

1 Einleitung

Die Allgemeinanästhesie beim Pferd ist trotz großer Fortschritte weiterhin mit einem im Vergleich zur Humanmedizin und zu anderen Spezies höheren Mortalitätsrisiko verbunden (Johnston et al., 2002; Gozalo-Marcilla et al., 2025; Taylor et al., 2025). Trotz etablierter Standards treten weiterhin unerwartete Todesfälle im perianästhetischen Zeitraum, besonders in der Aufstehphase auf (Dugdale & Taylor, 2016; Laurenza et al., 2020). In der Humanmedizin wird die allgemeine anästhesieassoziierte Mortalität im Bereich von 0,055–0,1 Todesfällen pro 10.000 Anästhesien (Gottschalk et al., 2011; Renner et al., 2015) angegeben, in der Kleintieranästhesie von 0,12–0,69 % (Bille et al., 2012; Redondo et al., 2024). In der Pferdeanästhesie liegen anästhesieassoziierte Mortalitätsraten in einem Großteil der Literatur bei etwa 1 % und höher, wobei die Raten je nach Patientengut, Definitionen und Beobachtungszeitraum stark variieren können und eine Differenzierung von einem reinem Anästhesierisiko und einem eingriffsbezogenen Risiko schwierig ist (Johnston et al., 1995; Johnston et al., 2002; Dugdale et al., 2016; Laurenza et al., 2020; O'Donovan et al., 2023; Gozalo-Marcilla et al., 2025). Diese Unterschiede verdeutlichen die besondere Vulnerabilität des Pferdes unter Allgemeinanästhesie und die Notwendigkeit, Mortalität und ihre Determinanten klinikspezifisch einzuordnen (Deutsch & Taylor, 2022). Die ersten formalen Erhebungen zur perioperativen Mortalität beim Pferd wurden in den 1980er-Jahren etabliert, seither wurden wiederholt Veränderungen in Pharmakologie, Applikationsformen, Monitoring und perioperativem Handling evaluiert (Taylor et al., 2025). Diese Veränderungen werden mit einer Reduktion berichteter Mortalitätsraten in Verbindung gebracht, beispielsweise von 1,9 % im Rahmen der Confidential Enquiry into Perioperative Equine Fatalities 2-Studie (CEPEF 2-Studie) aus dem Jahr 2002 (Johnston et al., 2002) auf 1,2 % in der CEPEF 4-Studie im Jahr 2025 (Gozalo-Marcilla et al., 2025). Prospektive, multizentrische Erhebungen sind selten, bilden jedoch durch heterogene Populationen, einem breiten Eingriffsspektrum und methodische Konsistenz bei klarer Endpunktdefinition wichtige Referenzen für die Vergleichbarkeit (Haller et al., 2011; Deutsch & Taylor, 2022). CEPEF 2 identifizierte unter anderem höheres Alter, Frakturversorgung und Eingriffe außerhalb der regulären Arbeitszeit als Risikofaktoren (Johnston et al., 2002). Mit CEPEF 4 liegt nun eine weitere große, internationale, multizentrische Studie

vor, die unter moderneren Rahmenbedingungen Ansatzpunkte für Verbesserungen herausarbeitet (Gozalo-Marcilla et al., 2025).

Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, Mortalitätsraten und Todeszeitpunkte auch in Einrichtungen zu untersuchen, deren Population durch einen hohen Anteil an Notfällen und zeitkritischen Eingriffen geprägt ist, da sich Risikoprofile und Ergebnisraten dadurch substantiell verschieben können (Johnston et al., 2002; Deutsch & Taylor, 2022; Gozalo-Marcilla et al., 2025). Die vorliegende Studie analysiert daher die perianästhetische sowie die anästhesieassoziierte Mortalität einer universitären Pferdeklinik über einen Zeitraum von zwölf Jahren mit Fokus auf patientenbezogene sowie eingriffs- und anästhesiebezogene Risikofaktoren, um die internationale Evidenz um eine klinikspezifische Perspektive zu ergänzen. Ein zusätzlicher Schwerpunkt liegt auf der Dokumentationsqualität, da Mortalitätsraten und Risikofaktoren wesentlich von Vollständigkeit und Standardisierung der Datenerhebung abhängen und retrospektive Analysen bei Dokumentationslücken zu systematischen Verzerrungen neigen können (Haller et al., 2011; Deutsch & Taylor, 2022). Die Arbeit untersucht daher auch, wie sich Umfang und Struktur der digitalen Dokumentation über zwölf Jahre verändert haben und welche Konsequenzen sich daraus möglicherweise für die Interpretierbarkeit der Daten ergeben.

