

Narkoserisiko bei Pferden – Eine retrospektive Studie anhand von 1.989 Narkosen

Ines Czupalla¹ und Hartmut Gerhards²

Tierklinik Nossen¹ und Chirurgische Abteilung der Klinik für Pferde der LMU München²

Zusammenfassung

Anhand einer retrospektiven Narkoseprotokollauswertung sollte der Frage nachgegangen werden, wie hoch die narkosebedingte Todesfallrate (Todesfälle im Zeitraum von der Narkoseeinleitung bis Ende der Aufstehphase) und die anästhesieassoziierte perioperative Todesfallrate (Todesfälle nach der Aufstehphase, aber noch während des Klinikaufenthaltes) bei 1.989 in Allgemeinanästhesie untersuchten beziehungsweise behandelten Pferden im Zeitraum von 2006 bis 2011 war. Ferner sollte geprüft werden, welche Faktoren zu einer Erhöhung des Narkoserisikos beigetragen haben. Die Grundlage lieferten die Narkoseprotokolle von 2.440 narkotisierten Pferden über den Zeitraum von der Narkoseeinleitung bis einschließlich der Aufstehphase und der postoperativen Phase bis zur Entlassung oder zum Tod. Insgesamt 1.989 Narkosefälle konnten für die statistische Analyse herangezogen werden. Anhand der in den Narkoseprotokollen vermerkten Befunde wurden alle narkotisierten Pferde gemäß der US-amerikanischen Fachgesellschaft für Anästhesiologie einer Risikogruppe (ASA-Klasse) zugeordnet. In 93,5% der Fälle wurden Narkosen bei ASA-1 Patienten und in 6,5% bei Risikopatienten (ASA-Klasse 2–5) durchgeführt. Der Anteil an Inhalationsnarkosen betrug 89,2%. 10,8% der Narkosen waren Injektionsnarkosen. Zum größten Teil (93,2%) handelte es sich um planbare (elektive) Eingriffe. Nur 6,8% waren Notoperationen. Kein Pferd starb während der eigentlichen Narkose (Einleitung bis zum Verbringen in die Aufwachbox). Vier der 1.989 Pferde kamen im Rahmen der Aufstehphase ums Leben. Die narkosebedingte Todesfallrate betrug somit 0,2% (4/1.989). Sechs der 1.985 Pferde, die Narkose und Aufstehphase überlebt hatten, verstarben nach der Aufstehphase, aber noch während des Klinikaufenthaltes (anästhesieassoziierte perioperative Todesfallrate 0,3%). Dementsprechend lag das gesamte Narkoserisiko (narkosebedingte Todesfallrate + anästhesieassoziierte perioperative Todesfallrate) bei 0,5% (10/1.989). Das Todesfallrisiko korrelierte mit der ASA-Klasse bzw. mit dem Gesundheitszustand des Patienten. Nach Ausschluss der Risikopatienten betrug das gesamte Narkoserisiko für die verbliebenen 1.859 Patienten noch 0,3% (6/1.859). Dem gegenüber stieg das gesamte Narkoserisiko für Pferde mit Vorerkrankungen (ASA 2–5) auf 3% (4/130) an. Für Pferde mit Kolik, die oft ein hoch- bis höchstgradig gestörtes Allgemeinbefinden (ASA 4–5) aufwiesen, wurde eine narkosebedingte Todesfallrate von 3,6% (2/55) ermittelt. Schlechtes Allgemeinbefinden vor der Anästhesie ($p = 0,004$) und längere Narkosedauer ($p = 0,002$) führten zu einer signifikanten Erhöhung des Risikos, Narkose und Eingriff nicht zu überleben. Vornehmlich alte Pferde waren von erschwerten Aufstehphasen betroffen ($p < 0,001$). Pferde mit einem gestörtem Allgemeinbefinden entwickelten öfters eine intraoperative Hypotonie ($p < 0,001$) und zeigten vermehrt erschwerte Aufstehphasen ($p < 0,001$). Zusätzlich bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem schlechtem Allgemeinzustand und der Entstehung von postoperativen Nervenschäden ($p = 0,009$). Während Weichteiloperationen kam es am häufigsten zu intraoperativen Hypotonien ($p < 0,001$). Operationen im Kopf-/Halsbereich wiesen den höchsten Anteil an unkontrollierbaren Blutungen auf ($p < 0,001$). Pferde in Rückenlage zeigten öfters einen Blutdruckabfall ($p < 0,001$) genauso wie jene, die lange in Narkose waren ($p < 0,001$). Eine lange Narkosedauer stellte sich außerdem als hoch signifikanter Risikofaktor für die Entstehung einer intraoperativen Bradykardie ($p < 0,001$) sowie postoperativer Nervenschäden ($p < 0,001$) und schlechter Aufstehphasen ($p < 0,001$) heraus. Zwischen der Gabe von Acepromazin zur Sedierung und der Entstehung einer intraoperativen Hypotonie bestand ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,003$). Eine präoperative Gabe von Acepromazin ging mit dem Auftreten einer intraoperativen Hypoventilation einher. Der Zusammenhang war signifikant ($p < 0,001$). Das gesamte „Narkoserisiko“ (narkosebedingte Todesfallrate + anästhesieassoziierte perioperative Todesfallrate) war mit 0,5% unter den Bedingungen dieser Studie verhältnismäßig niedrig. Der Allgemeinzustand des Pferdes unmittelbar vor der Narkose und die Narkosedauer erwiesen sich als signifikante Einflussfaktoren für die Entstehung von Komplikationen in der Aufstehphase. Beim Vergleich von Studien über Narkoserisiken muss definiert sein, welcher Zeitraum der eigentlichen Allgemeinnarkose und des postoperativen Zeitraums betrachtet wurde. Für Todesfälle im Zeitraum von der Narkoseeinleitung bis zum Ende der Aufstehphase wird der Begriff „narkosebedingte Todesfallrate“ und für Todesfälle, die sich nach der Aufstehphase, aber noch während des Klinikaufenthaltes ereignen (z.B. Patienten mit Kolitis X) wird der Begriff „anästhesieassoziierte perioperative Todesfallrate“ vorgeschlagen. Die terminologische Differenzierung ist erforderlich, weil mit „Narkoserisiko“ meist Todesfälle, die sich unmittelbar im Zusammenhang mit der Allgemeinnarkose ereignen, in Verbindung gebracht werden, während in den Zahlenangaben größerer Studien auch Todesfälle in einem mehr oder weniger langen postoperativen Zeitraum eingeschlossen sind, was zu einer Überschätzung des Narkoserisikos führt. Ferner müssen bei der Risikobetrachtung sowohl Angaben zur Indikation der Narkose bzw. zur Eingriffsart (Wahl- oder Notfallingriff) als auch zur ASA-Klasse und das durchschnittliche Alter der betrachteten Patientenpopulation mitberücksichtigt werden.

Schlüsselwörter: Pferd / Narkose / Narkoserisiko / Narkosezwischenfall / Narkosekomplikation / Anästhesiologie

Risk of general anesthesia in horses – A retrospective study on 1.989 cases

Purpose of the study: To determine the incidence of fatalities in horses undergoing general anesthesia for examinations or surgical procedures from 2006 to 2011 at an Equine University Clinic (Munich), to differentiate between fatalities occurring in the time period from induction of anesthesia to recovery (anesthesia-related fatalities) and fatalities occurring after recovery but before discharge from the clinic (anesthesia-associated perioperative fatalities), and to identify risk factors for complications of general anesthesia. Material and Methods: Out of 2,440 anesthesia and medical records 1,989 anesthesia cases could be used for statistical evaluation. The evaluation covered the time period from induction of anesthesia to discharge from the clinic or until death. Based on documented clinical findings in the records, each horse patient was classified according to the American Society of Anesthesiology specialist (ASA-classification). 93.5% were healthy horses and 6.5% were high risk patients. The anesthesia record included 89.2% inhalation anesthesia, and 10.8% injectable anesthesia. 93.2% were elective surgeries. 6.8% were emergency procedures. Results: Ten of 1,989 anesthesia cases had a fatal outcome. Thus, the overall

