder Applikation von Insulin und Dextrose oder Kalziumglukonat korrigiert werden.	Bei niedrigem HTK sollten Barbiturate vermieden werden. Außerdem ist bei einem azidotischen Patienten mehr Barbiturat nicht ionisiert (nicht proteingebunden); daher sind diese Patienten stärker für Barbiturate sensibilisiert. Nierenkranke Katzen haben eine längere Aufwachphase bei Dissoziativa. Propofol ist stark blutdrucksenkend.

1.8 Analgesie

Jeder operierte Patient hat postoperative Schmerzen, weil die Gewebeschädigung Nozizeptoren aktiviert, was zu Schmerzempfindung führt. Es ist besser, den Patienten vor der Operation mit Schmerzmedikamenten zu versorgen, als den Schmerz zu therapieren, nachdem er auftritt. Wenn der Patient mit Schmerzen aufwacht, wird in den schmerzhaften Regionen Noradrenalin (erhöhter Sympathikus-Tonus) ausgeschüttet. Folglich werden höhere Dosen an Analgetika benötigt, um den Schmerz zu kontrollieren. In der Regel sollten bei allen Eingriffen, die beim Menschen als schmerzhaft gelten, Analgetika eingesetzt werden.

1.8.1 Präoperative Schmerztherapie

Fehlende präoperative Schmerztherapie führt zu neuronaler Schmerzempfindung während der Operation. Als dessen Folge ist die Narkose während des Eingriffs nicht stabil und der Patient ist postoperativ schmerzempfindlicher, als er gewesen wäre, wenn er vor dem Eingriff Analgetika erhalten hätte.

Gründe für eine präoperative Analgesie

Stabilere Narkose während des Eingriffs und sanftere Aufwachphase mit weniger Schmerzhaftigkeit. Anästhetikum sparender Effekt.

Präoperatives Schmerzmanagement

- **Ausschaltung von Angstzuständen** beim Tier durch Handling und Medikamente: bei Bedarf Anxiolytika verabreichen, versuchen das Tier an die Umgebung zu gewöhnen.
- **NSAIDs** reduzieren Gewebsentzündung. Wirkstoffe mit signifikanter COX-1-Aktivität dürfen vor einer Narkose nicht verabreicht werden, weil sie die Funktion der Thrombozyten beeinträchtigen (erhöhte Blutungsneigung). Wirkstoffe mit überwiegender COX-2-Aktivität (z. B. Carprofen, Meloxicam, Firocoxib und Deracoxib) scheinen die Blutgerinnung nicht zu beeinflussen.
- **Opioid-Analgetika** sedieren und haben eine gute analgetische Wirkung. Sie hemmen jedoch nicht die Nozizeption auf der kortikalen Ebene. Während der Operation eingesetztes Lachgas kann helfen, Schmerzsignale auf der kortikalen Ebene zu reduzieren.
- **α_2 -Agonisten** wie Xylazin und Medetomidin wirken analgetisch.
- **Lokalanästhetika:** Bupivacain wirkt länger als Lidocain.

1.8.2 Intraoperative Schmerztherapie

1.8.2.1 Lokale Techniken

Lokalanästhetika werden im Operationsgebiet eingesetzt. Lidocain und Bupivacain blockieren sowohl sensorische als auch motorische Impulse, Opioide binden hingegen an Opioid-Rezeptoren.

- Eine **epidurale Nervenblockade** reduziert Schmerzen in den Hintergliedmaßen und dem Abdomen und ist gut geeignet für Operationen wie TEP, Kreuzbandrisse, Beckenosteotomien oder Tumoresektionen am Abdomen sowie Kaiserschnitt.
- Spezifische Nervenblockaden.
- Lokalanästhetika intravenös (intravenöse Regionalanästhesie). Plexus-brachialis-Block, Leitungsanästhesie am Kopf (Zahn- oder Tumorentfernung).

1.8.2.2 Systemische Analgetika

Systemische Analgetika umfassen Fentanyl-Infusion, die wiederholte Gabe von Butorphanol oder anderen Opioiden. Geeignet sind NSAIDs, Metamizol, Gabapentin, α_2 -Agonisten u. a.

Lachgas (N_2O) zur Stabilisierung der Narkose.

1.8.2.3 Postoperativ

Sympathische Entladungen werden verhindert, wenn das Tier ohne Schmerzen aufwacht.

- Analgetika lassen sich in drei Klassen einteilen:
 - Opioide (Morphin, Methadon, Oxymorphon, etc.): Opioide ahmen körpereigene Peptide nach, die als Endorphine bezeichnet werden.
 - Morphin und Fentanyl sind Muscarinrezeptor-Agonisten. Butorphanol ist ein kompetitiver Muscarinrezeptor-Antagonist, der aber durch Wirkung auf den Kappa-Rezeptor einen schwachen analgetischen Effekt erzielt. Naloxon und Naltrexon sind Antagonisten und werden zur Umkehrung der Wirkung der Muscarinrezeptor-Agonisten eingesetzt.

Die Unterscheidung zwischen Schmerzen und Dysphorie kann schwierig sein. Wenn dem Tier besonders die Berührung einer bestimmten Körperregion (Operationsgebiet) unangenehm ist, beruht sein Verhalten höchstwahrscheinlich auf Schmerzen. Wenn es auf Berühren an beliebiger Stelle reagiert, beruht dies mit größerer Wahrscheinlichkeit auf einer Dysphorie.

Opioid	Muscarinrezeptor (μ -Rezeptor)	Delta- Rezeptor	Kappa-Rezeptor
Morphin	+++		+
Fentanyl	+++		
Butorphanol	--		++
Buprenorphin	Partieller Agonist		--
Naloxon	--	-	--
Naltrexon	--	-	--
Agonisten vermitteln folgende Wirkung	• Hypothermie • Analgesie • Miosis (bei der Katze Mydriasis) • Bradykardie • Euphorie • Atemdepression • Gastrointestinale Stase		• Gute Sedierung • Schwache Analgesie • Dysphorie

- Nicht-steroidale Antiphlogistika wie Carprofen, Ketoprofen oder Aspirin können schmerzstillend wirken.
- Alpha-2-Antagonisten wie Xylazin und Medetomidin wirken schmerzstillend.
- Ein Analgetikum soll verabreicht werden, bevor das Tier erwacht. Opioide eignen sich zur Schmerzbehandlung, da sie nur dumpfe Schmerzen mindern; wenn also ein schmerzfreies Tier anfängt herumzulaufen, wird es stechenden Schmerz noch spüren und seine Aktivität entsprechend einschränken. Bei Dosierung im analgetischen Bereich sind Opioide wenig atemdepressiv.
- Der Patient sollte langsam aufwachen. Das Ziel nach einem schmerzhaften Eingriff sollte sein, das Tier für 12 Stunden schlafen/ruhen zu lassen. Es kann erforderlich sein, zu diesem Zweck postoperativ einen Tranquilizer zu verabreichen.
- Fentanyl-Pflaster: (Durogesic Membranpflaster®, Janssen-Cilag GmbH, Neuss). Das Pflaster wird 12–24 Stunden vor der Operation lateral an der Brustwand oder im Nacken angebracht und mit einem Verband bedeckt, um zu verhindern, dass es abfällt oder vom Patienten aufgenommen wird. (Jedes Pflaster enthält etwa 5 mg Fentanyl, d.h. die orale Aufnahme kann zu Intoxikation führen. Da ein großer Teil des Fentanyls in der Leber metabolisiert wird, bevor es den zentralen Kreislauf erreicht, ist das Risiko von Intoxikation durch Ingestion jedoch niedrig.) Das Pflaster kann insgesamt 3 Tage lang belassen werden. Da es sich um ein Betäubungsmittel handelt, ist es sinnvoll, das Pflaster zu entfernen bevor der Patient nach Hause entlassen wird.

Größe des Tieres	Größe des Fentanyl-Pflasters (Wirkstoffgabe/h)
Katzen	25 µg/h
Kleine Hunde (10–20 kg)	50 µg/h
Mittlere Hunde (20–30 kg)	75 µg/h
Große Hunde (≥ 30 kg)	100 µg/h

1.8.3 Lokalanästhesie-Techniken

Maximale Dosis pro Tier

Bupivacain = 2 mg/kg

Lidocain = 4 mg/kg

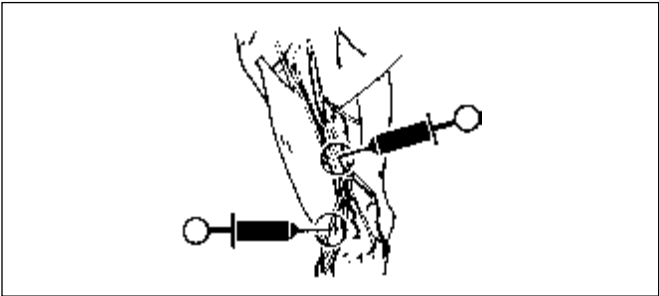
Intaartikuläre Blockaden

0,5 % Bupivacain, Volumen nach Größe des Gelenks.