2 Literaturübersicht

2.1 Perianästhetisches Risiko und Mortalität

Als allgemeines Narkoserisiko wird das Risiko bezeichnet, welches von den in der Anästhesie verwendeten Pharmaka und Methoden ausgeht (Alef & Oechtering, 1998). Unter der anästhesieassoziierten Mortalität versteht man die Mortalität, die direkt durch anästhesiologische Maßnahmen verursacht wird (Gottschalk et al., 2011).

Der Beginn der klinischen Allgemeinanästhesie wird auf das Jahr 1846 mit der ersten Demonstration einer Ätheranästhesie datiert (Muir & Hubbell, 2008). Der erste anästhesiebezogene Todesfall beim Menschen wurde 18 Monate später am 28.01.1948 unter Chloroformnarkose dokumentiert (Knight & Bacon, 2002). Erste Berichte zur Durchführung der Allgemeinanästhesie beim Pferd stammen aus dem Jahr 1847 (Moens, 2025). Trotz dieser nahezu gleich langen historischen Entwicklung ist das Anästhesierisiko im Vergleich zum Menschen und zu anderen Tierarten erhöht (Johnston et al., 2002; Gozalo-Marcilla et al., 2025; Taylor et al., 2025). Die Ergebnisse entsprechender Studien variieren unter anderem in Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Definition der anästhesieassoziierten Mortalität, des berücksichtigten perianästhetischen Zeitraums sowie der Fallzahlen und Einschlusskriterien (Haller et al., 2011). In multizentrischen Studien aus der Humanmedizin wird eine Mortalität zwischen 0,055 und 0,1 Todesfällen pro 10.000 Anästhesien berichtet (Gottschalk et al., 2011; Renner et al., 2015). Eine unizentrische Untersuchung aus Frankreich beschreibt eine Todesrate von 0,12 % bei gesunden Hunden und Katzen sowie 1,35 % bei Einbeziehung erkrankter Tiere (Bille et al., 2012) und eine globale multizentrische Studie mit hoher Fallzahl ergab eine Gesamtmortalität von 0,69 % bei Hunden (Redondo et al., 2024). Mit dem Einzug der Allgemeinanästhesie in die Pferdepraxis wurden auch die damit verbundenen Mortalitätsraten und Risiken dokumentiert (Jones, 2001). Eine frühe monozentrische Studie aus dem Jahr 1983 berichtete unter Einbeziehung aller in einer Klinik durchgeführten Anästhesien von einer perianästhetischen Mortalität von 2,7 % (Tevik, 1983). Innerhalb dieser Untersuchung wurde die Allgemeinanästhesie selbst lediglich in 0,8 % der Fälle als Todesursache angegeben. Im Vergleich dazu ergaben Studien, die sich spezifisch auf die Allgemeinanästhesie im Rahmen einer Laparotomie bezogen, Mortalitätsraten zwischen 6,9 % und 10,5 % (Ducharme et al., 1983; Hodgson & Dunlop, 1990). Im Jahr 1987 veröffentlichte