anesthesia related mortality rate was 0.5%. No horse died during maintenance of anesthesia (induction to placement in the recovery box). Four of the 1,989 (0.2%) horses died or had to be euthanized during recovery. One horse died because of cardiac arrest. Three other horses had to be euthanized due to prolonged recumbency in the recovery stall after colic surgery, myelomalacia and a fracture of the proximal humerus. Six of the 1,985 horses which had survived general anesthesia and recovery died in the postoperative period after recovery but before discharge, the anesthesia-associated perioperative mortality rate being 0.3%. Two of these 6 horses died from colitis x, one had a fatal pleuropneumonia, and another horse died from a large colon torsion. One mare became recumbent because of severe ataxia as a result of an activated severe facet joint arthrosis. The sixth patient had colic surgery and subsequently died of peracute circulatory collapse. By excluding the high risk patients, the overall mortality rate decreased to 0.3% (6/1,859). For horses with a poor general condition (ASA 2–5) the mortality rate was to 3% (4/130). In horses with colic and an ASA 4–5 risk, the mortality rate increased to 3.6% (2/55). A reduced general condition ($p=0.004$) and a long anesthesia time ($p=0.002$) lead to a high risk for perioperative mortality. Older horses were more frequently affected by harder recoveries ($p<0.001$). Horses with a reduced general condition suffered more frequently from intraoperative hypotension ($p<0.001$) and harder recoveries ($p<0.001$). In addition, there was a significant correlation between a reduced general condition and the development of nerve paralysis ($p=0.009$). Soft tissue surgeries also caused intraoperative hypotension ($p<0.001$). Surgeries on the head and neck led to the highest proportion of uncontrollable hemorrhage ($p<0.001$). Horses in dorsal recumbency significantly more often ($p<0.001$) developed a drop in blood pressure, as did horses with a long anesthesia time ($p<0.001$). A long duration of anesthesia effected also bradycardia ($p<0.001$) as well as nerve paralysis and more difficult recoveries ($p<0.001$). The application of acepromazin caused intraoperative hypotension ($p=0.003$) and hypoventilation ($p<0.001$). Conclusion: The overall anesthetic risk for horses in this study was fairly low (0.5%). It was 0.2% for anesthesia-related fatalities and 0.3% for anesthesia-associated perioperative fatalities. A bad general condition of the individual horse and a longer anesthesia time had a significantly negative influence on the development of anesthetic complications. When comparing anesthetic risks from published studies it is mandatory to specify the indications for anesthesia and to specify the type of surgical procedures that have been performed (elective vs. emergency surgery) as well as to specify the patient population that has been included (younger vs. older horses). Discussing “the risks” of general anesthesia in horses it should be differentiated between anesthesia-related fatalities and anesthesia-associated perioperative fatalities because otherwise the actual anesthetic risk may be overestimated.

Keywords: equine / general anesthesia / anesthetic risk / anesthetic complications / anesthesiology / horse

Einleitung

Narkosen (Allgemeinanästhesien) dienen dazu, diagnostische Maßnahmen, Manipulationen und vor allem chirurgische Eingriffe am Patienten für diesen schmerzfrei und ohne schmerz- und/oder angstbedingte Abwehr zu ermöglichen (Larsen 1987, Schatzmann 1995). Jede Allgemeinanästhesie ist bei Pferden (wie bei anderen Spezies) mit Risiken verbunden. Sie hat bei Pferden aber im Vergleich mit anderen Spezies besondere Risiken während der Narkoseunterhaltung und besonders in Aufstehphase, in der es zu Verletzungen kommen kann. Narkoseeinleitung, Unterhaltung und Aufwachphase erfordern daher ständiges Bemühen um höchstmögliche Sicherheit für die Patienten und für während der Aufwachphase Hilfestellung gebende Personen. Das Streben nach Risikominimierung hat in der Vergangenheit zu zahlreichen kritischen Analysen der Narkoseführung und -mortalität geführt und hat zur Identifizierung einiger Risikofaktoren für Allgemeinanästhesien bei Pferden beigetragen. Die Überprüfung der Risikofaktoren und der Vergleich der einzelnen Ergebnisse dienen somit der Bewertung von Qualitätsaspekten der Allgemeinanästhesien und können weitere Hinweise zur Optimierung der Narkosesicherheit liefern.

Vergleichbar mit den Untersuchungen in der Humanmedizin (Fichtner und Dick 1997) wurden seit Mitte der Neunzigerjahre des vergangenen Jahrhunderts auch in der Pferdeanästhesie große epidemiologische Studien zur perioperativen Sterblichkeit durchgeführt (Johnston et al. 1995, Johnston 1996, Johnston et al. 2002, Johnston et al. 2004, Johnston 2005). Durch eine weltweite, systematische und umfangreiche Befragung von medizinischem Personal in Pferdekliniken wurden zuletzt 41.824 Pferdenarkosen analysiert. Hierdurch wurde eine Gesamttodesfallrate von 1,9% ermittelt, wobei die perioperative Sterberate bei Pferden mit Kolik oder Kaiserschnitten mit 11,7% wesentlich höher war als die errechnete Sterberate von 0,9% bei Nicht-Kolikpatienten (Johnston et al. 1995, Johnston et al. 2002, Johnston 2005). Eine aktuelle

epidemiologische Studie hat erst 2012 begonnen (Bettschart und Johnston 2012). Die Zahlenangaben dieser Studien beinhalten meist narkosebedingte Todesfälle + anästhesieassoziierte perioperative Todesfälle, oft ohne dass die einzelnen Phasen gesondert dargestellt werden. Dadurch wird der Eindruck eines im Vergleich mit Allgemeinanästhesien bei anderen Spezies sehr hohen „Narkoserisikos“ bei Pferden erweckt. So wird die 0,9%ige Todesfallrate nach den Untersuchungen von Johnston et al. (2005) in der Pferdeanästhesie als nahezu feststehende Größe für das perioperative Todesfallrisiko angesehen, das z.B. die aktuellen „Standards zur Durchführung von Pferdenarkosen“ mit zwischen 0,5 und 1% angeben (GPM 2010).

In publizierten Arbeiten über das Narkoserisiko bei Pferden aus verschiedenen Kliniken (Abb. 1) lagen die narkosebedingten Todesfallraten zwischen 0,24% und 2,7% (Mitchell 1969, Tevik 1983, Bombeck 1987, Young und Taylor 1993, Mee et al. 1998a, 1998b, Kovac et al. 2002, Bidwell et al. 2007). Angaben aus der Praxis fehlen bisher (GPM 2010). Die häufigsten Gründe für das Auftreten anästhesiebedingter Todesfälle waren nach den bisherigen Angaben Herzstillstände (32%), Frakturen der langen Röhrenknochen (23%) und schwere Myopathien (7%) (Johnston et al. 2002, Johnston 2005, Bettschart und Johnston 2012). Als größte Risikofaktoren für das Gelingen einer Narkose stellten sich das Alter der Pferde, die Narkosedauer, die Art des chirurgischen Eingriffs und die verwendeten Medikamente heraus (Johnston et al. 2004).

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit dem spezifischen Narkoserisiko von Pferdepatienten, die im Zeitraum 2006 bis 2011 an der Klinik für Pferde (LMU München) narkotisiert wurden. Anhand der Zahlen sollte die klinikspezifische Anästhesiequalität im Hinblick auf die Narkosesicherheit bewertet werden. Weiterhin erfolgte die Identifizierung und Analyse von Risikofaktoren für tödliche Zwischenfälle (Czupalla 2012).

Material und Methode

Alle Informationen wurden aus den Narkoseprotokollen und den Eintragungen in den elektronisch geführten Krankenakten der Klinik im Rahmen einer retrospektiven Analyse gewonnen. Unvollständig dokumentierte Narkosen und Narkosen von Folgeoperationen wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen, genauso wie Narkosen, die mit Euthanasie in tabula endeten.

Narkoseanzahl

Insgesamt erfolgte die Evaluierung von 2.440 Narkosen. 362 Pferde wurden mehrmals anästhesiert. Da bei mehrfach narkotisierten Pferden die erste Allgemeinanästhesie negative Voraussetzungen für die Folgenarkose verursachen kann, wurde jeweils nur die erste Narkose der Patienten für die statistische Auswertung herangezogen. 89 Narkosen konnten aufgrund von fehlenden oder ungenauen Daten nicht berücksichtigt werden. Somit kamen 1.989 Narkosen zur Auswertung. Demnach ist die Narkosezahl identisch mit der Patientenzahl.

Patienten

Das Durchschnittsalter der untersuchten Population betrug $8,8 \pm 5,9$ Jahre. Die Hälfte aller in Narkose gelegten Tiere war 6- bis 15-jährig (50,3%, $n = 1000$). Narkosen bei Fohlen wurden in 20 Fällen (1%) durchgeführt. Der Anteil an Warmblutpferden war mit 47,0% ($n = 935$) am höchsten. 36,0% ($n = 717$) der narkotisierten Pferde waren Stuten. Die männlichen Tiere verteilten sich auf 42,7% ($n = 850$) Wallache und 21,2% ($n = 422$) Hengste. Das Durchschnittsgewicht der Patienten lag bei $493,3 \pm 135,6$ kg (21–980 kg). Alle Patienten wurden während der Auswertung anhand der ASA-Patientenklassifikation der amerikanischen Gesellschaft für Anästhesiologie in fünf Gruppen eingeteilt. Davon hatten 1.859 (93,5%) der insgesamt 1.989 narkotisierten Pferde ein ungestörtes Allgemeinbefinden und gehörten demgemäß der ASA-Klasse 1 an. Die ASA-Klasse 2 beinhaltete 49 Patienten (2,5%) mit leichter Allgemeinerkrankung (COB, virale Infektionen des oberen Respirationstrakts, leichte Verletzungen). In

ASA-Klasse 3 wurden 40 Pferde (2,0%) mit schweren Allgemeinerkrankungen (Herzerkrankung, Kolik, fiebrige Samenstrangfistel, Neoplasien) eingestuft. Zur ASA-Klasse IV zählten 36 Tiere (1,8%) mit schwerster Allgemeinerkrankung. Hierzu gehörten vor allem Patienten mit einer akuten Kolik. Fünf Pferde (0,2%) mussten infolge einer Kolikerkrankung im Schock narkotisiert werden. In diesen Fällen war der Tod mit und ohne Operation innerhalb von 24 Stunden zu erwarten gewesen (ASA-Klasse 5).