Unterarmblockade für Eingriffe unterhalb des Ellenbogens

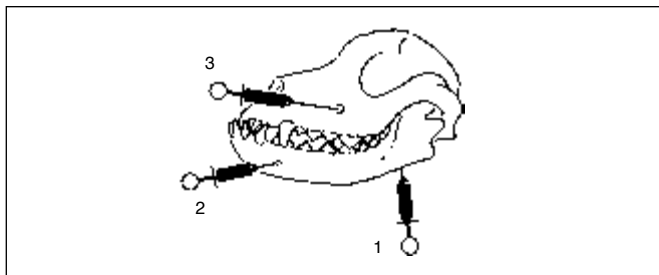
Injektion von 0,5 % Bupivacain (1mg/kg an der medialen Einstichstelle und 0,5–2,0 mg/kg an der kranialen Einstichstelle). Die Injektionen sind wie folgt zu platzieren:

- Nn. medianus, ulnaris und musculocutaneus: Blockade durch eine singuläre Injektion mit einer Spinalkanüle, die im Winkel von 30–45° zur Horizontalen zwischen Trizeps und Bizeps vorgeschoben wird.
- Oberflächlicher Ast des N. radialis: Auffinden der V. cephalica, wo der Nerv die Dorsalseite des Ellenbogens quert. Kanüle von lateral einstechen und zur anderen Seite durchschieben. Beim Zurückziehen der Kanüle wird injiziert.



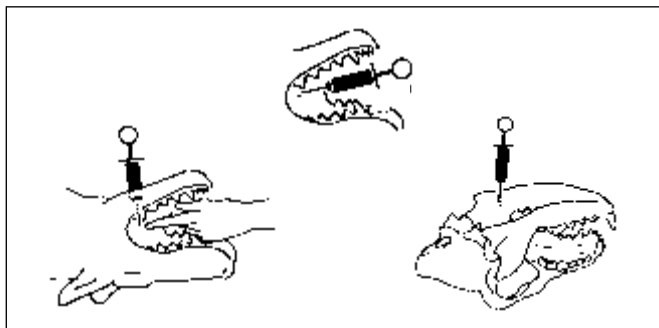
Dentale Blockaden

Blockade der Alveolen im Unterkiefer umfasst die Zähne, Haut und Mukosa im Bereich des Kinns und der Unterlippe. Injektion von 0,5–3,0 ml (max. 2 mg/kg) 0,5 % Bupivacain. Es gibt verschiedene Methoden zur Blockade des Ners.



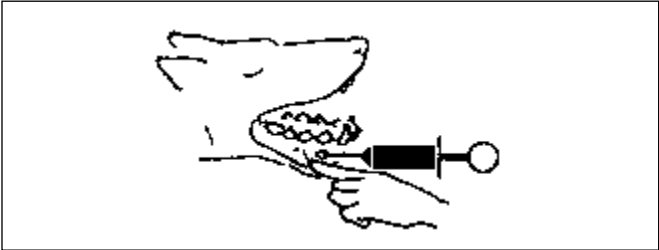
- **Blockade des N. mandibularis/N. alveolaris inferior (1)**

- Am auf der Seite oder in Rückenlage liegenden Tier wird in der Maulhöhle entlang der lingualen Fläche der kaudalen Mandibel das Foramen mandibulae ertastet. Dann wird die Kanüle auf der Innenseite am Finger entlang geführt und es werden rund um den Nerv Injektionen gesetzt.
- Alternativ kann die Kanüle von ventral durch die Haut in den Unterkiefer eingeführt werden, wobei die Kanüle von der ventralen Mandibel weg nach dorsal bis zum Foramen mandibulae vorgeschoben wird.

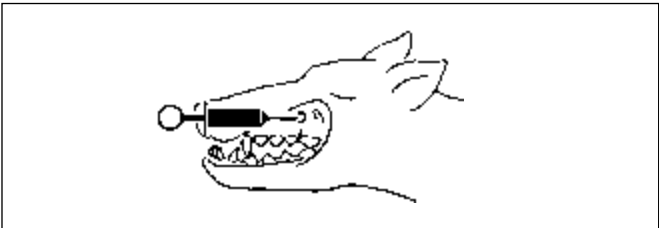


- **Blockade des N. mandibularis/N. mentalis (2):** Hier wird der N. mandibularis bis zum Kaudalrand des Foramen mandibulae blockiert. (0,5 % Bupivacain: 0,3–1,0 ml; max. 2 mg/kg). Für größere

Hunde empfohlen. Zuerst wird das Foramen mentale palpiert (ventral von PM1 und PM2). Einstich einer 26-Gauge-Kanüle mehrere Millimeter in das Foramen. Vor der Injektion wird aspiriert, um Injektion in ein Blutgefäß auszuschließen.



- **Blockade des N. maxillaris/N. infraorbitalis (3):** Hier werden die Zähne und umliegende Mukosa betäubt (bei der Katze auch die Prämolaren und Molaren). Injektion von 0,2–1,0 ml 0,5 % Bupivacain (max. Dosis = 2 mg/kg). Die Öffnung des Canalis infraorbitalis wird in der Maulhöhle direkt oberhalb des PM3 palpiert. Die Kanüle wird in den Kanal eingeführt und nach kaudal vorgeschoben.



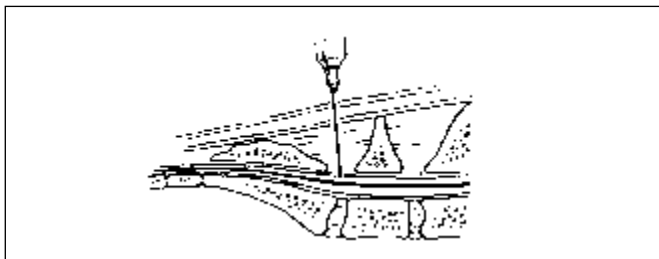
Epiduralanästhesien

Epiduralanästhesien eignen sich für jeden Eingriff in der kaudalen Körperhälfte einschließlich Becken und Hintergliedmaße, perianale Operationen, Schwanzamputationen und Eingriffe am unteren Abdomen. Sie sollten am anästhesierten oder stark sedierten Tier durchgeführt werden, um intraoperative Schmerzen zu verhindern. Falls eine Muskelrelaxation erwünscht ist, sollten auch Lidocain oder Bupivacain epidural verabreicht werden. Bupivacain und Lidocain verursachen einen sympathischen Block, der zu Vasodilatation und Hypotonie führen kann, daher sollte diesen Patienten i.v. Flüssigkeit zugeführt werden.

Bei Aspiration von Liquor muss die Dosierung um 50 % verringert werden. Maximale Menge: 6 ml.

Lidocain (0,2 %)	3 mg/kg	Wirkungsbeginn: 5 min Wirkungsdauer: 1 h
Bupivacain	Dosierung: 2 mg/kg allein oder 0,5–1,0 mg/kg mit Morphin.	Wirkungsdauer: 3–4 h
Morphin (ohne Konservierungs- mittel)	Dosierung: 0,1 mg/kg verdünnt 1:2–1:3 (0,33 ml/kg) in NaCl- Lösung.	Wirkungsdauer: 24 h
Buprenorphin	12,5 mg/kg verdünnt 1:3 (0,33 ml/kg) in NaCl-Lösung.	

- Das Medikament wird zwischen LW7 und den Sakralwirbeln injiziert. Die Flügel des Ileums, die Procc. spinosi der Sakralwirbel und der Proc. spinosus des LW7 dienen als Orientierungshilfen.
- Die Nadel wird mit der geschliffenen Öffnung zuerst durch die Haut, Muskeln und Bänder gestochen. Nach Durchstechen des Ligaments wird gestoppt. Wenn der Knochen getroffen wird (dorsaler Wirbelbogen), muss die Nadel zurückgezogen und weiter vorne oder hinten repositioniert werden.



- Bei korrekter Platzierung der Nadel im epiduralen Raum ist bei der Injektion kein Widerstand zu spüren. Ist sie im Muskel, kann Luft nicht so leicht injiziert werden. Ein auf die Konusöffnung gebrachter Tropfen fließt ab (*hanging drop*).
- Das Medikament wird in den Epiduralraum injiziert. Dafür wird die Spritze mit dem Medikament auf die Nadel gesetzt und zunächst aspiriert. Wenn Blut kommt, muss die Nadel entfernt und erneut positioniert werden. Wenn kein Blut aspiriert wird, wird das Medikament langsam (1 Minute) in den Epiduralraum injiziert. Kommt Liquor, wird nur $\frac{1}{2}$ der ursprünglichen Dosis verwendet.