die Klinik für Pferde der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover bereits eine retrospektive Untersuchung zur perianästhetischen Mortalitätsrate, bei der es in 52 von 3.051 Allgemeinanästhesien (1,71 %) zum spontanen Versterben oder Versterben des Patienten aufgrund einer anästhesieassoziierten Komplikation kam. 51 der 52 verstorbenen Patienten wurden in der Studie als Risikopatient eingestuft und waren zum Großteil Kolikpatienten (Bombeck, 1987). Eine weitere Untersuchung, in der Laparotomien ausgenommen wurden, wies eine Mortalität von 0,68 % aus (Young & Taylor, 1993). Im Jahr 2002 ermittelte die bis dahin größte multizentrischen Studie eine Mortalität von 1,9 % nach sieben Tagen postoperativ bzw. 0,9 %, wenn Kolikpatienten nicht berücksichtigt wurden (Johnston et al., 2002). In einer 2013 veröffentlichten monozentrischen Studie, welche die anästhesieassoziierten Todesfälle während des gesamten Klinikaufenthalts nach größtenteils planbaren operativen Eingriffen erfasste, lag die Mortalitätsrate bei 0,5 % (Czupalla & Gerhards, 2013). Eine monozentrische Studie aus dem Jahr 2007 berichtete eine perioperative Mortalitätsrate von 0,12 % bei ebenfalls überwiegend elektiven Eingriffen, welche sich durch Verlängerung des Beobachtungszeitraums auf sieben Tage auf 0,24 % verdoppelte (Bidwell et al., 2007). Spätere vergleichbare Studien ergaben anästhesieassoziierte Mortalitätsraten zwischen 1,1 % und 1,4 % (Dugdale et al., 2016; Laurenza et al., 2020). Bei alleiniger Betrachtung elektiver Eingriffe lagen die Werte bei 0,9 % (Dugdale et al., 2016) bzw. 0,96 % (Laurenza et al., 2020). Für Kolikpatienten wies die Studie von Dugdale et al. (2016) eine Mortalitätsrate von 1,6 % aus. Eine groß angelegte multizentrische Kohortenstudie aus dem Jahr 2025, die Todesfälle innerhalb von sieben Tagen nach Allgemeinanästhesie erfasste, berichtete eine Gesamtmortalität von 1,2 %. Bei Ausschluss von Kolikpatienten lag diese bei 0,6 %, während Kolikpatienten für sich genommen eine Mortalitätsrate von über 4 % aufwiesen (Gozalo-Marcilla et al., 2025). Eine retrospektive unizentrische Studie von Myhre et al. (2024) untersuchte die anästhesieassoziierte Morbidität von 243 Allgemeinanästhesien für eine magnetresonanztomographische Untersuchung und zeigte keine Todesfälle. Es traten mehrere Komplikationen auf, welche bis auf eine Fraktur des Karpus mit nachfolgender Arthritis innerhalb weniger Tage reversibel waren. Eine derart schwerwiegende Komplikation kann, auch wenn es sich nicht um einen Todesfall handelt, etwa aus wirtschaftlichen Gründen sekundär in einer Euthanasie und damit Verlust des Patienten münden (Myhre et al., 2024; Taylor et al., 2025)

2.2 Perianästhetische Komplikationen

2.2.1 Intraanästhetische Komplikationen

2.2.1.1 Herzstillstand und Arrhythmie

Ein Herzstillstand bzw. ein perioperativer kardiovaskulärer Kollaps wurde in Studien aus den 1990er-Jahren bei bis zu einem Drittel der Todesfälle nach elektiven Eingriffen als ursächlich beschrieben (Johnston et al., 2002; Johnston et al., 2004). Auch bei Pferden, die präoperativ als gesund eingestuft wurden, trat ein Herzstillstand auf (Bidwell et al., 2007). Als mögliche Erklärung wird eine erhöhte vagale Stimulation durch den Eingriff diskutiert (Bidwell et al., 2007). Des Weiteren können Medikamentenüberdosierungen, Hypovolämie durch starken Blutverlust oder Schockgeschehen sowie Myokardhypoxie ursächlich sein (Schatzmann & Girard, 1984; Schatzmann, 1995). Der Herzstillstand kann in der Einleitungs- oder Aufwachphase der Allgemeinanästhesie auftreten, erfolgt in den meisten Fällen jedoch während der Narkoseerhaltung (Bidwell et al., 2007). Trotz der beschriebenen Blutvolumenverschiebung ist Herzversagen während des Krantransports nur vereinzelt beschrieben (Hopster et al., 2016; Conde Ruiz & Junot, 2018). Zu den Risikofaktoren zählen die Induktion der Allgemeinanästhesie mit volatilen Anästhetika, ein höheres Lebensalter, Operationen außerhalb der regulären Arbeitszeiten, die Art der klinischen Einrichtung (Laurenza et al., 2020) und die intraoperative Lagerung des Patienten (Johnston, 2004). Die Wahl des Inhalationsanästhetikums kann eine Rolle spielen (Taylor et al., 2025). Halothan verursacht im Vergleich zu Isofluran eine ausgeprägtere myokardiale Depression und begünstigt durch Katecholamine ausgelöste Dysrhythmien (Lees & Tavernor, 1970; Rasis et al., 2000). Mit zunehmender Verwendung von Isofluran und später auch Sevofluran wurde eine geringere Häufigkeit kardiovaskulärer Zwischenfälle, insbesondere bei Hochrisikopatienten, in Zusammenhang gebracht (Johnston et al., 2004; Taylor et al., 2025). Im Rahmen der CEPEF 3-Studie konnte zwar kein genereller Vorteil hinsichtlich der Gesamtmortalität unter Isofluran im Vergleich zu Halothan nachgewiesen werden, jedoch war das Risiko kardiovaskulär bedingter Todesfälle bei jungen gesunden Pferden unter Isofluran niedriger (Johnston et al., 2004). In jüngeren Untersuchungen wurde insgesamt ein selteneres Auftreten intraoperativer Herzstillstände berichtet. So konnte in einer retrospektiven Studie an überwiegend Voll- und Warmblutpferden kein intraoperativer Herzstillstand