Operationen

Bei den untersuchten Allgemeinanästhesien handelte es sich mit 93,2% größtenteils um elektive Eingriffe. 6,8% waren Notoperationen, bei denen die Pferde sofort und ohne vorherige Nahrungskarenz narkotisiert werden mussten. Die Mehrzahl der Operationen waren ophthalmochirurgische Eingriffe (64,5%, $n = 1.283$), gefolgt von Weichteilinterventionen (20,4%, $n = 405$) und orthopädischen Behandlungen (10,2%, $n = 199$). Operationen am Pferdekopf und -hals kamen zu 4,7% ($n = 93$) vor. Zehn Narkosen wurden zu diagnostischen Zwecken durchgeführt (Kernspintomographie, Myelographie). 81,9% ($n = 1.629$) der chirurgischen Eingriffe erfolgten in Seiten- und 17,3% ($n = 343$) in Rückenlage. 17 Patienten (0,9%) mussten während der Operation von einer Seiten- in eine Rückenlage umgelagert werden (Kehlkopfpeifer, Tumorentfernung).

Die durchschnittliche Narkosedauer (Einleitung und Unterhaltung) betrug $43,7 \pm 26,3$ Minuten. Die kürzeste Narkose dauerte 10 Minuten (Kammerwasserpunktion), die längste 230 Minuten (Kolik). 58,2% der Narkosen wurden innerhalb der durchschnittlichen Narkosedauer beendet.

Narkosedurchführung

Die Narkosen wurden von unterschiedlichen Personen, zumeist Klinikassistenten in den ersten Jahren der Fachtierarztausbildung, durchgeführt. Alle 1.989 untersuchten Narkosen verteilten sich auf 1.775 Inhalationsnarkosen mit Isofluran (89,2%) und 214 Injektionsnarkosen (10,8%). Vor der anstehenden Allgemeinanästhesie wurde, außer bei Notfäl-

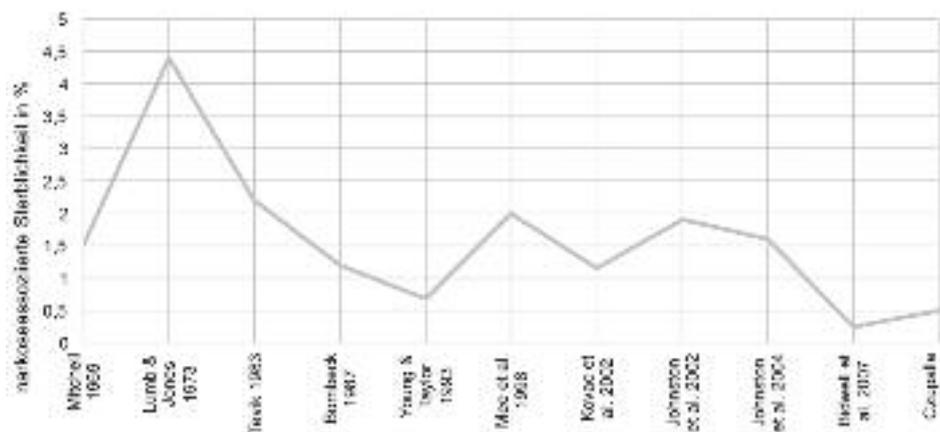


Abb. 1 Graphische Darstellung der Entwicklung der narkoseassoziierten Sterblichkeit bei Pferden anhand von 11 publizierten Arbeiten in einem Zeitraum von 1969 bis 2012. In den zitierten Originalarbeiten ist nicht nach der narkosebedingten Todesfallrate (Todesfälle im Zeitraum von der Narkoseeinleitung bis Ende der Aufstehphase) und der anästhesieassoziierten perioperativen Todesfallrate (Todesfälle nach der Aufstehphase, aber noch während des Klinikaufenthaltes) differenziert.

Development of the equine anaesthetic mortality risk from 11 papers published between 1969 and 2012, without differentiation between anaesthesia related anaesthesia-associated perioperative death rate.

len, eine Futterkarenz von sechs bis zehn Stunden eingehalten, in der die Tiere jedoch freien Zugang zu Wasser hatten. Vor der Prämedikation wurde eine Narkosevoruntersuchung vorgenommen. Im Falle eines gestörten Allgemeinbefindens wurden elektive Eingriffe verschoben. Zur Sedation erhielten die Patienten vornehmlich Xylazin (0,6 mg/kg KGW) und Levomethadon (0,075 mg/kg KGW). 7,6% (n = 149) der Pferde bekamen zusätzlich Acepromazin (0,0–0,05 mg/kg KGW). Hierbei handelte es sich hauptsächlich um nervöse und gestresste Tiere. Die Narkoseeinleitung erfolgte vor einer Inhalationsnarkose bei den meisten Pferden mit Ketamin (2,2 mg/kg KGW) in einer 7,5%-igen Guaifenesin-Lösung in Abhängigkeit vom Wirkungseintritt. Für die Injektionsnarkose wurden die Patienten mit Ketamin und Diazepam (0,04 mg/kg KGW) niedergelegt. Fohlen erhielten Diazepam und inhalierten zur Narkoseinduktion Isofluran. Inhalationsnarkosen wurden nach Intubation mit einem halb geschlossenen Narkosegassystem aufrechterhalten. Zur Einleitung waren je nach Allgemeinbefinden 3–4 Volumenprozent Isofluran in Sauerstoff (5L/500kg KGW) erforderlich. Zur Erhaltung wurde die Menge je nach Pferd auf 1–3 Volumenprozent reduziert. Injektionsnarkosen wurden mit einem Dreikomponententropf je nach Wirkung (Triple-Drip: 500 ml Guaifenesin, 30 ml Ketamin, 3 ml Romifidin) oder mit einer Bolusinjektion aus Ketamin und Xylazin (1/4 der Initialdosis Ketamin 1:1 mit Xylazin) aufrechterhalten. Zur Unterstützung des Kreislaufs bekamen die Patienten eine isotonische Natriumchlorid- oder Ringer-Lösung in einer Dosierung von 3–10 ml/kg/h infundiert. Während der Anästhesie atmeten die Patienten spontan. Zur Narkoseüberwachung kontrollierten die Anästhesisten regelmäßig die Herz- und Atemfrequenz, die okularen Reflexe (außer bei ophthalmologischen Operationen), die Bulbusposition, die Pupillenweite, die Tränenproduktion sowie die Schleimhautfarbe und die kapilläre Wiederfüllungszeit. Zusätzlich standen ein EKG, ein Pulsoximeter, ein Blutgasanalyse-Gerät, ein Kapnograph und Gerätschaften zur invasiven und nicht invasiven Blutdruckmessung zur Verfügung. Als Hypotonie wurde ein Abfall des mittleren arteriellen Blutdrucks unter 60 mmHg angesehen. Hyperkapnie lag bei einem Anstieg des Kohlenstoffdioxidpartialdrucks über 70 mmHg vor. Sämtliche während der Narkose erhobenen Parameter wurden alle fünf Minuten in einem Narkoseprotokoll festgehalten.

Nach der Operation kamen die narkotisierten Tiere in eine gepolsterte Aufwachbox mit rutschfestem Boden. Dort erhielten sie einen Kopfschutz und es wurde ihnen intranasal reiner Sauerstoff (Ventileinstellung: 15 L/min) über einen weichen Silikonschlauch zugeführt. Insgesamt standen 1.335 (67,1%) Pferde nach der Narkose ohne Unterstützung auf. Bei 10,8% (n = 215) wurde die Aufstehphase mit am Kopf und Schweif

befestigten Seilen unterstützt (kontrolliertes bzw. assistiertes Aufstehen durch manuelle Aufstehhilfe). Eine postanästhetische Sedation kam je nach Kreislaufzustand bei 17% (n = 338) der Patienten zum Einsatz. Eine Kombination aus Aufstehhilfe und Nachsedation erhielten 5,1% der Patienten (n = 101).

Statistik

Für die Durchführung der statistischen Berechnung wurde das Programm IBM SPSS Statistics 20 eingesetzt. Quantitative Größen wurden mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests zwischen zwei Ausprägungen verglichen, während der Kruskal-Wallis-Test verwendet wurde, um auf Unterschiede bezüglich der quantitativen Größen zwischen mehreren Kategorien zu testen. Qualitative Variablen wurden mit dem Chi-Quadrat-Test berechnet. Bei zu geringen Häufigkeiten wurde alternativ der exakte Test nach Fischer eingesetzt. Es wurde stets zweiseitig getestet und ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt.