Spezielle Formen der Lokalanästhesie			
	Indika- tionen	Dosierungen	Vorgehen
Inter- kostale Nerven- blockade	Thorax- chirurgie	0,5 % Bupivacain Dosierung: 0,5 ml/Nerv bei Tieren < 10 kg, 1,0 ml/Nerv bei Tieren > 10 kg Wirkungsbeginn: 30 min Wirkungsdauer: 3–5 h	Der Block wird mind. 3 Rippen kranial und mind. 2 Rippen kaudal des Opera- tionssitus gesetzt. Bupivacain wird direkt kaudal der Rippe soweit dorsal wie möglich injiziert.
Intra- pleurale Nerven- blockade	Thorax- chirurgie	0,5 % Bupivacain Dosierung: 1,5 mg/kg. Anschließend wird der Katheter/Schlauch mit 2–5 ml steriler NaCl-Lösung gespült. Wirkungsbeginn: 30 min Wirkungsdauer: 3–12 h	Das Bupivacain wird durch den Thorakostomie-Schlauch injiziert, der zum Abziehen von Luft und Flüssigkeit ver- wendet wird. Zunächst werden Luft und Flüssigkeit abgezogen, dann wird der Patient mit dem Operations- situs nach unten positioniert und das Anästhetikum inji- ziert. Diese Position ermög- licht dem Wirkstoff die Diffu- sion durch die Pleura in die interkostalen Nerven der betroffenen Seite. Das Tier wird für 20 min auf der Seite belassen. Bupivacain kann auch durch einen Katheter appliziert werden.
Plexus- brachia- lis-Blo- ckade	Operatio- nen am Vorderbein vom Ellen- bogen bis zu den Zehen, z. B. Zehen- amputation oder Ver- sorgung von Radius- Ulna-Frak- turen.	2 % Lidocain Dosierung: 4–6 mg/kg Wirkungsbeginn: 5 min Wirkungsdauer: 2 h 0,5 % Bupivacain Dosierung: 1,5–2 mg/kg Wirkungsbeginn: 20 min Wirkungsdauer: 3–5 h	Eine Spinalnadel wird direkt medial des Schultergelenks und parallel zur Wirbelsäule eingeführt. Zunächst wird aspiriert um sicherzustellen, dass man nicht in einem Blut- gefäß ist (sehr wichtig!!). Es darf nicht zu weit medial gestochen werden, weil sonst die Thoraxhöhle punktiert und ein Pneumothorax ver- ursacht werden kann.

1.9 Überwachung der Narkosetiefe

Die Tiefe der Narkose sollte fortlaufend überwacht werden, um sicherzustellen, dass die für den jeweiligen Eingriff adäquate Narkosetiefe erreicht ist, und dass die Narkose keine Gefahr einer vorübergehenden oder dauerhaften Schädigung birgt (z. B. Nierenschäden durch längerfristig abgesenkten Blutdruck). Die erforderliche Narkosetiefe steht in Abhängigkeit zum Ausmaß von Reizung und Schmerzhaftigkeit in verschiedenen Zeitabschnitten der Operation. Beispielsweise muss die Narkosetiefe bei Manipulationen an der Gekrösewurzel tiefer sein als in nicht-schmerzhaften Phasen eines Eingriffs.

Narkosestadien: Beim Narkotisieren geht das Tier vom Stadium des Wachseins (Stadium I), in dem es auf Umweltreize reagiert, in ein Stadium der Bewusstlosigkeit über (Stadium II), in dem die ZNS-Aktivität abgesenkt ist, das Tier aber unkontrollierte Spontanreflexe zeigen kann. Sobald diese spontane motorische Aktivität aufhört, hat das Tier das Toleranzstadium erreicht (Stadium III) – auf einem leichten, mittleren oder tiefen Niveau.

- Stadium I: wach
- Stadium II: Exzitationsphase (während das Tier das Bewusstsein verliert)
- Stadium III: Toleranzstadium, lässt sich in leichte, mittleres und tiefes Niveau einteilen

Indikatoren der Narkosetiefe: Eine Anzahl von Parametern eignet sich für die Beurteilung der Narkosetiefe; allerdings sind einige Indikatoren verlässlicher als andere, sodass mehrere Indikatoren gleichzeitig evaluiert werden müssen, um die Narkosetiefe zu beurteilen, anstatt sich auf ein einziges zu verlassen. Die im Folgenden genannten Indikatoren gelten für Inhalationsanästhetika und Barbiturate.

- Zuerst zu evaluierende Kennzeichen (am verlässlichsten):
 - Spontane oder gezielte Bewegung (mit Ausnahme von sporadischem Zucken oder Zittern), beispielsweise Bewegungen eines Beins – zeigt eine flache Narkose an. Für einige chirurgische Eingriffe kann dieses Stadium akzeptabel sein.
 - Reflexe wie Lidschlussreflex oder Rückzugsreflexe zeigen eine flache Narkose an. Ihre Abwesenheit zeigt ein mittleres oder tiefes Narkosestadium an, wobei einige Patienten in Stadium III nie einen Lidschlussreflex zeigen. Für einige chirurgische Eingriffe ist eine leichte Narkose mit erhaltenen Reflexen akzeptabel. Da es sich hier um Reflexantworten handelt, sind sie kein Hinweis auf Schmerzwahrnehmung. Das bewusste Wahrnehmen von Schmerz endet im Narkosestadium II.
 - Muskeltonus: Allgemein gilt, je tiefer die Narkose, desto entspannter die Muskulatur. Eine Möglichkeit zur Prüfung des Muskeltonus

- besteht darin, die Kieferspannung durch Öffnen der Maulspalte des Tieres zu evaluieren. Bei einigen Tieren verliert sich die Kieferspannung unmittelbar beim Eintritt in Narkosestadium III.
- Drehung des Augapfels: In der Regel kommt es bei einer mittleren Narkosetiefe zu einer ventromedialen Rotation des Augapfels und Nickhautvorfall, im flachen sowie auch im tiefen Narkosestadium kehrt der Augapfel hingegen in eine zentrale Stellung zurück.
 - Transienter Anstieg der Herzfrequenz, des Blutdrucks oder der Atemfrequenz als Reaktion auf einen konkreten chirurgischen Reiz wie einen Hautschnitt oder Ziehen an der Gekrösewurzel zeigen an, dass die Narkose flacher ist, als für den Eingriff geboten wäre. Diese Parameter können auch bei anderen Ereignissen ansteigen, z. B. bei Hypoxie, Hyperkapnie, Blutverlust. Wenn allerdings diese Parameter ansteigen, obwohl die Reflexbewegungen, der Muskeltonus und die Drehung des Augapfels eine mittlere oder tiefe Narkose anzeigen, bedeutet dies, dass das Tier mehr Analgetika benötigt, und **nicht**, dass die Narkose zu flach ist.
 - Pupillenreflex: In einem flachen oder mittleren Narkosestadium reagiert die Pupille auf helles Licht mit Konstriktion.
 - Unzuverlässige Indikatoren: Herzfrequenz, Atemfrequenz und Blutdruck sollten mit zunehmender Narkosetiefe abnehmen; sie eignen sich aber nicht zur Beurteilung der Narkosetiefe. Dennoch sollten sie fortlaufend monitoriert werden, da gezielte Maßnahmen eingeleitet werden müssen, wenn sie zu hoch oder zu niedrig sind. Außerdem gilt, dass Änderungen als Reaktion auf bestimmte chirurgische Stimuli tatsächlich ein guter Indikator für die Narkosetiefe sind.
Änderungen der Herzfrequenz, der Atemfrequenz oder des Blutdrucks als Reaktion auf bestimmte chirurgische Stimuli sind ein guter Indikator für die Narkosetiefe, sofern sie zusammen mit den Reflexen, dem Muskeltonus, der Rotation des Augapfels und Spontanbewegungen beurteilt werden.
 - Die Herzfrequenz alleine lässt keine verlässliche Aussage darüber zu, ob das Tier im nächsten Moment einen Herz-Kreislauf-Kollaps erleiden oder aufwachen wird.
 - Atemfrequenz: Patienten zeigen häufig unabhängig von der Narkosetiefe während und unmittelbar nach der Einleitung eine Apnoe, bis ihr arterielles CO_2 den Schwellenwert für die Apnoe übersteigt. Eine Apnoe kann auch bei einer zu großen Narkosetiefe auftreten. Tachypnoe kann bei zu flacher oder zu tiefer Narkose oder bei Hyperkapnie auftreten.
 - Irreführende Indikatoren: Zucken von fokalen Muskelgruppen, Bewegen der Nasenflügel oder Schnauze bei der Inspiration, Bewegen der Ohrmuscheln (Katze) beim Berühren der Ohrinnenhaare sind keine Indikatoren für die Narkosetiefe.