festgestellt werden (Dugdale & Taylor, 2016). In einer weiteren retrospektiven Analyse an 401 Kaltblutpferden wurden hingegen sechs Fälle von Herzstillstand während oder unmittelbar nach der Anästhesie beschrieben (O'Donovan et al., 2023). Während der Anteil der Todesfälle, die auf ein Herzversagen zurückzuführen waren, in der CEPEF 2-Studie von 2002 noch bei 33,2 % lag, ergab die CEPEF 4-Studie aus dem Jahr 2025 einen Wert von 11,5 % (Johnston et al., 2002; Gozalo-Marcilla et al., 2025).

Arrhythmien treten während der Allgemeinanästhesie bei Pferden in etwa 5–6 % der Fälle auf, sind häufig selbstlimitierend und werden daher selten dokumentiert (Parviainen & Trim, 2000; Deutsch & Taylor, 2022). Beschrieben wurden unter anderem atrioventrikuläre Blöcke 2. und 3. Grades, die nicht auf eine Therapie mit Atropin ansprachen und zum Herzstillstand führten, sowie ventrikuläre Tachykardien bis zur Entwicklung von Kammerflimmern während der Anästhesie beim Fohlen (Coudry et al., 2007) oder bei adulten Pferden in der Aufwachphase (Bidwell et al., 2007). Intraoperative Tachykardien gelten bei abdominalchirurgischen Eingriffen als Risikofaktor für eine erhöhte Mortalität (Proudman et al., 2006; Adami et al., 2020).

Reflektorische Mechanismen wie der okulokardiale Reflex oder Manipulationen viszeraler Strukturen können Bradyarrhythmien, Hypotension und im Einzelfall Herzstillstand verursachen (Short & Rebhun, 1980; Raffe et al., 1986; Parviainen & Trim, 2000; Taylor & Clarke, 2007). Bradykardie und Asystolie wurden zudem nach Liquorpunktion bei Fohlen beobachtet (Bennell and Bardell 2021). Beim adulten Großpferd werden Herzfrequenzen unter 28 pro Minute als bradykard bezeichnet, während Werte unter 25 pro Minute als behandlungsbedürftig gelten (Grubb & Muir III, 1998). Bei gut trainierten Sportpferden können physiologisch niedrigere Frequenzen auftreten (Schatzmann, 1995). AV-Blöcke 2. Grades treten häufig in Kombination mit Bradykardien auf, verschwinden unter Bewegung oder Narkose und gelten als erwarteter Befund nach α_2 -Agonisten-Gabe (Trim, 2005). Postoperativ werden Arrhythmien vor allem innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem chirurgischen Eingriff beobachtet. Dabei können supraventrikuläre Extrasystolen sowie atrioventrikuläre Blockaden auftreten (Morgan et al., 2011).