Ergebnisse

Innerhalb von sechs Jahren kam es im Zusammenhang mit 1.989 Narkosen zu 10 Todesfällen (0,5%). Von 1.859 gesunden Pferden (ASA-Klasse 1), die aufgrund von elektiven Eingriffen narkotisiert wurden, verstarben sechs Tiere (0,3%). Wie in Tabelle 1 gezeigt, kamen vier Tiere während der Aufstehphase ums Leben (narkosebedingte Todesfallrate: 0,2%). Patienten, die vor der anstehenden Operation erkrankt waren und die entsprechend ihrer Vorerkrankung in eine hohe Risikogruppe nach ASA eingeteilt worden waren, hatten mit einer Todesfallrate von 3% (4/130) ein deutlich höheres Narkoserisiko als allgemeingesunde Patienten. Für Pferde mit Kolik und präoperativ höchstgradig gestörtem Allgemeinbefinden, wurde eine Todesfallrate von 3,6% (2/55) ermittelt (siehe Tabelle 1). Kein Pferd verstarb während der Narkoseunterhaltung. Während der Aufwachphase erlitt ein Pferd einen Herzstillstand. Drei weitere mussten in diesem Zeitraum euthanasiert werden. Die Gründe hierfür waren Festliegen in der Aufwachbox nach einer Kolikoperation, der Verdacht einer Hämatomyelie sowie eine Epiphysiolyse der proximalen Humerusepiphyse. Während des postoperativen Klinikaufenthaltes kamen insgesamt 6 Pferde ums Leben. Zwei Pferde mussten aufgrund einer schweren Typhlokolitis euthanasiert werden, eines kam einen Tag nach der Operation zum Festliegen und musste wegen einer hochgradigen Ataxie aufgrund einer aktivierten Spondylarthrose eingeschläfert werden. Ein Pferd erlitt eine tödlich endende Pleuropneumonie,

Tab. 1 Übersicht über narkosebedingte Todesfälle von 1.989 narkotisierten Pferde / *Mortality associated with general anaesthesia in 1,989 horses*

	Anzahl Narkosen	Anzahl Todesfälle	Narkosebedingte Todesfallrate in %
Gesamtzahl Todesfälle im Verhältnis zur Gesamtzahl der untersuchten Narkosen	1989	10	0,5
Todesfälle in der Aufstehphase	1989	4	0,2
Todesfälle unter ASA 1-Patienten	1859	6	0,3
Todesfälle unter Risikopatienten (ASA 2–5)	130	4	3,0
Todesfälle unter Kolikpatienten (ASA 4-5)	55	2	3,6

ein weiteres verstarb perakut am Abend nach der Operation aufgrund einer Torsio coli ascendens. Der sechste Patient erlitt nach einer lang andauernden Kolikoperation (230 min) einen Kreislaufzusammenbruch nachdem er bereits aufgestanden war (siehe Tabelle 2).

Narkosekomplikationen

Eine Hypotonie wurde mit 8,2% am häufigsten als intraoperative Narkosekomplikation protokolliert, gefolgt von einer Hypoventilation (Spontanatmung) mit 6,9%. Erschwerte Aufstehphasen, in denen die Tiere über eine Stunde brauchten um sich zu erheben sowie Verletzungen, die einer längeren postoperativen Nachversorgung bedurften, machten mit je 1,2% die am meisten verzeichneten Komplikationen während der Aufstehphase aus. Reversible Nervenschäden wurden in sechs Fällen (0,3%) beobachtet. Dabei traten eine Facialisparese bei einem und eine Radialislähmung bei vier Pferden

auf. Ein Tier erlitt gleichzeitig eine Facialis- und eine Radialislähmung. Eine postoperative Myopathie wurde bei keinem Patienten beobachtet. In der postoperativen Phase traten vor allem Venenschäden (2,4%) und Erkrankungen des Atmungsapparates (0,7%) auf. Postoperative Koliken wurden bei zehn Pferden (0,6%) festgestellt.

Das Narkoserisiko beeinflussende Faktoren

Das Allgemeinbefinden vor der Anästhesie ($p=0,004$) und die Dauer einer Narkose ($p=0,002$) beeinflussten das Risiko, perioperativ zu versterben, signifikant negativ (Tabelle 3). Weiterhin waren vornehmlich alte Pferde (>20 Jahre) von erschwerten Aufstehphasen betroffen ($p<0,001$). Pferde mit einem gestörtem Allgemeinbefinden erlitten öfters eine intraoperative Hypotonie ($p<0,001$) und zeigten vermehrt erschwerte Aufstehphasen ($p<0,001$). Zusätzlich bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem schlechten All-

Tab. 2 Grunderkrankung, ASA-Klassenzugehörigkeit und tödlich verlaufende Komplikation bei 10 Pferden, die während der Aufwachphase bzw. nach einer Inhalationsnarkose zwischen 2006 und 2011 (insgesamt 1.989 Fälle) perioperativ verstarben / *Underlying diseases, ASA-classification and perioperative fatalities in 10 horses after inhalation anaesthesia (1,989 general anaesthetic cases, 2006 - 2011)*

Patient	ASA-Klasse	Diagnose	Operation	Narkosedauer	Komplikation	Narkosezeitraum
21-jährige Vollblut Stute 400 kg	ASA 5	Kolik (Lipoma pendulans)	Laparotomie in Rückenlage	105 min	Festliegen in der Aufwachbox	Aufwachphase
3-jährige Appaloosa Stute 360 kg	ASA 1	Equine rezidivierende Uveitis	Vitektomie in Seitenlage	40 min	Epiphysiolyse des rechten proximalen Humerus	Aufwachphase
2-jähriger Lewitzer Hengst 307 kg	ASA 1	Junghengst mit ungestörtem Allgemeinbefinden	Kastration in Rückenlage	40 min	V.a. Hämatomyelie	Aufwachphase
7-jähriger Pura Raza Espagnol Wallach 500 kg	ASA 3	Siebbein-Hämatom	MRT in Seitenlage	60 min	Herzstillstand in der Aufwachbox <u>Sektion</u> : generalisiertes malignes Lymphom	Aufwachphase
12-jährige Warmblut Stute 650 kg	ASA 1	Equine rezidivierende Uveitis	Vitrektomie in Seitenlage	50 min	aktivierte Spondylarthrose	Postoperativ
7-jähriger Warmblut Wallach 475 kg	ASA 2	Kieferhöhlenempyem	Trepanation in Seitenlage	60 min	Pleuropneumonie	Postoperativ
21-jähriger Süddeutscher Kaltblut Wallach 690 kg	ASA 4	Kolik	Laparotomie in Seitenlage	230 min	perakutes Kreislaufversagen	Postoperativ
16-jährige Shire Horse Stute 687 kg	ASA 1	frakturierter Backenzahn	Trepanation	55 min	Torsio coli ascendens	Postoperativ
1-jähriger Isländer Hengst 90 kg	ASA 1	Equine rezidivierende Uveitis	Vitrektomie in Seitenlage	65 min	Kolitis X	Postoperativ
6-jähriger Warmblut Wallach 550 kg	ASA 1	Hemiplegia laryngis sinistra (Grad 4/5)	Laryngoplastik und Ventrikelektomie in Seiten- und Rückenlage	70 min	Kolitis X	Postoperativ

gemeinzustand und der Entstehung von postoperativen Nervenschäden ($p = 0,009$). Während Weichteiloperationen kam es am häufigsten zu intraoperativen Hypotonien ($p < 0,001$). Operationen im Kopf-/Halsbereich wiesen einen hohen Anteil an unkontrollierbaren Blutungen auf ($p < 0,001$), welche die Anästhesisten zu einer umfangreichen Volumensubstitution zwangen. Außerdem hatten diese Interventionen (mit Ausnahme der Operationen am Pferdeauge) einen signifikanten Einfluss auf das Narkoserisiko ($p = 0,011$). Pferde in Rückenlage zeigten öfters einen Blutdruckabfall ($p < 0,001$) genauso wie jene, die lange in Narkose waren ($p < 0,001$). Eine lange Narkosedauer stellte sich außerdem als hoch signifikantes Risiko für die Entstehung einer intraoperativen Bradykardie ($p < 0,001$) sowie postoperativer Nervenschäden ($p < 0,001$) und schlechter Aufstehphasen ($p < 0,001$) heraus. Zwischen der Gabe von Acepromazin und der Entstehung einer intraoperativen Hypotonie bestand ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,003$). Zusätzlich hing eine intraoperative Hypoventilation signifikant von der präoperativen Gabe von Acepromazin ($p < 0,001$) ab. Inhalationsnarkosen verzeichneten deutlich mehr Narkosekomplikationen als Injektionsnarkosen ($p < 0,001$), welche nur bei ASA-1 Patienten und einer voraussichtlich kurzen Narkosedauer von < 30 Minuten zum Einsatz kamen.

Diskussion

Bei der Analyse von Narkosefällen auf Narkoserisiken müssen das Allgemeinbefinden der narkotisierten Patienten, Probleme der Anästhesieführung sowie Art und Auswirkungen des operativen Eingriffes berücksichtigt werden. Da sich diese Faktoren gegenseitig beeinflussen, sind die Ursachen für narkosebedingte Todesfälle oft schwer zu differenzieren. Aus diesem

Grund wird die perioperative Todesfallrate als Summe der oben genannten Faktoren zusammengefasst, wobei der untersuchte Zeitraum „Narkose“ in den Publikationen der Vergangenheit stark variiert. Ebenso unterschiedlich sind die Studienpopulationen, was den Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Arbeiten erschwert.