Überwachung der Narkosetiefe

Überwachung des Herz-Kreislauf-Systems (Inhalationsanästhetika, Barbiturate und Phenolderivate)

Narkosetiefe	Beschreibung der Tiefe	Spontanbewegungen	Reaktion auf Reize	Muskeltonus (Kiefer)
I	Wach	+	+	+
II	Exzitation (Beginn der Bewusstlosigkeit)	+	+	+
III Toleranzstadium	Flach	±	±	↓
	Mittel	–	–	↓
	Tief	–	–	↓

Modifiziert nach: U. Davis

Merke: Diese Indikatoren der Narkosetiefe gelten nicht für Ketamin oder Opioide. Im Ketamin-Toleranzstadium zeigen Tiere einen erhöhten Muskeltonus, offene Augenlider, Spontanreflexe einschließlich Pupillenreflex, und ihre Augäpfel bleiben oft in zentraler Stellung. Sie können auch, sogar im tiefen Stadium, Rückzugsreflexe aufweisen. Opioide allein sind Sedativa und keine Anästhetika. Eine für chirurgische Eingriffe ausreichende Analgesie kann bei körperlich beeinträchtigten Tieren erreicht werden, sie sind aber nicht bewusstlos.

1.10 Herz-Kreislauf-Überwachung beim anästhesierten Patient

Herzfrequenz	Blutdruck
- Hund: 60–140 Schläge/min (abhängig von der Größe bzw. Rasse) - Katze: 80–160 Schläge/min	- Systolisch: > 90 mmHg - Mittel: > 70 mmHg

Lidschlussreflex	Pupillenreflex	Pupillenstellung	HF, AF, BD
+	+		N
+	+		↑
+	+		N oder ↑
–	±		N oder ↓
–	–		↓↓

Atmung

- Frequenz: 8–10 Atemzüge/min
- Atemzugvolumen: 10–20 ml/kg
- Atemminutenvolumen: 100–200 ml/kg
- Inspiratorischer Druck beim Hund: 10–20 cmH₂O
- Inspiratorischer Druck bei der Katze: 10–12 cmH₂O

Merke: Zur Beurteilung der Ventilation sollten die arteriellen Blutgase oder die endexpiratorische CO₂-Konzentration gemessen werden.

1.10.1 Herzfrequenz und -rhythmus

Aufgabe des Herzens ist es, das durch den linken Ventrikel in den Körper gepumpte Blutvolumen aufrecht zu erhalten (Herzzeitvolumen). Das Herzzeitvolumen ist durch das Schlagvolumen (ausgeworfene Blutmenge pro Ventrikelkontraktion) und die Herzfrequenz bestimmt. Das Schlagvolumen wiederum ist durch die **Kontraktilität** (wie energisch sich der Herzmuskel kontrahiert), die **Vorlast** (enddiastolische Ventrikelfüllung) und **Nachlast** (der systemische Widerstand, gegen den das Herz anpumpen muss) bestimmt. Durch eine Anästhesie kann die Fähigkeit zur Regulation dieser Funktionen eingeschränkt sein.



Ausrüstung zur Überwachung von Herzfrequenz und -rhythmus

- Ösophagusstethoskop: ermöglicht zusätzlich zu Herzfrequenz und -rhythmus das Monitoring der Atemgeräusche.
- Doppler- oder oszillometrische Blutdruckmessgeräte: der Blutdruck sollte bei allen narkotisierten Tieren überwacht werden.
- Pulsoxymeter: schätzt den Anteil oxygenierten Hämoglobins im arteriellen Blut ab und zeigt gleichzeitig die Pulsfrequenz an.
- EKG: sollte unter Anästhesie mit Narkosemitteln zum Einsatz kommen, die katecholamin-induzierte Arrhythmien potenzieren können, sowie bei Patienten mit Befunden, die Arrhythmien auslösen können (z.B. Magendrehung, Myokardschäden, dilatative Kardiomyopathie, Elektrolytimbalancen).

1.10.1.1 Herzfrequenz

- **Tachykardie:** Eine Tachykardie verkürzt die ventrikuläre Füllungszeit und senkt so die Vorlast, was eine unzureichende Perfusion der Koronargefäße und eine mangelnde Perfusion der systemischen Blutgefäße zur Folge hat.

Gründe für eine Tachykardie während der Narkose

- Zu geringe Narkosetiefe: wenn das Tier nicht ausreichend narkotisiert ist, kann es auf chirurgische Stimuli reagieren.
- Schmerzen: Tiere, die zusätzlich zum Operationsgrund noch weitere pathologische Befunde haben, können tachykard werden, wenn diese Bereiche belastet werden (z. B. ein Hund mit Hüftdysplasie, der ohne Hüftunterstützung in Rückenlage gebettet wird).
- Hypotonie/Hypovolämie führt zu einer ReflEXTACHYKARDIE.
- Hypoxie oder Hyperkapnie können eine ReflEXTACHYKARDIE auslösen.
- Anämie bewirkt Hypoxie und Hyperkapnie.
- Fieber.
- Wirkstoffe wie Ketamin, Katecholamine und Parasympatholytika steigern die Herzfrequenz.

- **Bradykardie:** Eine Bradykardie kann zu einer verringerten Herzleistung führen, wenn das Herz nicht kompensatorisch durch verstärkte Kontraktionen das Schlagvolumen ausreichend erhöhen kann.

Ursachen

- Narkosetiefe: Wenn das Tier eine tiefe Narkose erkennen lässt (keine Kieferspannung, nach unten rotierte Pupillen oder zentrale Stellung und Dilatation), sollte die Narkosetiefe verringert werden, wobei die Herzfrequenz zu überwachen ist.

- Prämedikationen wie Medetomidin, Xylazin oder Opioide sowie auch Digitalis induzieren eine Bradykardie.
- Vagotonus: Prüfen, ob der Vagotonus durch den Eingriff beeinflusst wird, z. B. durch Manipulationen an Augapfel oder Ösophagus.
- Hypothermie: Wenn das Tier über einen längeren Zeitraum hypothermisch ist oder war, wird die Herzfrequenz niedrig bleiben, bis die Temperatur wieder angestiegen ist.
- Hypertonie induziert eine Reflexbradykardie.
- Terminale Hypoxie: Überprüfen der Schleimhautfarbe und kapillären Rückfüllungszeit sowie weiterer Indikatoren für die Sauerstoffsättigung.
- Myokardstörungen: EKG zur Überprüfung einer Herzblockade 1. oder 2. Ordnung.
- Hyperkaliämie: Elektrolytstatus prüfen.

Therapie

Die Bradykardie muss ernst genommen werden, wenn die Herzfrequenz bei der Katze unter ca. 80 Schläge/min und beim Hund unter ca. 60 Schläge/min abfällt.

- Reduzierung der Narkosetiefe und den Anstieg der Herzfrequenz überwachen.
- **Atropin** (i.v. 0,02–0,03 mg/kg). Es wird mit **0,02 mg/kg i.m.** begonnen. Fällt die Herzfrequenz rapide ab, wird Atropin i.v. appliziert. Atropin kann sowohl bei AV-Block 1. Grades als auch bei AV-Block 2. Grades eingesetzt werden. In der Regel wirkt Atropin nicht bei AV-Blocks 3. Grades, daher muss in diesen Fällen ein Sympathomimetikum wie Dopamin (Steigerung von Herzfrequenz und Kontraktilität) appliziert werden.
- **EKG:** Zur Feststellung, ob ein AV-Block 1., 2. oder 3. Grades vorliegt.
- Wenn das Tier hypotherm ist, muss es aufgewärmt werden.
- Korrektur von Elektrolytimbalancen (z. B. Hyperkaliämie), die zu dem Problem beitragen könnten.
- Dopamin: Verabreichung von 2,5–20 µg/kg/min zur Steigerung der Herzleistung und -frequenz.
- Ephedrin kann anstelle von Dopamin verwendet werden, da es eine geringere Vasokonstriktion induziert (Ephedrin: 0,05–0,5 mg/kg i.v.). Die Wirkung hält 10–15 Minuten an.
- Blutdruck: Überprüfen, ob der Patient auch hypotonisch ist. Je niedriger die Herzfrequenz, desto mehr Zeit hat das Blut, während der Diastole abzufließen, sodass der diastolische Blutdruck absinkt. Folglich fällt der mittlere Blutdruck.
- Arrhythmien während der Narkose: Gelegentlich induziert eine Anästhesie ektopische Schrittmacher mit der Folge vorzeitiger Vorhofkontraktionen, Ventrikelkontraktionen oder Schenkelblockaden. All diese Phänomene können die Herzleistung mindern, indem sie die Herzfrequenz (bei Schenkelblockaden) oder Kontraktilität verringern.