2.2.1.2 Hypotension

Hypotension zählt zu den häufigsten intraoperativen Komplikationen und stellt einen relevanten Risikofaktor während der Allgemeinanästhesie besonders unter Inhalationsanästhesie (Laurenza et al., 2020). Definiert ist sie in der Literatur als ein Absinken des mittleren arteriellen Blutdrucks unter 60-70 mmHg für einen Zeitraum von mindestens 10–15 Minuten (Richey et al., 1990; Parviainen & Trim, 2000; Hubbell & Muir, 2009; Hubbell & Muir, 2015). Sie ist vor allem unter Inhalationsanästhesie regelmäßig beschrieben (Muir & Hubbell, 2009; Wagner, 2009), tritt unter totaler intravenöser Anästhesie dagegen seltener auf (Bettschart-Wolfensberger et al., 2005; Mama et al., 2005). Die Inzidenz für gemischte Pferderassen variiert zwischen 42 % bei elektiven Eingriffen (Parviainen & Trim, 2000) und 88 % bei Kolikoperationen (Adami et al., 2020), konnte jedoch durch frühzeitiges intraoperatives medikamentöses Management auf 10,9 % herabgesenkt werden (Meier et al., 2024). In einer Studie ausschließlich an Kaltblutpferden lag sie bei 55,9 %, wobei auch dort Kolik- und andere Notfallpatienten ein höheres Risiko für das Auftreten einer Hypotension aufwiesen als elektive Fälle (O'Donovan et al., 2023). Als Ursachen gelten die Verabreichung von Anästhetika, Blutverlust, mechanische Ventilation und die Körperposition des Patienten (Muir & Hubbell, 2009). Eine Lagerung in Rückenlage führt dabei beispielsweise im Vergleich zur Seitenlage zu einer ausgeprägteren Blutdrucksenkung (Blissitt et al., 2008). Begünstigt wird die Entwicklung einer Hypotension durch systemische Erkrankungen wie Dehydratation, Schockgeschehen, metabolische Azidose, Elektrolytstörungen oder Herzrhythmusstörungen (Muir & Hubbell, 2009). Hypotension wird mit einer verlängerten Aufstehphase (Lindsay et al., 1989; Voulgaris & Hofmeister, 2009) und einer verminderten Aufstehphasenqualität assoziiert, selbst wenn sie nur kurzzeitig auftritt (Hector et al., 2020). Aufgrund der potenziell weitreichenden Folgen auf Kreislauf und das Auftreten zahlreicher postoperativer Komplikationen gilt eine kontinuierliche intraoperative Blutdrucküberwachung sowie ein sofortiges therapeutisches Eingreifen als essenziell (Wagner, 2008; Tünsmeier et al., 2015).

2.2.1.3 Hypoxämie

Eine Hypoxämie ist definiert als ein Abfall des Sauerstoffpartialdrucks (PaO_2) unter 60 mmHg (Day et al., 1995; Voulgaris & Hofmeister, 2009; Hubbell & Muir, 2015) oder eine periphere Sauerstoffsättigung unter 90 % (Voulgaris & Hofmeister, 2009). Ventilationsassoziierte Komplikationen treten bei einem