Das „Narkoserisiko“ bzw. die Gesamttodesfallrate (Zeitraum von der Narkoseeinleitung bis zur Entlassung) betrug in der vorliegenden Studie 0,5% (10 Todesfälle nach 1.989 Narkosen). Wie in Abbildung 1 dargestellt, liegt dieser Prozentsatz deutlich unter den Angaben vergleichbarer Studien, die Todesfallraten zwischen 0,68% (*Young und Taylor 1993*) und 2% (*Tevik 1983, Bombeck 1987, Mee et al. 1998a und 1998b, Johnston et al. 2002, Kovac et al. 2002, Johnston et al. 2004*) angaben.

Da die narkosebedingte Sterblichkeit in der Vergangenheit wie auch in der vorliegenden Arbeit mit dem präoperativen Gesundheitszustand der narkotisierten Tiere korrelierte, muss beim Vergleich der unterschiedlichen Auswertungen beachtet werden, wie viele Risikopatienten in den untersuchten Populationen vertreten waren. Studien mit Todesfallraten von 1–2% wiesen oft einen höheren Anteil an Pferden mit erheblichen Vorerkrankungen auf (*Tevik 1983, Bombeck 1987, Mee et al. 1998b, Kovac et al. 2002*) als jene Studien, die vornehmlich Narkosen bei elektiven Eingriffen zum Gegenstand hatten (*Mee et al. 1998a, Bidwell et al. 2007*). Das Patientengut der vorliegenden Arbeit enthält, bedingt durch die hohe Anzahl elektiver Eingriffe, zur Mehrheit allgemeingunde Patienten (93,5%). Bei diesen Eingriffen war es, im Gegensatz zu Notfalloperationen, möglich, die Narkosen und Operationen vorzubereiten (Nahrungskarenz, Vorbehandlung) beziehungsweise bei Vorliegen eines schlechten

Tab. 3 Übersicht über die das Narkoserisiko bei Pferden beeinflussenden Faktoren * = Signifikanzniveau: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,001$ / *Factors influencing the anaesthetic risk in horses*

	Alter (über 20 Jahre)	erschwerete Aufstehphasen	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test auf linearem Trend
patientenspezifische Einflussfaktoren	ASA-Klasse	Narkosetod	$p = 0,004$ *	Chi-Quadrat-Test auf linearem Trend
		intraoperative Hypotonie	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test auf linearem Trend
		erschwerete Aufstehphasen	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test auf linearem Trend
		postoperative Neuropathien	$p = 0,009$ *	Chi-Quadrat-Test auf linearem Trend
		postoperative Komplikationen	$p = 0,009$ *	Chi-Quadrat-Test auf linearem Trend
operationspezifische Einflussfaktoren	Weichteiloperationen	intraoperative Hypotonie	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test exakt nach Fischer
	Operationen an Kopf und Hals	Narkosetod	$p = 0,011$ *	Chi-Quadrat-Test exakt nach Fischer
		unkontrollierbare Blutungen	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test exakt nach Fischer
	Rückenlagerung	intraoperative Hypotonie	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test exakt nach Fischer
		ungenügende Narkosetiefe	$p = 0,006$ *	Chi-Quadrat-Test exakt nach Fischer
	Narkosedauer	Narkosetod	$p = 0,002$ *	Mann-Whitney-U-Test
		intraoperative Hypotonie	$p < 0,001$ **	Mann-Whitney-U-Test
		intraoperative Bradykardie	$p < 0,001$ **	Mann-Whitney-U-Test
		erschwerete Aufstehphasen	$p < 0,001$ **	Mann-Whitney-U-Test
		Neuropathien	$p < 0,001$ **	Mann-Whitney-U-Test
postoperative Komplikationen	$p = 0,006$ *	Mann-Whitney-U-Test		
narkosebedingte Einflussfaktoren	Inhalationsnarkosen	Narkosekomplikationen	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test nach Pearson
	Acepromazin	intraoperative Hypotonie	$p = 0,003$ *	Chi-Quadrat-Test nach Pearson
		intraoperative Hypoventilation	$p < 0,001$ **	Chi-Quadrat-Test nach Pearson

Allgemeinzustandes bis zur Wiederherstellung eines ungestörten Allgemeinbefindens zu verschieben, wodurch sich die Narkosesicherheit vermutlich erheblich verbessern ließ. Wie zuvor angenommen, nahmen die tödlichen Narkosezwischenfälle in dieser Untersuchung mit steigender ASA-Klasse zu ($p=0,004$). Dieses Ergebnis stimmt mit denen anderer Autoren überein (Tevik 1983, Hodgson und Dunlop 1990, Mee et al. 1998a und 1998b, Kovac et al. 2002) und überrascht nicht, da in hohen ASA-Klassen meistens Pferde im Schockzustand zu finden sind, die unverzüglich und somit ohne vorherige Nahrungskarenz und mit allenfalls gebesserem Schockzustand operiert werden müssen (Schatzmann 1995, Hall und Clarke 2001, Taylor und Clarke 2006). Im Schock liegt eine hämodynamische Störung vor, die durch den Abfall des Blutdrucks eine Verminderung der Gewebedurchblutung und eine Störung des Zellmetabolismus zur Folge hat. Ausnahmslos alle verabreichten Narkosemittel bewirken bei diesen Patienten eine weitere Verschlechterung der Gesamtsituation (Bombeck 1987, Schatzmann 1995, Taylor und Clarke 2006).

Dass anästhesiologische Interventionen bei schwerkranken Patienten nicht problemlos verlaufen, konnte durch weitere Ergebnisse dieser Arbeit gezeigt werden. Demnach traten Hypotonien ($p<0,001$), erschwerte Aufstehphasen ($p<0,001$), Neuropathien ($p=0,009$) und postoperative Komplikationen ($p=0,009$) häufiger bei Risikopatienten als bei gesunden Tieren auf. Hinzu kommt, dass zwei der 10 perioperativ verstorbenen Patienten dieser Untersuchung Kolikpatienten waren, die nach der ASA-Klassifizierung den Klassen 4 und 5 zugeordnet wurden. Der Tod trat bei diesen Patienten jedoch vielmehr als Folge des Zusammenspiels von Grunderkrankung und Wirkung der Anästhetika ein und darf nicht allein auf die Narkose zurückgeführt werden (Kovac et al. 2002). Daher muss beim Vergleich der Ergebnisse der einzelnen Arbeiten differenziert werden, in wie weit postoperative Todesfälle mit einbezogen wurden, die eher im Zusammenhang mit der ursprünglichen Erkrankung standen (Tevik 1983, Bombeck 1987, Hodgson und Dunlop 1990, Mee et al. 1998b, Johnston et al. 2002, Bidwell et al. 2007). Postoperative Peritonitiden oder Koliken nach Kolikoperationen (z.B. ein paralytischer Ileus) sind z.B. höchstwahrscheinlich nicht narkosebedingt, sondern auf die Grunderkrankung zurückzuführen und verfälschen das Ergebnis der „anästhesiebedingten Todesfallrate“ (Tevik 1983). Deshalb wird die in Material und Methoden beschriebene Begriffsdifferenzierung vorgeschlagen, die es gestatten sollte, die Angaben zum Risiko zu präzisieren und vergleichbarer zu machen.

Die vorliegende Auswertung untersuchte den gesamten postanästhetischen Klinikaufenthalt der Patienten. Im Vergleich dazu evaluierten Johnston et al. 2002 und Bidwell et al. 2007 mit sieben Tagen nach der Operation einen von vorn herein festgelegten postoperativen Zeitraum. Die Autoren der vorliegenden Studie entschieden sich für die Untersuchung des gesamten stationären Aufenthaltes bis zur Entlassung, damit Fälle postoperativer Pleuropneumonien oder Typhlokolitiden nicht unentdeckt blieben. Gerade bei der sogenannten Kolitis X, die heutzutage glücklicherweise wesentlich seltener anzutreffen ist als in früheren Jahren, spielen stressinduzierte Faktoren eine wesentliche Rolle (Wollanke und Gerhards 2003 und 2006, May 2007). Eine Narkose kann daher, wie auch bei zwei Pferden der hier untersuchten Population, indi-

rekt neben dem Transport, dem Klinikaufenthalt sowie diverser Untersuchungen und Medikamentenapplikationen mit zur Entstehung dieser gefürchteten Erkrankungen beitragen. Des Weiteren können in Folge der Intubation Futterreste und Keime aus der Maul- und Rachenhöhle in die tieferen Atemwege gelangen und dort nach durchschnittlich 5 bis 8 Tagen zu lebensbedrohlichen Pleuropneumonien führen (Seung-Ho et al. 2004, Rainger et al. 2006, Klohnen 2009). Bei einem Pferd der hier betrachteten Narkosefälle entwickelte sich eine tödlich endende abszedierende Pleuropneumonie, nachdem der Wallach aufgrund eines Kieferhöhlenempyems und einer Nasenmuschelnekrose chirurgisch versorgt worden war. Die ersten klinischen Anzeichen traten in diesem Fall allerdings erst am zwölften Tag nach der Narkose auf.

Bidwell et al. (2007) werteten 17.961 Narkosen einer großen US-amerikanischen Privatklinik aus und berichteten über eine narkosebedingte Todesfallrate von nur 0,12%. Diese bezog sich auf Todesfälle, die intraoperativ oder während der Aufstehphase auftraten. Die postoperative Phase wurde hierbei nicht berücksichtigt. Dennoch ist das Ergebnis äußerst niedrig und bemerkenswert. Es stimmt mit der narkosebedingten Todesfallrate für gesunde Kleintiere überein (Bille et al. 2012).