Ätiologie und Therapie

- In Verbindung mit Katecholaminen:
 - Einige Anästhetika senken die Schwelle für Katecholamin-induzierte Arrhythmien (z.B. Halothan, Xylazin, Medetomidin, Thiopental).
 - Exogene Katecholamine können Arrhythmien auslösen.
 - Einige Krankheiten prädisponieren die Patienten für Arrhythmien (z.B. Magendrehung, traumatische Myokarditis, Elektrolytimbalancen, dilatative Kardiomyopathie). Nach Möglichkeit sollte die zugrundeliegende Ursache behandelt und Vorkehrungen für die Behandlung der spezifischen Arrhythmie getroffen werden.
- Flache Narkose: wenn die Narkose zu flach ist, können chirurgische Stimuli eine Katecholaminausschüttung bewirken, die Arrhythmien potenzieren kann.
- Hyperkapnie und Hypoxie können die Koronargefäße schädigen und in der Folge zu Arrhythmien führen.
 - Bei zu tiefer Narkose kann das Tier hyperkapnisch oder hypoxisch werden.
- Hypovolämie oder Hypotonie.
- Elektrolytimbalancen
 - Hypokaliämie löst häufig eine hohe T-Welle aus (wie auch die Hypoxie). Eine respiratorische oder metabolische Alkalose sowie eine Glukose/Insulin-Therapie potenzieren die Hypokaliämie. Die Alkalose bewirkt eine vermehrte Kaliumausscheidung, während Insulin und Glukose das Kalium in die Zellen hineinziehen.
 - Hyperkaliämie kann Arrhythmien (Bradykardie) auslösen und wird durch Azidose und Hypokalzämie potenziert.
 - Hyperkalzämie kann Arrhythmien auslösen und wird durch respiratorische oder metabolische Azidose potenziert.

Umgang mit Arrhythmien beim anästhesierten Patienten

- Überprüfung der Narkosetiefe. Bei zu flacher Narkose Verdampfer höher einstellen, bei zu tiefer Narkose niedriger einstellen.
- Überprüfung der Sauerstoffversorgung, bei hypoxischem oder hyperkapnischem Tier Verbessern der Ventilation. Bei Bedarf beatmen.
- Rasche Flüssigkeitszufuhr zur Verbesserung der Herzleistung.
- Beseitigung anderer offensichtlicher Faktoren wie Elektrolytstörungen, Säure-Basen-Status, sowie Anästhetika, die die Schwelle für Arrhythmien senken können.
- Vorzeitige Ventrikelkontraktionen sollten behandelt werden, wenn ihre Frequenz zunimmt, wenn sie multifokal sind oder die Herzfrequenz über 180–200 Schläge/min ansteigt (Hund).
- Lidocain: 1–5 mg/kg i.v.



- Procainamid: 1–5 mg/kg i.v.
- Esmolol: 0,1–0,5 mg/kg i.v.
- Propranolol: 0,05–0,3 mg/kg i.v.
- Verapamil: 0,05–0,15 mg/kg i.v.

1.10.2 Gewebepfusion

(Maß für die Durchblutung des Gewebes.)

Überwachung des arteriellen Puls, der kapillären Rückfüllungszeit sowie der Farbe der Schleimhäute und Eingeweide.

Pulsspannung: die Pulsqualität oder Pulsspannung wird über die Differenz zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck ermittelt. Sie ist eine Funktion des Schlagvolumens und des systemischen arteriellen Gefäßwiderstandes. Ein schwacher Puls zeigt eine schlechte Gewebepfusion an.

Schwacher Puls	Hüpfender Puls
Ein schwacher Puls tritt bei verringertem Schlagvolumen auf, z. B. im Falle eines verringerten systolischen oder gesteigerten diastolischen Blutdrucks. • Hypovolämie bewirkt verringerte Vorlast • Arrhythmien können eine schlechte Ventrikelfüllung nach sich ziehen und damit eine verringerte Vorlast • Ventrikelversagen: Unfähigkeit zur Herzkontraktion und damit kein Herzauswurf	Alles, was den systolischen Blutdruck steigert oder den diastolischen Blutdruck senkt, kann hüpfenden Puls zur Folge haben. Verringerter diastolischer Blutdruck geht typischerweise auf Zustände zurück, in denen ein exzessiver arterieller Abfluss besteht, z. B.: • Vasodilatation • Erhaltener Ductus arteriosus oder andere arteriovenöse Fistel • Aorteninsuffizienz
• Perikarderkrankungen oder Herzbeuteltamponade verringern die Kontraktilität und die Vorlast • Gesteigerter systemischer Gefäßwiderstand oder Subaortenstenose	Erhöhter systolischer Druck geht in der Regel mit Zuständen einher, die einen erhöhten Herzauswurf (starke Kontraktionen) bedingen, z. B.: • Anämie • Aufregung • Hyperthyreoidismus

Kapilläre Rückfüllungszeit: Sie wird bestimmt, indem mit einem Finger Druck auf die Maulschleimhaut oder den Gaumen ausgeübt wird, sodass eine weiße Stelle entsteht. Dies bedeutet, dass das Blut aus dem entsprechenden Gewebeareal herausgedrückt wurde. Dann wird der Finger weggezogen und die Zeit bis zur Rückkehr der normalen Farbe gemessen. Die normale kapilläre Rückfüllungszeit beträgt 1–2 Sekunden. Sie gibt Auskunft über die Gewebepfusion und den vasomotorischen Tonus.

- Verlängerte kapilläre Rückfüllungszeit entsteht bei peripherer Vasokonstriktion. Eine solche Vasokonstriktion kann infolge einer Hypotonie und verringerten Herzleistung auftreten. Die Ätiologie der verlängerten kapillären Rückfüllungszeit umfasst:
 - Hypovolämie: bei Blutverlusten, die zur Hypotonie führen.
 - Anästhesie: Eine tiefe Narkose kann das vasomotorische Zentrum dämpfen, was einen vasomotorischen Kollaps mit nachfolgend stark verringerter Herzleistung auslösen kann.
 - Hypothermie kann eine Bradykardie mit nachfolgend verringerter Herzleistung bewirken.
 - α_2 -Agonisten können die Herzleistung senken und damit eine periphere Vasokonstriktion auslösen.
- Verkürzte kapilläre Rückfüllungszeit kann durch periphere Vasodilatation oder Hyperperfusion hervorgerufen werden. Sie tritt bei einigen Schockformen auf, z. B. beim anaphylaktischen Schock und beim Reperfusionsschaden. Eine Vasodilatation hat eine schlechte Prognose (siehe Kapitel 12.2.1).

Schleimhautfarbe: Die Schleimhautfarbe wird beurteilt.

- Zyanose ist eine bläuliche Färbung des arteriellen Blutes aufgrund eines relativ hohen Gehaltes an nicht oxygeniertem Hämoglobin; sie ist also ein Indikator für einen geringen Sauerstoffgehalt des Blutes. Beim Menschen tritt sie bei einer Menge von 1,5 g deoxygeniertem Hämoglobin ein. Anämische Tiere können hypoxämisch, aber nicht zyanotisch sein, wenn sie keine entsprechenden Mengen an deoxygeniertem Hämoglobin besitzen. Umgekehrt können Tiere, die unter einer Polycythemia vera leiden, schon bei normalen Blutsauerstoffwerten zyanotisch aussehen. Im Rahmen einer Narkose kann ein geringer Blutsauerstoff auftreten, wenn das Tier nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird oder der zugeführte Sauerstoff unzureichend von der Lunge ins Blut diffundiert.
 - Keine ausreichende Sauerstoffzufuhr: Überprüfung der Geräte und Verbindungsschläuche zum Patienten.
 - Unzureichender Übergang des Sauerstoffs von der Lunge ins Blut kann auftreten bei:
 - Primärer Lungenerkrankung mit vergrößertem Totvolumen aufgrund einer verkleinerten Alveolenfläche.
 - Durch geminderte Perfusion der Lungengefäße (z. B. Shunting), wenn eine Gefäßkonstriktion vorliegt oder die Gefäße nicht bis zu den Alveolen vorstoßen, sodass sie nicht an den Sauerstoff herankommen, oder bei Rechts-Links-Shunt, sodass das venöse Blut an der Lunge vorbei zurück in den Körper fließt wie beim Rechts-Links-Shunt durch einen persistierenden Ductus arteriosus.

- Blasse Schleimhäute können durch eine verminderte Herzleistung, Anämie oder periphere Vasokonstriktion (z. B. bei erhöhtem Sympathikotonus durch Aufregung, Schmerzen oder Schock) verursacht sein.
- Extrem gerötete Schleimhäute: Injizierte Schleimhäute können auf eine Polycythemie, Hyperkapnie, hyperdynamische Zustände oder einen vasodilatativen Schock hinweisen.

1.10.3 Arterieller Blutdruck

Systolischer Blutdruck bei Hund und Katze:

- 120 ist normal.
- ≥ 100 ist sicher.
- 80 oder niedriger: Gefahr! Blutdruck erhöhen.
- 60 oder niedriger: akute Lebensgefahr!

(Maß für die Herzleistung und Gewebepfusion.)

Der arterielle Blutdruck ist das Produkt aus Herzleistung und Gefäßwiderstand. Die Aufrechterhaltung des arteriellen Blutdrucks ist wichtig, da ein größerer Abfall zu mangelnder Durchblutung des Hirns, der Nieren und Herzkranzgefäße führen kann. Auf leichte oder mäßige Hypotonie reagiert das sympathische Nervensystem mit einer Vasokonstriktion der Arteriolen zur Aufrechterhaltung des Gefäßwiderstandes, venöser Konstriktion zum Erhalt der Vorlast und erhöhter Kontraktilität des Herzens.