Großteil der Pferde unter Allgemeinanästhesie auf und resultieren überwiegend aus einem Ventilations-Perfusions-Missverhältnis durch das Kollabieren abhängiger Lungenabschnitte (Hubbell & Muir, 2015; Auckburally & Nyman, 2017; Mosing & Senior, 2018) sowie einer lagerungs- und medikamentös bedingten Hypoventilation (Stefanik et al., 2021). Genaue Angaben zur Häufigkeit intraoperativer Hypoxämie existieren nur eingeschränkt. Meier et al. (2024) beschrieben bei 1.226 Fällen gemischter Eingriffe eine Inzidenz von 9,4 %. Eine eingeschränkte Oxygenierung ($\text{PaO}_2 < 80 \text{ mmHg}$) ist in 3,8–12,2 % der Fälle berichtet (Whitehair & Willits, 1999). Bei medianen Laparotomien steigt das Auftreten auf 12–23 % (Pascoe et al., 1983; Hovda et al., 2022), wobei Patienten mit Läsionen des Dickdarms ein besonders hohes Risiko tragen (Marchese et al., 2022). Prädisponierende Faktoren sind männliches Geschlecht, das Vorliegen einer Hypotension sowie Notfalloperationen (Whitehair & Willits, 1999; O'Donovan et al., 2023). Auch ein Körpergewicht über 550 kg, ein inspiratorischer Spitzendruck unter $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ (Hovda et al., 2022), ein Body Condition Score von 6 oder mehr (Loomes & Louro, 2022) sowie Trächtigkeit bei Kaltblutstuten (O'Donovan et al., 2023) erhöhen das Risiko. Eine narkosebedingte Hypoventilation kann in der Aufwachphase fortbestehen und eine Hypoxämie verursachen (Mason et al., 1987). Eine Veränderung der Seitenlage sollte in dieser Phase vermieden werden, da sie die Hypoxämie steigern kann (Mason et al., 1987; Fernandez & Bardell, 2024). Auch in dieser Phase ist ein erhöhtes Körpergewicht ein zusätzlicher Risikofaktor für eine Hypoxämie (Fernandez & Bardell, 2024). Kontrollierte Beatmung während der Narkose führt zu einer besseren Oxygenierung in der frühen Aufwachphase, ist jedoch mit einer Phase der Apnoe verbunden (Bardell et al., 2020). Permissives Hyperkapnie-Management kann die Zeit bis zur spontanen Ventilation (Thompson & Bardell, 2016) sowie bis zum Stehen (Brosnan et al., 2012) verkürzen. Im Einklang damit zeigten Kolikpatienten, die während der Allgemeinanästhesie mit einem konstant positiven endexpiratorischen Druck in Kombination mit intermittierenden Rekrutierungsmanövern beatmet wurden, kürzere Aufstehphasen und benötigten weniger Aufstehversuche als Pferde, die ausschließlich eine kontrollierte mechanische Beatmung erhielten (Hopster et al., 2011).

Trotz der klinischen Bedeutung konnte ein direkter Zusammenhang zwischen intraoperativer Hypoxämie und erhöhter Mortalität bislang nicht nachgewiesen werden (Auckburally & Nyman, 2017; Laurenza et al., 2020; Bennell et al., 2022; Hovda et al., 2022; Taylor et al., 2025). Eine intraoperative Hypoxämie

wurde jedoch mehrfach als Risikofaktor für Komplikationen in der Aufstehphase (Rüegg et al., 2016; Meier et al., 2024) sowie das Auftreten postoperativer Morbidität beschrieben (Schatzmann, 1995). Einzelfallberichte verweisen zudem auf postanästhetische Hirnnekrosen infolge kombinierter Hypoxämie und Hyperkapnie bei länger andauernden Eingriffen (McKay et al., 2002), ein erhöhter Anteil an Wundinfektionen nach unzureichender Oxygenierung während medianaer Laparotomien (Costa-Farré et al., 2014) sowie ein dokumentierter Herzstillstand nach inadäquater globaler Sauerstoffversorgung (McGoldrick et al., 1998). Eine ausreichende Oxygenierung wird dementsprechend als wesentliche Voraussetzung für eine komplikationsfreie Erholung angesehen (Stefanik et al., 2021).

2.2.1.4 Hyperkapnie

Beim Pferd führt die ausgeprägte Empfindlichkeit gegenüber den atemdepressiven Effekten von Inhalationsanästhetika in Kombination mit Muskelrelaxation und der Lagerungsposition während der Allgemeinanästhesie häufig zu einer Hypoventilation mit konsekutivem Anstieg des arteriellen Kohlenstoffdioxidpartialdrucks (PaCO_2) (Steffey et al., 1987; Wagner, 2008). Werte zwischen 35 und 45 mmHg gelten als Normokapnie, Werte von 45–70 mmHg als moderate und solche von 75–85 mmHg als schwere Hyperkapnie (Wagner et al., 1990; Wagner, 1993, 2008). Als trainingsphysiologische Besonderheit toleriert das Pferd hohe PaCO_2 -Werte mangels einer adäquaten hyperventilatorischen Gegenreaktion unter Belastung (Bayly et al., 1989). Eine moderate Hyperkapnie kann durch sympathische Aktivierung und den Anstieg endogener Katecholamine zu einer Erhöhung von Herzzeitvolumen und arteriellem Blutdruck führen (Wagner et al., 1990). Diese permissive Hyperkapnie kann unter Umständen vorteilhaft sein und bei zuvor beatmeten Pferden die Zeit bis zum Wiedererlangen der Spontanatmung sowie die Aufstehphase ohne Qualitätsverlust verkürzen (Brosnan et al., 2012; Thompson & Bardell, 2016). Ausgeprägte Hyperkapnien sind jedoch mit einer erhöhten Inzidenz von respiratorischer Azidose, Arrhythmien, gesteigertem intrakraniellen Druck und zentralnervöser Depression verbunden. Eine weitere Zunahme des PaCO_2 kann zu zusätzlicher Atemdepression führen und sollte daher vermieden werden (Wagner, 1993; Brosnan et al., 2003; Wagner, 2008). In einer retrospektiven multizentrischen Studie wurde intraoperative Hyperkapnie als Risikofaktor für Inzisionshernien nach La-