Die zu Bidwell et al. (2007) vergleichbare perioperative Todesfallrate der hier evaluierten Narkosepatienten betrug 0,2%. Beide Studien haben gemeinsam, dass die Narkosen überwiegend für elektive Eingriffen mit einer relativ kurzen Narkosedauer durchgeführt wurden. Weiterhin verwendeten beide Kliniken ein standardisiertes Narkoseprotokoll. Ein möglicher Unterschied besteht in der untersuchten Population. So gaben Bidwell und Mitarbeiter (2007) an, dass die zu betreuenden Pferde meist großen Gestüten angehörten, deren Verantwortliche über ein entsprechendes Fachwissen bezüglich der Pferdehaltung verfügen. So wurden die meisten Pferde in Notsituationen unverzüglich in der Klinik vorgestellt wo lebensrettende Maßnahmen rasch eingeleitet werden konnten.

Es ist erwiesen, dass die Narkosedauer einen großen Einfluss auf die Entstehung von Narkosekomplikationen hat (Richley et al. 1990, Young und Taylor 1990 und 1993, Johnston et al. 2002, Kovac et al. 2002). So erhöht eine lange Narkosedauer die Dosis des zugeführten Isoflurans, welches depressiv auf Herz- und Kreislauffunktionen wirkt. Isofluran hemmt das Vasomotorenzentrum im Hirnstamm, wodurch Noradrenalin in der Peripherie freigesetzt wird. Dadurch wird die vasopressorische Kreislaufregulation ausgeschaltet. Zusätzlich kommt es durch die Erhöhung des Vagotonus am Herzen zur Bradykardie und zur Abnahme der Kontraktionskraft (Löscher 2006). Die hier gemachten Beobachtungen unterstreichen, dass es bei längeren Narkosen häufiger ($p=0,002$) zu perioperativen Todesfällen kam. Ebenso bestand ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen einer langen Narkosedauer und einem intraoperativen Abfall der Herzfrequenz unter 24 Schläge pro Minute ($p<0,001$) sowie der Entwicklung einer intraoperativen Hypotonie ($p<0,001$).

Die hier untersuchten Narkosen setzten sich aus einem hohen Anteil Inhalationsnarkosen (89,2%) und einem geringeren Anteil Injektionsnarkosen (10,8%) zusammen. Letztere wurden hauptsächlich bei sehr kurzen Eingriffen wie zum Beispiel

Kammerwasserpunktionen eingesetzt. Die Narkosedauer lag hier zwischen zehn und fünfzehn Minuten. Des Weiteren kamen sie aufgrund der schlechteren Steuerbarkeit nur bei gesunden Pferden infrage. Anhand dieser Aspekte wird klar, weshalb Narkosekomplikationen in der vorliegenden Studie fast ausschließlich bei Inhalationsnarkosen registriert wurden ($p < 0,001$).

Neben der Narkoseart und -dauer beeinflusst auch die Lagerung auf dem Operationstisch das Narkoserisiko. So wird in Rückenlage durch das Gewicht der abdominalen Viscera ein vermehrter Druck auf die kaudale Hohlvene ausgeübt. Dies vermindert den venösen Rückstrom zum Herzen wodurch wiederum das Herzminutenvolumen gesenkt wird. Dies zieht sekundär einen Abfall des arteriellen Blutdrucks mit all seinen Folgen nach sich (Schatzmann 1995). Demzufolge wurde in dieser Auswertung zwischen der Lagerung auf dem Rücken und der Entstehung einer intraoperativen Hypotonie eine hoch signifikante Abhängigkeit ($p < 0,001$) festgestellt. Des Weiteren bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer ungenügenden Narkosetiefe und der Lagerung auf dem Rücken ($p = 0,009$). Neben dem Druck der Viscera auf die kaudale Hohlvene wird in Rückenlage ebenso Druck auf die Lunge ausgeübt. Da das Pferd ein besonders schräg gestelltes Zwerchfell besitzt, sind die Auflagefläche der abdominalen Eingeweide und die damit verbundene Lungenkompression groß. So ist der Anteil an Atelektasen in Rückenlage wesentlich höher als in Seitenlage (Schatzmann 1995). Atmet das Pferd in Rückenlage nicht oder nur unzureichend, wird es unter Spontanatmung schwer, durch Kompression des Atembeutels eine adäquate Lungenbelüftung herzustellen. In der Folge inhaliert der Patient nicht genügend Isofluran und die Narkosetiefe nimmt ab.

Lagerungsschäden wurden in dieser Auswertung sehr wenig verzeichnet. So betrug die Morbiditätsrate für postoperative Neuropathien nur 0,3% (6/1.989). Myopathien traten nicht auf. Dieses gute Ergebnis ist vermutlich auf die intraoperative Lagerung auf einer Luftmatratze (Equine Surgery Table Systems, Snell Air Matress, England) zurückzuführen. Diese Unterlage hat den Vorteil einer variablen Anpassung an wechselnde anatomische Gegebenheiten. Des Weiteren trägt auch eine lange Narkosedauer zu Lagerungsschäden bei (Richey et al. 1990, Wolgjen und Keller 1991). Die eigenen Ergebnisse bestätigen diese These. So stellte sich die Narkosedauer als hoch signifikant für die Entstehung einer Nervenlähmung heraus ($p < 0,001$). Die durchschnittliche Narkosedauer der Pferde, die eine Neuropathie erlitten, war mit $98,3 \pm 32,7$ Minuten doppelt so hoch wie die durchschnittliche Narkosedauer aller 1.989 untersuchten Tiere.

Rasse und Geschlecht der Pferdepatienten wurden in vergangenen Studien nicht als ausschlaggebende patientenspezifische Einflussfaktoren für die Entstehung von Narkosezwischenfällen identifiziert (Johnston et al. 2002, Kovac et al. 2002). Dieses Ergebnis wird durch die vorliegende Arbeit bestätigt. Entgegen den Erwartungen nahm auch das Körpergewicht (Lebendmasse) der Tiere keinen Einfluss auf Narkosekomplikationen. In mehreren Untersuchungen wurde jedoch das Alter des Pferdes als ein wichtiger Faktor für die Überlebenschancen des narkotisierten Pferdes herausgearbeitet. So waren Fohlen mit einem Alter unter sechs Monaten und Pferde über 14 Jahren prädisponiert für narkosebedingte Todes-

fälle (Johnston et al. 2002, Johnston et al. 2004). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stehen allerdings im Gegensatz zu dieser Aussage. Eine signifikante Abhängigkeit zwischen dem Patientenalter und dem Narkosetod konnte nicht nachgewiesen werden. Es stellte sich jedoch heraus, dass Pferde mit einem Alter von über 20 Jahren signifikant häufiger unter erschwerten Aufstehphasen litten als jüngere Tiere ($p < 0,001$). Dieses Resultat erstaunt nicht, da mit zunehmendem Alter vermehrt Erkrankungen wie Arthrosen im Bereich der Halswirbelsäule oder der Gliedmaßen auftreten, genauso wie osteoporotische Veränderungen der Knochensubstanz (Johnston et al. 2002). Weiterhin wurde nachgewiesen, dass bei alten Pferden die Herz-, Leber- und Nierenfunktion häufiger eingeschränkt sind, und Lunge und Stoffwechsel öfters Schädigungen aufweisen (Tóth 2012), weshalb ältere Pferde nach Narkosen längere Rekonvaleszenz-Zeiten benötigen.

Das Phenothiazinderivat Acepromazin ist bekannt für seine vasodilatatorische und hypotensive Wirkung, die auf einem -adrenolytischen Effekt in der Peripherie beruht (Löscher 2006, Muir 2009). Aus diesem Grund ist es nicht verwunderlich, dass bei den mit Acepromazin prämedizierten Pferden während der Narkose eine Hypotonie auftrat ($p = 0,003$). Dieses Ergebnis erklärt, warum Acepromazin nicht bei Schockpatienten angewendet werden sollte. Zusätzlich wurde eine hoch signifikante Abhängigkeit zwischen der Gabe von Acepromazin und einer unzureichenden Atemfrequenz während der Narkose ermittelt ($p < 0,001$). Muir (2009) weist darauf hin, dass unter Acepromazin die Atemfrequenz sinkt, das Atemzugvolumen aber steigt und so Atemminutenvolumen und Blutgaswerte relativ stabil blieben. Daher ist das Ergebnis höchstwahrscheinlich auf die hohe Narkosetiefe (chirurgische Toleranz III) während der großen Anzahl ophthalmochirurgischer Eingriffe zurückzuführen. In diesem Fall potenzieren sich die depressiven Wirkungen des Acepromazins auf das ZNS und des Isoflurans (Muir 2009). In der Folge nimmt die Atemtätigkeit ab. Während Operationen am Pferdekopf und im Bereich des Halses (mit Ausnahme der Operationen am Pferdeauge) traten am häufigsten zeitweilig schwer zu stillende Blutungen ($p < 0,001$) auf. Dies ergibt sich aus der sehr guten Durchblutung dieser Region, die für den Chirurgen teilweise nur schwer zugänglich ist. Das erschwert die Visualisierung von Gefäßen und das Setzen von Ligaturen. Außerdem können beispielsweise chirurgische Interventionen aufgrund eines Siebbeinhämatoms oder einer Luftsackmykose nicht konkret vorhersehbare und sehr starke Blutungen nach sich ziehen, woran die Patienten verbluten können. Dies erklärt auch, weshalb bei Operationen am Pferdekopf und -hals signifikant häufiger tödliche Narkosezwischenfälle ($p = 0,011$) verzeichnet werden konnten. Allerdings beruhen diese Todesfälle weniger auf der Narkosedurchführung sondern vielmehr auf den Risiken, die die Operation mit sich bringt. Sie sollten daher für die Bewertung des „Narkoserisikos“ nicht herangezogen werden.