1.10.3.1 Ätiologie und Behandlung der Hypotonie

Ätiologie

- Narkosetiefe: zu tiefe Narkose.
- Anästhetika: Alle Anästhetika mit Ausnahme von Ketamin verursachen eine Atem- und Herz-Kreislaufdepression, einige (wie Thiopental oder Propofol) jedoch stärker. Acepromazin kann bei hohem Sympathikotonus (z. B. Traumapatient) durch α_1 -Blockade eine Hypotonie auslösen.
- Hypovolämie aufgrund von Blutverlusten, Dehydratation, Anaphylaxie, Sepsis etc.
- Hypothermie.

Therapie

Therapie bei Hund und Katze ist indiziert, wenn der systolische Blutdruck ≤ 80 mmHg oder der mittlere Blutdruck ≤ 60 mmHg liegt.

- Reduzierung des Anästhetikums und Überprüfung der Narkosetiefe. Sicherstellen, dass der Patient nicht hypothermisch ist.
- Flüssigkeitsbolus: rasche Verabreichung einer kristallinen Infusionslösung (20 ml/kg).

- Wenn die beiden erstgenannten Maßnahmen nicht greifen, Dopamin ($10\text{--}15\text{ }\mu\text{g/kg/min}$) verabreichen. Dopamin wirkt positiv inotrop.
- **Dobutamin** ist ein besserer β_1 -Stimulator als Dopamin (steigert Herzfrequenz und Kontraktilität) und hat eine größere therapeutische Breite. Damit kann ein größerer Spielraum für einen positiv inotropen Effekt ohne Tachykardie ausgeschöpft werden. Es kann die Herzleistung deutlich steigern, ohne dass der Blutdruck sonderlich ansteigt, da es einen Rückgang des systemischen Gefäßwiderstandes induziert. Der Nachteil ist, dass eine Ampulle Dobutamin 100-mal mehr kostet als eine Ampulle Dopamin.
- Adrenalin ist ein weiteres Sympathomimetikum, das hier angewendet werden kann.
- Der Einsatz von **Adrenalin** sollte auf Herzstillstand oder bevorstehenden Herzstillstand beschränkt werden. Initialdosis $5\text{ }\mu\text{g/kg i.v.}$
- **Phenylephrin** ist ein reiner α_1 -Agonist, der den Blutdruck erhöht, aber die Perfusion verringern kann. Es wird eingesetzt, um den Blutdruck in Fällen zu steigern, in denen hämodynamische Obstruktionen am Herzen vorliegen, sowie bei Patienten, die einen Rechts-Links-Shunt haben. Es hilft, den Druck auf der linken Seite zu erhöhen, sodass weniger Blut von rechts nach links durch den Shunt fließt.

1.10.3.3 Nicht-invasive arterielle Blutdruckmessung

- Ultraschall-Doppler-Sonografiegeräte messen den systolischen Blutdruck. Die Sonde wird über dem peripheren Puls platziert (im Regelfall über der dorsalen Fußarterie oder der Arteria radialis), und die aufblasbare Blutdruckmanschette wird proximal von der Sonde an der Extremität angebracht. Die Sonde enthält zwei Piezokristalle – einer stößt Ultraschallwellen aus, der andere fungiert als Empfänger. Die vorbeiziehenden roten Blutkörperchen verändern die Tonhöhe des Ultraschalls. Wenn die Manschette aufgeblasen wird, wird der Blutfluss in die Extremität unterbunden. In der Folge verstummt das Ultraschallgeräusch. Dann wird der Manschettendruck nach und nach abgelassen, bis man einen Puls hört (Beginn des Blutdurchstromes). Es ist wichtig, eine Manschette zu verwenden, deren Breite bei etwa 40 % des Beinumfangs liegt. Ist sie zu schmal, so wird ein höherer Druck benötigt, um die Arterie abzdücken, was einen artifiziell zu hohen systolischen Blutdruckwert zur Folge hat. Bei einer zu breiten Manschette wird die Blutdruckmessung fälschlich niedrige Werte ergeben.
- Oszillometrisch messende Blutdruckmonitore ermitteln automatisch in regelmäßigen, wählbaren Abständen den systolischen, mittleren und diastolischen Blutdruck. Ein Vorteil dieses Systems liegt darin, dass es den mittleren Blutdruck misst, der ein besseres Maß für die Kapil-

larperfusion ist als der systolische oder diastolische Blutdruck. Die systolische und diastolische Pulsspannung können durch den Gefäßwiderstand oder die technische Durchführung der Messung verfälscht sein. Beim Einsatz eines Oszillometers sollte ein Messabstand von 2,5–3 Minuten oder länger gewählt werden. Häufigere Messungen können zu einer Gewebhypoxie und Ischämie führen. Bei Messungen im Abstand von 1 Minute ist die Manschette 75 % der Zeit aufgeblasen.

1.11 Ventilation und Blutgas-Analyse

1.11.1 Gasaustausch und Säure-Basen-Regulation

Die **Lunge** ist nicht nur wichtig für den Gasaustausch, sondern auch für die Säure-Basen-Regulation.

1.11.1.1 Gasaustausch

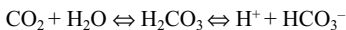
Luft wird durch die Trachea und die luftführenden Atemwege in die **Lungenalveolen** eingeatmet, wo Sauerstoff resorbiert und gegen Kohlendioxid ausgetauscht wird, welches durch die Ausatmung ausgeschieden wird.

- Das Luftvolumen, das mit jedem Atemzug ein- und ausgeatmet wird, ist das **Atemzugvolumen**. Das normale Atemzugvolumen beträgt **10–20 ml/kg**. Das Gesamtvolumen an Luft, das pro Minute in die Lunge gelangt, ist das **Atemminutenvolumen**. Es hat jedoch nicht die gesamte Luft Anteil am Gasaustausch, da ein großer Teil nur in die luftführenden Atemwege (Trachea und Bronchien) gelangt, die nicht am Gasaustausch beteiligt sind. Dieses Volumen an überflüssiger Luft heißt **Totraumvolumen**.
- Eine exaktere Beschreibung der zum Gasaustausch zur Verfügung stehenden Luft ist die **alveoläre Ventilation**, d.h. die Luft, die in die Alveolen gelangt. Da eine bestimmte Menge Luft das Totraumvolumen bildet, ist eine Erhöhung des Atemzugvolumens effektiver als eine Erhöhung der Atemfrequenz, wenn die alveoläre Ventilation erhöht werden soll. Eine Auswirkung ist, dass ein narkotisierter Patient mit einer flachen, schnellen Atmung evtl. weniger ventiliert als mit einer niedrigeren Frequenz, aber tieferen Atmung. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, dass Patienten gelegentlich während der Narkose manuell beatmet werden sollten, um die Anzahl der zum Gasaustausch zur Verfügung stehenden Alveolen zu maximieren.

- **Manuelle Beatmung:** Narkotisierte Patienten können alle 10 Minuten manuell beatmet werden, um atelektatische Alveolen mit Luft zu füllen. Es wird bis zu einem Druck von 10–20 cmH₂O (bei der Katze 10–12 cmH₂O) ventiliert. Es darf nicht überventiliert werden. Überventilation kann die Lunge schädigen und zu einem Pneumothorax führen. Wenn die Lunge mit Luft gefüllt wird, nimmt der venöse Rückfluss ab. Daher ist bei Ventilation des Patienten nur so lange Druck auf den Atembeutel auszuüben, wie eine normale Inspiration dauert. (Das heißt, es darf nicht zu lange Druck auf den Beutel ausgeübt werden.)

1.11.1.2 Regulation der Ventilation

Die alveoläre Ventilation wird durch CO₂-Spiegel, pH-Wert und Sauerstoff reguliert. Dabei ist der CO₂-Spiegel der potenteste Regulator.



Lunge

Ausscheidung über die Niere

- **Ein erhöhter arterieller CO₂-Spiegel** (z. B. bei Bewegung) regt das Atemzentrum an, die alveoläre Atmung zu erhöhen (Hyperventilation), sodass überschüssiges CO₂ abgeatmet werden kann. Wenn überschüssiges CO₂ nicht abgeatmet wird, verbindet es sich im Blut mit Wasser zu Kohlensäure, die zu Bikarbonat und H⁺-Ionen zerfällt. Je mehr CO₂ im Blut ist, desto höher ist der Anteil an H⁺-Ionen und desto niedriger ist der pH-Wert. Daher wird das Tier azidotisch (pH-Wertabfall).
- **Bei niedrigem CO₂-Spiegel** reagiert das Atemzentrum durch Verminderung der alveolären Ventilation, sodass weniger CO₂ abgeatmet wird. Niedrige CO₂-Spiegel verschieben die Gleichung nach links. Folglich fällt die H⁺-Konzentration und das Blut wird alkalischer (pH-Wertanstieg).