parotomien von trächtigen Stuten beschrieben (Klein et al., 2023). In einer Untersuchung an Kaltblutpferden war das Auftreten von Hyperkapnie, unabhängig von der Art der Ventilation, nicht mit einer erhöhten Mortalität assoziiert (O'Donovan et al., 2023). Meier et al. (2024) berichteten eine Inzidenz von 29,9 % hyperkapnischer Pferde, wobei in der Mehrzahl spontane Atmung vorlag. Ein signifikanter Einfluss auf die Qualität der Aufstehphase konnte dabei nicht nachgewiesen werden.

2.2.1.5 Hypothermie

Physiologisch liegt die Körperkerntemperatur adulter Pferde zwischen 37,2 °C und 38,5 °C (Green et al., 2005; Hines, 2017) und zwischen 37,5 °C und 38,5 °C bei Fohlen (Parsons, 2008). Unter Allgemeinanästhesie tritt eine Hypothermie beim Pferd häufig auf (Mayerhofer et al., 2005; Deutsch & Taylor, 2022). Durá et al. (2025) dokumentierten bei 117 mittels ösophagealem Temperatursensor überwachten Pferden eine Kernkörpertemperatur von unter 35,5 °C bei 97 Pferden während Allgemeinanästhesie. Mayerhofer et al. (2005) definierten eine Körpertemperatur unter 37 °C als Hypothermie und beschrieben ein Auftreten bei 73 von 75 Pferden während einer Inhalationsanästhesie mit einer Dauer zwischen 47 und 159 Minuten. Die Rektaltemperatur fiel dabei linear um durchschnittlich $0,8 \pm 0,6$ °C pro Stunde Anästhesiedauer ab. In anderen Studien wurde Hypothermie erst ab einer Körpertemperatur von 35,5 °C (Durá et al., 2025) oder 35 °C für mindestens 15 aufeinanderfolgende Minuten definiert (Voulgaris & Hofmeister, 2009; Gozalo-Marcilla et al., 2025). Als Risikofaktoren gelten eine niedrige Umgebungstemperatur sowie eine feuchte Körperoberfläche (Mayerhofer et al., 2005). Bei Fohlen begünstigt der im Verhältnis zum Körpergewicht hohe Anteil an Körperoberfläche einen beschleunigten Wärmeverlust (Knottenbelt et al., 2013). Zusätzlich verlieren die Tiere während der Inhalationsnarkose über die Ventilation mit kühlem Frischgas Wärme (Hopster & Kästner, 2012). Hypothermie wird in der Praxis häufig nicht erkannt, da sie ohne gezieltes Monitoring klinisch schwer zu erfassen ist (Voulgaris & Hofmeister, 2009). Gozalo-Marcilla et al. (2025) stellten fest, dass intraoperatives Temperaturmonitoring mit einem reduzierten Mortalitätsrisiko assoziiert war, obwohl die Ursache dieses Effekts unklar blieb. Dennoch wurde die Körpertemperatur in weniger als der Hälfte der Fälle in der CEPEF 4-Studie dokumentiert. Eine intraoperative Hypothermie wirkt sich negativ auf die Aufstehphase aus (Mayerhofer et al., 2005; Voulgaris & Hofmeister, 2009).