Weichteiloperationen standen im Zusammenhang mit dem Auftreten einer intraoperativen Hypotonie ($p < 0,001$). Dies erstaunt nicht, da zu dieser Gruppe alle Kolikoperationen gezählt wurden. Bei diesen bedingen die mit Ingesta oder Gas gefüllten Därme in Rückenlage einen nochmals höheren Druck auf die Vena cava caudalis (Schatzmann 1995). Des Weiteren kann der Zug an den Eingeweiden einen erhöhten Vagotonus bewirken (Gasthuys und De Moor 2006). Zusätz-

lich ist bekannt, dass Endotoxine im Blut über den Tumor-Nekrose-Faktor und den Plättchenaggregationsfaktor im fortgeschrittenen Schockstadium eine ausgeprägte arterielle Hypotonie hervorrufen können (Kovac et al. 2002).

Um das Narkoserisiko des Pferdes zu umgehen, werden in der Pferdepraxis immer mehr chirurgische Eingriffe am stehenden, tief sedierten Pferd durchgeführt, wie es vor der Zeit der routinemäßigen Verwendung der Inhalationsanästhesie zwangsläufig nötig war. So sind neben Zahnextraktionen (Pearce 2011), Trepanationen (Tresmaine 2011), Arthroskopien (Bertone 2011, Richardson 2011), Sequesterektomien (Bertone 2011) und Laparoskopien (Lloyd 2011, Wilderjans 2011) auch Operationen am Kehlkopf (Ducharme 2011), Behandlungen von Kondylusfrakturen (Schofield 2011) und die Entfernung von Platten und Schrauben nach Osteosynthesen (Bertone 2011) am stehenden Patienten beschrieben. Vor allem Operationen am Pferdeauge stellen immer häufiger eine Indikation für derartige Eingriffe dar (Hewes et al. 2007, Pollock et al. 2008, Tóth 2010, 2012). Laut Tóth (2012) existiert gerade bei ophthalmochirurgischen Eingriffen ein hohes Risiko für Narkosezwischenfälle. Diese Annahme beruht vermutlich auf der vagalen Stimulation (okulokardialer Reflex), die bei Manipulationen am Auge zu Bradykardie, Hypotonie und Asystolie führen kann (Short und Rebhuhn 1980, Alef und Oechtering 1998). Parviainen und Trim (2000) untersuchten in einer retrospektiven Studie die Häufigkeit anästhesiebedingter Komplikationen nach Augenoperationen. Sie stellten fest, dass die Aufstehphase der Augenpatienten signifikant schlechter verlief als die der augengesunden Kontrollgruppe. Als Begründung nannten sie eine Desorientierung durch Visusverlust (zum Beispiel durch einen Kopfverband oder eine Eukleation). Diese Beobachtungen können durch die vorliegende Arbeit nicht bestätigt werden. Trotz der mehrheitlichen Anzahl an Operationen am Pferdeauge (64,5%) ließ sich kein Zusammenhang zwischen derartigen Eingriffen und dem Auftreten von komplikationsbehafteten Aufstehphasen sowie einer intraoperativen Bradykardie und Hypotonie feststellen. Im Gegensatz dazu wurde hier gezeigt, dass bei einem hohen Anteil ophthalmochirurgischer Interventionen relativ wenige Narkosezwischenfälle auftraten. Ferner können die aufstehenden Pferde wirksam unterstützt werden, sollte dieses in Einzelfällen erforderlich sein (Kästner 2010). Dabei wird oft nicht zur Kenntnis genommen, dass Eingriffe am stehenden Pferd durchaus nicht ohne anästhesiebedingte Risiken sind. Immer wieder ist anekdotisch und forensisch von Stürzen, Niedergehen und unbeholfenen und somit verletzungsträchtigen Aufstehphasen während und/ oder nach Eingriffen unter tiefer Sedierung und Lokalanästhesie zu hören, auch mit tödlichem Ausgang. Solange keine vergleichbaren Komplikationsübersichten bei Stehendeingriffen publiziert sind, ist es – insbesondere angesichts der aktuellen niedrigen narkosebedingten Todesfallrate – kaum möglich, zu überprüfen, ob Eingriffe am stehenden Pferd anästhesiologisch tatsächlich risikoärmer sind.

Dennoch können chirurgische Eingriffe am stehenden Patienten bei älteren Tieren, bei Vorliegen von orthopädischen Erkrankungen oder bei trächtigen Stuten begründet und vorteilhaft sein (Tóth 2012). Allerdings muss auch hier mit Komplikationen gerechnet werden. So können Pferde auf schmerzhafte Manipulationen mit heftigen Abwehrbewegungen reagieren, wenn Sedationstiefe und Analgesie nicht aus-

reichend waren. Des Weiteren bewirkt eine tiefe Sedation ebenfalls eine kardiorespiratorische Depression und birgt die Gefahr des Niederstürzens des Tieres (Ringer et al. 2012). Die Folgen sind Verletzungen des Pferdes, des Personals sowie eine Kontamination des sterilen Operationsfeldes mit anschließenden Wundinfektionen. Außerdem müssen bei Stehendoperationen meist Zugeständnisse an die Qualität des chirurgischen Eingriffs gemacht werden. Daher stellt die routinemäßige und sichere Anwendung von Allgemeinnarkosen unter Inhalationsanästhesie, deren Einführung Anfang der 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts die beeindruckende Entwicklung und routinemäßige Durchführung von komplexen chirurgischen Eingriffen (orthopädische Operationen, Frakturbehandlungen, Laparotomien, intraokulare Eingriffe, Wundversorgungen, ausgedehnte Weichteiloperationen) bei Pferden erst ermöglicht haben, weiterhin ein unverzichtbares Element der Pferdechirurgie dar.

Zusammenfassend sind die hohe Anzahl an Patienten mit ungestörtem Allgemeinbefinden und elektiven Eingriffen sowie die niedrige durchschnittlichen Narkosedauer von $43,7 \pm 26,3$ Minuten, in der 58,2 % der evaluierten Narkosen durchgeführt werden konnten, ausschlaggebend für die relativ geringe narkosebedingte Todesfallrate von 0,2% der hier untersuchten Narkosefälle. Neben dem geringen Anteil lang andauernder Operationen, wie beispielsweise chirurgische Eingriffe bei Kolik, waren das zügige Vorbereiten des Patienten für die Operation und das stetige Bestreben, die Operationsdauer und damit die Narkosedauer bei exakter Vorgehensweise so kurz wie möglich zu halten, entscheidend für die relativ kurze durchschnittliche Narkosedauer und damit indirekt vermutlich auch für die geringe perioperative Sterblichkeit. Des Weiteren stimmen die Autoren der Ansicht von Bidwell et al. (2007) zu, dass die Verwendung eines standardisierten Narkoseverfahrens ein entscheidender Faktor für eine sichere Narkoseführung ist, da die Anästhesisten unter diesen Bedingungen mit den Wirkungen und Dosierungen der verwendeten Medikamente bestens vertraut sind.

Dennoch darf bei Allgemeinanästhesien bei Pferden, trotz aller Bemühungen und trotz optimaler Narkosebedingungen, niemals von einem völlig risikolosen Eingriff ausgegangen werden. Die Indikation für die Durchführung einer Operation unter allgemeinanästhetischen Bedingungen ist daher stets sorgfältig zu prüfen. Zusätzlich bleibt die präoperative Risikoaufklärung der Besitzer ein fester Bestandteil des Narkosemanagements, die mit Hilfe der hier ermittelten Ergebnisse nach Eingriffsart und präoperativem Zustand der Patienten sowie den betrachteten Phasen differenziert erfolgen kann.