1.11.1.3 Säure-Basen-Regulation

Der Körper versucht, den Blut-pH-Wert zwischen 7,35–7,45 konstant zu halten. pH-Werte über oder unter diesem Bereich führen zur Enzymdenaturierung, die schließlich zum Abbruch von zellulären Aktivitäten und damit zum Zelltod führt. Atmung und Nieren arbeiten bei der Aufrechterhaltung des pH-Wertes zusammen. Wenn also durch Über- oder Unterventilation ein Säure-Basen-Ungleichgewicht entsteht, wird dies durch die Nieren kompensiert, indem diese die entsprechenden Mengen an H⁺-Ionen und Bikarbonat zurückhalten oder ausscheiden. Umgekehrt reagiert das Tier auf zu saures oder alkalisches Blut aufgrund eines H⁺- und Bikarbonat-Ungleichgewichtes mit einer reflexhaften Anpassung der Atmung.

Kompensatorische Mechanismen der Säure-Basen-Regulation		
Pathologischer Befund	Ätiologie	Kompensatorischer Mechanismus
Respiratorische Azidose: der Blut-pH ist aufgrund von CO ₂ -Akkumulation im Blut infolge unzureichender Atmung (Hyperkapnie) azidotisch.	• Mangelnder neuraler Impuls zur Ventilation (z. B. Anästhetika, ZNS-Erkrankungen) • Obstruktion der Atemwege • Lungenerkrankungen • Erkrankungen, die die Lungenausdehnung einschränken (z. B. aufgegastr Abdomen, Pleuraerguss)	Die Nieren kompensieren durch vermehrte Exkretion von H ⁺ in den Urin und vermehrte Rückresorption von HCO ₃ ⁻ . Dieser Mechanismus setzt erst nach einigen Tagen ein.
Respiratorische Alkalose: der Blut-pH ist aufgrund eines niedrigen CO ₂ -Spiegels infolge unzureichender Atmung alkalisch.	• Alveoläre Hyperventilation • Angst • Stimulation des Atemzentrums (z. B. Giftaufnahme, Fieber, Meningitis)	Die Nieren kompensieren durch vermehrtes Rückhalten von H ⁺ und vermehrte Exkretion von HCO ₃ ⁻ in den Urin, sodass der HCO ₃ ⁻ -Spiegel im Blut fällt. Dieser Mechanismus setzt erst nach einigen Tagen ein.
Metabolische Azidose: ein niedriger Blut-pH aufgrund einer Zunahme an Säure (außer H ₂ CO ₃) oder Bikarbonatverlust.	Niereninsuffizienz: HCO₃⁻ wird nicht ausgeschieden. Diabetes mellitus mit Ketonkörpern (schwache Säuren). Mangelnde Durchblutung (z. B. Herzerkrankung) führt zu Hypoxie des Gewebes und anaerobem Stoffwechsel, der die schwache Säure Milchsäure produziert. Starke körperliche Belastung produziert Milchsäure. Verlust von HCO₃⁻ durch Durchfall (alkalische Darmsäfte).	Der Atmungsapparat kompensiert in der akuten Situation innerhalb von Minuten bis Stunden durch erhöhte Ventilation. Bei hochgradiger chronischer metabolischer Azidose (z. B. Ketoazidose) können Patienten eine tiefe, angestrenzte Atmung (Kussmaul-atmung) entwickeln. Nierenkompensation: Wenn Niereninsuffizienz nicht die ursprüngliche Ursache für die Azidose ist, reagieren die Nieren mit vermehrter H⁺-Exkretion und HCO₃⁻-Rückresorption. Dies setzt erst nach einigen Tagen ein.

Kompensatorische Mechanismen der Säure-Basen-Regulation		
Pathologischer Befund	Ätiologie	Kompensatorischer Mechanismus
Metabolische Alkalose: niedriger Blut-pH aufgrund einer Zunahme an HCO_3^- oder einem Verlust von H^+ .	• Iatrogen: Aufnahme oder Applikation von HCO_3^-. • Erbrechen: Erbrochenes aus dem Magen (z. B. Pylorusobstruktion oder hohe duodenale Obstruktion) ist sauer.	Kompensation: Kaum respiratorische Kompensation. Diese würde zu einem verminderten pO_2 führen. Niere: vermehrte HCO_3^- -Exkretion und H^+ -Resorption.

1.11.2 Blutgasanalyse

Ist die Ventilation ausreichend?

Atmung

- Frequenz: 8–15/min
- Atemzugvolumen: 10–20 ml/kg
- Atemminutenvolumen: 100–200 ml/kg

Ein Spirometer kann eingesetzt werden, um das Atemzugvolumen und Atemminutenvolumen zu ermitteln. Um herauszufinden, ob die Ventilation ausreichend ist und die Blutgase wie erwartet ausgetauscht werden (d. h. normale Perfusion), werden die Blutgase in einer arteriellen Blutprobe untersucht (z. B. die dorsale Fußarterie). Wenn keine Arterie zugänglich ist, kann Blut aus der Zungenvene verwendet werden, das einen guten Näherungswert ergibt.

1.11.2.1 Interpretation der Blutgasanalyse-Werte

Interpretation der Blutgasanalyse, Bedeutung der einzelnen Parameter	
Parameter	Beschreibung
pH arteriell: 7,35–7,45 venös: 7,30–7,45	Der Blut-pH ist wichtig, weil bei extremen pH-Werten Enzyme und Proteine denaturiert werden und nicht richtig funktionieren können. Bei einem $\text{pH} < 7,2$ sollte der Patient auf eine Azidose hin behandelt werden. Wenn der pH konstant abfällt, sollte evtl. schon behandelt werden bevor er auf 7,2 abfällt. Wenn der $\text{pH} > 7,6$ liegt, sollte auf eine Alkalose hin behandelt werden.

Interpretation der Blutgasanalyse, Bedeutung der einzelnen Parameter	
Parameter	Beschreibung
pCO₂ (CO₂-Partialdruck) arteriell: 30–43 mmHg venös: 35–55 mmHg	CO₂, lösliches Stoffwechselendprodukt; wird von den Zellen produziert und diffundiert in das Blut, wo es zu den Lungen transportiert und abgeatmet wird. Eine Verdoppelung der Ventilation führt zu einer Halbierung des CO₂-Spiegels im Blut. Es gibt viele Ursachen für einen hohen CO₂-Spiegel im Blut. Während der Narkose kann das Tier evtl. nicht ausreichend auf einen erhöhten CO₂-Spiegel reagieren. • Schlechte Ventilation: Bei erhöhtem Zellstoffwechsel registriert das Gehirn den CO₂-Anstieg und gibt dem Körper das Signal, vermehrt zu ventilieren. Alle Anästhetika reduzieren die CO₂-Sensibilität des Gehirns, sodass ein höherer CO₂-Spiegel im Blut notwendig ist, um eine erhöhte Ventilation auszulösen. Opiode und Barbiturate sind starke Atemdepressiva. • Missverhältnis Ventilation-Perfusion: z. B. Pleuraerguss, Pneumonie und Lungenfibrose – die Luft gelangt in die Alveolen, kann aber nicht effizient in den Blutkreislauf absorbiert werden. Dies kann zu einem gewissen Teil kompensiert werden. Wenn der paCO₂ (arterieller CO₂-Partialdruck) ansteigt, registrieren die Chemorezeptoren in der Regel die Veränderung und erhöhen die Ventilation, sodass sich der paCO₂ fast normalisiert. Bei einem Ventilations-Perfusions-Missverhältnis ist der endexpiratorische CO₂-Wert in der Regel viel niedriger als der paCO₂, da die Arterien mit stark deoxygeniertem, CO₂-reichem Blut gefüllt sind, dieses CO₂ aber nicht effizient in die Alveolen abgeben können, damit es abgeatmet wird.
pO₂ (O₂-Partialdruck) arteriell: 85–100 mmHg venös: 25–70 mmHg	pO₂: Der arterielle O₂-Spiegel sagt aus, wie gut die Lunge Sauerstoff aufnimmt. Der arterielle pO₂ ist etwa das 5-fache der eingeatmeten O₂-Konzentration. Da Raumluft 21 % Sauerstoff enthält, sollte der arterielle pO₂ bei Atmung von Raumluft 105 mmHg sein. Bei Atmung von 100 % O₂ (z. B. unter Narkose) sollte der arterielle pO₂ theoretisch bei 500 mmHg liegen. Wenn der pO₂ in den Arterien <80 mmHg ist, ist das Tier hypoxämisch. Ein Tier kann einen guten pO₂ aber einen niedrigen HTK und daher Gewebhypoxie haben.
HCO₃⁻ arteriell: 18–28 mmol/l venös: 20–30 mmol/l	HCO₃⁻: Ein Anstieg von Bikarbonat führt zu einem pH-Wert-Anstieg. Ein veränderter Bikarbonat-Spiegel ist ein Hinweis auf ein metabolisches oder auf ein nicht kompensiertes respiratorisches Problem. Beispielsweise produziert ein Tier mit Herzversagen eine erhöhte Menge an Milchsäure. Die überschüssige Säure reagiert mit dem Bikarbonat, was zu einem Absinken des Bikarbonat-Spiegels führt. Ungewöhnlich hohes Bikarbonat ist meist eine Folge einer Magenabflussobstruktion und dem damit verbundenen Erbrechen sauren Vomit.