Literatur

- Alef M. und Oechtering G. (1998) Überlegungen zum Narkoserisiko. Tierärztl. Praxis 26, 302-314
- Bertone A. L. (2011) Standing surgery and use of local anesthesia techniques. in: Proceedings of the Annual Meeting of the Italian Association of Equine Veterinarians, Montesilvano, 2011, S. 5 - 9
- Bettschart R. und Johnston G. M. (2012) Confidential enquiry into perioperative equine fatalities: CEPEF 4 - a chance to gain new evidence about the risks of equine general anaesthesia. Equine Vet. J. 44, 7
- Bidwell L. A., Bramlage L. R. und Rood W. A. (2007) Equine perioperative fatalities associated with general anaesthesia at a private practice – a retrospective case series. Vet. Anaesth. Analg. 34, 23-30

- Bille C., Auvigne V., Libermann S., Bomassi E., Durieux P. und Rattez E. (2012) Risk of anaesthetic mortality in dogs and cats: an observational cohort study of 3546 cases. *Vet. Anaesth. Analg.* 39, 59-68
- Bombeck F.-J. (1987) Untersuchungen über die an der Klinik für Pferde im Zeitraum von 1975 bis 1985 durchgeführten Narkosen unter besonderer Berücksichtigung der Narkosezwischenfälle. Diss. Med. Vet Hannover
- Czapalla I. (2012) Evaluation des Narkoserisikos an der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München. Diss. Med. Vet. München
- Ducharme N. G. (2011) Laser surgery in the upper respiratory tract. in: Proceeding of the 50th British Equine Vet. Association Congress, Liverpool, 2011, S. 218-219
- Fichtner K. und Dick W. (1997) Erhebung der kausalen perioperativen Mortalität: Versuch einer deutschen „CEPOD-Studie“. *Anaesthesist* 46, 419-427
- Gasthuys F. M. R. und De Moor A. (2006) Anästhesiologie. in: Handbuch Pferdepraxis 3. Auflage, Hrsg.: Dietz O, Huskamp B, Enke Verlag, Stuttgart, S. 78-122
- GPM (Gesellschaft für Pferdemedizin): Standards zur Durchführung von Pferdenarkosen in Praxis und Klinik. <http://www.g-p-m.org>, 2010
- Hall L. W., Clarke K. und Trim C. M. (2001) *Veterinary Anaesthesia*, 10. Auflage, Saunders, London
- Hewes C. A., Keoughan G. G. und Gutierrez-Nibeyro S. (2007) Standing enucleation in the horse: A report of 5 cases. *Can. Vet. J.* 8, 512-514
- Hodgson D. S. und Dunlop C. I. (1990) General anesthesia for horses with specific problems. *Vet. Clinics of North America: Equine Pract.* 6, 625-650
- Johnston C. B. (2005) Positioning the anaesthetised horse. *Equine Vet. Education Manual* 7, 41-44
- Johnston G. M. (1996) Confidential enquiry into perioperative equine fatalities (CEPEF). *Equine Vet. J.* 28, 10-14
- Johnston G. M. (2005) Findings from the CEPEF epidemiological studies into equine perioperative complications. *Equine Vet. Education Manual* 7, 64-68
- Johnston G. M., Eastment J. K., Taylor P. M. und Wood J. L. N. (2004) Is isoflurane safer than halothane in equine anaesthesia? Results from a prospective multicenter randomised controlled trial. *Equine Vet. J.* 36, 64-71
- Johnston G. M., Eastment J. K., Wood J. L. N. und Taylor P. M. (2002) The confidential enquiry into perioperative equine fatalities (CEPEF): mortality results of phases 1 and 2. *Vet. Anaesth. Analg.* 29, 159-170
- Johnston G. M., Taylor P. M., Holmes M. A. und Wood J. L. N. (1995) Confidential enquiry of perioperative equine fatalities (CEPEF-1): preliminary results. *Equine Vet. J.* 27, 193-200
- Kästner S. (2010) How to manage recovery from anaesthesia in the horse – to assist or not to assist? *Pferdeheilkunde* 26, 604-608
- Klohn A. (2009) New Perspectives in postoperative complications after abdominal surgery. *Vet. Clinics of North America: Equine Pract.* 25, 341-350
- Kovac M., Scheidemann W., Schüttert B., Toth J. und Stehle C. (2002) Zwischenfälle und Risiken während der Inhalationsnarkose bei Pferden. *Tierärztl. Praxis* 30, 46-50
- Larsen R. (1987) *Anästhesie*. 2. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore
- Lloyd D. (2011) Laparoscopy of the urogenital tract. in: Proceeding of the 50th British Equine Vet. Association Congress, Liverpool, S. 211
- Löscher W. (2006) Pharmaka mit Wirkung auf das autonome (vegetative) Nervensystem. in: *Pharmakotherapie bei Haus- und Nutztieren*, 7. Auflage, Hrsg.: Löscher W., Ungemach F. R. Kroker R., Parey Verlag, Stuttgart, S. 33-55
- May A. (2007) Evaluierung von Stressparametern beim Pferd im Zusammenhang mit dem Klinikaufenthalt. Diss. Med. Vet. München
- Mee A. M., Cripps P. J. und Jones R. S. (1998a) A retrospective study of mortality associated with general anaesthesia in horses: elective procedures. *Vet. Record* 142, 275 - 276
- Mee A. M., Cripps P. J. und Jones R. S. (1998b) A retrospective study of mortality associated with general anaesthesia in horses: emergency procedures. *Vet. Record* 142, 307-309
- Mitchell B. (1969) Equine anaesthesia: an assessment of techniques used in clinical practice. *Equine Vet. J.* 1, 261-274
- Muir W. W. (2009) Anxiolytics, Nonopioid Sedative-Analgetics, and Opioid Analgetics. in: *Equine Anesthesia. Monitoring and Emergency Therapy*. 2nd Ed., Saunders, S. 185-209
- Parviainen A. K. J. und Trim C. M. (2000) Complications associated with anaesthesia for ocular surgery: a retrospective study 1989–1996. *Equine Vet. J.* 32, 555-559
- Pearce C. (2011) Dental extraction in the standing horse. in: *Proceedings of the 50th British Equine Veterinary Association Congress*, Liverpool, S. 209-210
- Pollock P., Russel T., Hughes T., Archer M. und Perkins J. (2008) Transpalpebral eye enucleation in 40 standing horses. *Vet. Surg.* 37, 306-309
- Rainger J. E., Hughes K. J., Kessell A. und Dart C. M. (2006) Pleuropneumonia as a sequela of myelography and general anaesthesia in a Thoroughbred colt. *Aust. Vet. J.* 84, 138-140
- Richardson D. W. (2011) Orthopaedic procedures in standing horses in: *Proceeding of the 50th British Equine Veterinary Association Congress*, Liverpool, S. 216-217
- Richey M. T., Holland M. S., McGrath C. J., Dodman N. H., Marshall D. B., Court M. H., Norman W. M. und Seeler D. C. (1990) Equine Post-anesthetic lameness: A retrospective study. *Vet. Surg.* 19, 392-397
- Ringer S. K., Portier K. G., Fourel I. und Bettschart-Wolfsberger R. (2012) Development of a xylazine constant rate infusion with or without butorphanol for standing sedation of horses. *Vet. Anaesth. Analg.* 39, 1-11
- Schatzmann U. (1995) *Sedation und Anästhesie des Pferdes*. Blakwell Wissenschafts-Verlag, Berlin
- Schofield W. L. (2011) Standing condylar fracture repair. in: *Proceedings of the 50th British Equine Veterinary Association Congress*, Liverpool, S. 215
- Seung-ho R., Joon-gyu K., Ung-bok B., Chang-woo L. und Yong-hoon L. L. (2004) A hematogenic pleuropneumonia caused by postoperative septic thrombophlebitis in a Thoroughbred gelding. *J. Vet. Science* 5, 75-77
- Short C. E. und Rebhun W. C. (1980) Complications caused by the oculocardiac reflex during anesthesia in a foal. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 176, 630-631
- Taylor P. M. und Clarke K. W. (2006) *Handbook of Equine Anaesthesia*. 2. Aufl., Saunders Elsevier, London
- Tevik A. (1983) The role of anesthesia in surgical mortality in horses. *Nordisk Veterinær Medicin* 35, 175-179
- Tóth J. (2010) Augenoperationen am stehenden Pferd. *Prakt. Tierarzt* 91, 130-135
- Tóth J. (2012) Operationen am Auge beim alten Pferd - Immer in Narkose oder gibt es Alternativen? 6. Leipziger Tierärztekongress, Tagungsband, Leipzig, S. 209-213
- Tremaine H. (2011) Sinus surgery in the standing horse. in: *Proceeding of the 50th British Equine Vet. Association Congress*, Liverpool, S. 220-221
- Wilderjans H. (2011) Laparoscopy of the GI tract in the horse. in: *Proceeding of the 50th British Equine Vet. Association Congress*, Liverpool, 2011, S. 212-214
- Wolgien D. und Keller H. (1991) Postanästhetische Komplikationen beim Pferd, Auswertung der Narkosen der letzten 28 Jahre (1962-1989). *Berl. Münch. Tierärztl. Wochs.* 104, 330-334
- Wollanke B. und Gerhards H. (2003) Unterschiedliche klinische Erscheinungsbilder, Therapie und Prophylaxe der Colitis X des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 19, 359-364
- Wollanke B. und Gerhards H. (2006) Klinik und makroskopische Pathomorphologie der akuten Typhlocolitis. *Prakt. Tierarzt* 87, 32-37
- Young S. S. und Taylor P. M. (1993) Factors influencing the outcome of equine anaesthesia: a review of 1.314 cases. *Equine Vet. J.* 25, 147-152
- Young S. S. und Taylor P. M. (1990) Factors leading to serious anaesthetic-related problems in equine anaesthesia. *J. Association of Vet. Anaesthetists of Great Britain and Ireland* 17, 59

Prof. Dr. Hartmut Gerhards
Ludwigs Maximilians Universität München
Klinik für Pferde
Veterinärstraße 13