Interpretation der Blutgasanalyse, Bedeutung der einzelnen Parameter

Parameter	Beschreibung
Basendefizit (BE) −4 bis +4 mmol/l	Das Basendefizit ist die benötigte Puffermenge, um den pH auf 7,4 zu korrigieren, wenn der $p\text{CO}_2$ bei 40 mmHg ist. Wenn der HCO_3^- -Spiegel von 24 auf 19 abfällt, liegt ein tatsächlicher Basenüberschuss (Base Excess = BE) von −5 vor. Der Standard Base Excess (SBE) ist auf einen CO_2 von 40 mmHg standardisiert. Die Azidose sollte behandelt werden, wenn der SBE < 9 mmol/l ist oder anzunehmen ist, dass er weiter abfallen wird (z. B. bei geringer Herzleistung).

Blutgas-parameter	Definition
pH	< 7,35 = Azidose > 7,45 = Alkalose
paCO_2	> 45 mmHg = Hyperkapnie, Indikator für Hypoventilation < 35 mmHg = Hypokapnie, Indikator für Hyperventilation
paO_2	< 80 mmHg = Hypoxämie

1.11.2.2 Interpretation und Therapie von Patienten mit veränderten Blutgasanalyse-Werten

- Zuerst wird der pH-Wert gemessen, um eine Azidose oder Alkalose festzustellen. Im Anschluss wird untersucht, ob das Ungleichgewicht respiratorisch oder metabolisch bedingt ist, indem der arterielle CO_2 -Partialdruck und der Basenüberschuss ermittelt werden.
- Der arterielle CO_2 -Partialdruck wird gemessen, um den Ventilationsstatus zu bestimmen. Ein erhöhter paCO_2 zeigt eine Hypoventilation an; wenn nun der pH-Wert azidotisch ist, liegt eine respiratorische Azidose vor. Dann muss das Atemminutenvolumen erhöht und ggf. beatmet werden, um die Hypoventilation zu korrigieren. Andererseits zeigt eine Hypokapnie an, dass der Patient hyperventiliert hat; wenn dies mit einem alkalischen Blut-pH verbunden ist, liegt eine respiratorische Alkalose vor.
- Bestimmung des Basenüberschusses: Wenn er niedrig ist und der pH-Wert ebenfalls niedrig ist, liegt eine metabolische Azidose vor. Sind Basenüberschuss und pH-Wert hoch, liegt eine metabolische Alkalose vor.
- In Fällen, in denen sowohl HCO_3^- als auch paCO_2 abnormal sind, muss festgestellt werden, welches Problem primär vorlag und welches kompensatorisch entstanden ist. Bei kompensatorischen Zuständen sollten der paCO_2 (Ventilationsstatus) und der Basenüberschuss (metaboli-

- scher Status) beide abnormal sein, aber in verschiedene Richtungen. Wenn z. B. der pH-Wert aus metabolischen Gründen sauer ist (niedriger Basenüberschuss), sollte das Atmungssystem mit Hyperventilation reagieren, was zu einem erhöhten $p\text{CO}_2$ führt (respiratorische Alkalose). Es ist zu beachten, dass narkotisierten Tieren eine Hyperventilation nur eingeschränkt möglich ist, da die Anästhetika häufig atemdepressiv wirken. Ebenso ist zu beachten, dass metabolische Kompensationsmechanismen den pH-Wert zwar annähernd, aber nicht vollständig normalisieren. Sollte die Kompensation überschießen und in die entgegengesetzte Richtung ausschlagen, sind weitere Störungen zu erwarten.
- Ist der $p\text{CO}_2$ auf 50 mmHg angestiegen (respiratorische Azidose) muss die Ventilation erhöht werden. Ist der $p\text{CO}_2$ normal, sollte das HCO_3^- gemessen werden. Wenn es niedrig ist, hat der Patient eine metabolische Azidose und wird versuchen, durch eine erhöhte Atemfrequenz zu kompensieren (kompensierte respiratorische Alkalose). Dadurch sinkt der $p\text{CO}_2$.
 - Ein $p\text{CO}_2$ von 40 ist nicht immer ideal. Das Ziel ist, den pH bei 7,4 zu halten. Hat das Tier eine metabolische Azidose, wird oft HCO_3^- verabreicht.

Fallbeispiel 1: Ein Hund hat folgende Werte: pH 7,3; $p\text{aCO}_2$ 30 mmHg; HCO_3^- 17 mmol/l, Basenüberschuss von -7 mmol/l. Wie interpretieren Sie diese Werte?

Blutgaswerte	Interpretation
pH = 7,3	Azidotisch
CO_2 = 30	Respiratorische Alkalose (Hyperventilation)
HCO_3^- = -17	Metabolische Azidose
BE = -7	Metabolische Azidose

Der Hund hat eine primäre metabolische Azidose mit kompensatorischer Hyperventilation, die zu einer respiratorischen Alkalose geführt hat. Der pH-Wert ist dementsprechend kaum verändert.

Fallbeispiel 2: Ein Hund mit Opioid-Intoxikation: pH 7,1; $p\text{aCO}_2$ 60 mmHg; HCO_3^- 14 mmol/l, Basenüberschuss von -10 mmol/l.

Blutgaswerte	Interpretation
pH = 7,1	Azidotisch
CO_2 = 60	Respiratorische Azidose (Hypoventilation)
HCO_3^- = -14	Metabolische Azidose
BE = -10	Metabolische Azidose

Dieser Patient hat eine primäre metabolische Azidose, die nicht kompensiert wird, weil die Induktion mit Opioiden eine Atemdepression hervorgerufen hat. Die Ventilation des Hundes sollte erhöht und anschließend eine Blutgasanalyse durchgeführt werden. Wenn das nicht hilft, sollte dem Hund etwas Bikarbonat verabreicht werden.

Im Allgemeinen gilt: Wenn das Basendefizit hoch ist (≥ 10 mmol/l), sollte HCO_3^- verabreicht werden. Da ein Teil des HCO_3^- zu CO_2 umgewandelt wird, muss der Patient immer ventiliert werden, wenn Bikarbonat verabreicht wird.

- $0,3 \times \text{KGW (kg)} \times \text{BE} = \text{benötigte mmol HCO}_3^-$
- $0,5 \times \text{KGW (kg)} \times \text{BE} = \text{benötigte mmol HCO}_3^- \text{ bei Neugeborenen}$

Das Bikarbonat wird langsam i.v. gegeben. $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ der Dosis wird über 30 Minuten infundiert, danach werden die Blutgase gemessen. Eine Überdosierung muss vermieden werden, weil es Tage dauern würde, bis der Körper das überschüssige Bikarbonat ausgeschieden hat.

1.11.3 Pulsoxymetrie

Die Pulsoxymetrie ist eine nicht-invasive Methode zur Bestimmung des Anteils an oxygeniertem Hämoglobin (HbO_2) im arteriellen Blut. Zwar sind die Blutgasanalyse oder das endexpiratorische CO_2 zuverlässigere und sensitivere Messgrößen für die Ventilation und den arteriellen CO_2 -Partialdruck, allerdings ist die Pulsoxymetrie nicht-invasiv, leicht durchzuführen und in Anbetracht der Umstände angemessen zur Überwachung der Oxygenierung während der Narkose oder bei schwerkranken Tieren.

• Indikationen:

- Tiere, bei denen das Risiko einer Hypoxie besteht.
- Überprüfung, dass eine Sauerstoffgabe tatsächlich die Sauerstoffsättigung verbessert.
- Immer, wenn kontinuierliche Überwachung der Oxygenierung geboten ist.

• Anwendungshinweise:

- Die Oxymetersonde wird während des Eingriffs an der Zunge des Patienten befestigt (oder an einer nicht pigmentierten Ohrmuschel oder Pfote). Die Sonde misst die Lichtabsorption des HbO_2 im Vergleich zum deoxygenierten Hämoglobin. Während der Diastole misst sie die Lichtabsorption des dahinter liegenden venösen Blutes, während der Systole die Lichtabsorption in den Arterien. Dann wird die Absorptionsdifferenz für beide Wellenlängen zwischen Systole und Diastole errechnet und so die arterielle Sauerstoffsättigung ermittelt. Die Messwerte werden anhand des paO_2 -Wertes der Blutgasanalyse validiert.