

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

**Evaluierung des Nutzens verschiedener
diagnostischer Tests bei Hunden mit
Erbrechen im Notdienst**

Von Bettina Holzmann

aus Wasserburg am Inn

München 2023

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der
Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Innere Medizin der Kleintiere

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Stefan Unterer

Mitbetreuung durch: Dr. René Dörfelt

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Stefan Unterer

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Florian M. Trefz

Tag der Promotion: 22. Juli 2023

Für Matthias und meine Freunde

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	2
1.	Allgemeine Informationen zu Erbrechen.....	2
1.1.	Definition Erbrechen	2
1.2.	Pathophysiologie des Erbrechens.....	2
1.2.1.	Ablauf Erbrechen	2
1.2.2.	Zentralnervöse Steuerung des Erbrechens	2
1.2.3.	Ursachen von Erbrechen	3
1.3.	Häufigkeit von Erbrechen	4
2.	Spezielle Anamnese und klinische Untersuchung	5
2.1.	Signalement.....	5
2.2.	Anamnese	5
2.3.	Klinische Untersuchung	6
3.	Weiterführende Diagnostik bei Erbrechen.....	7
3.1.	Blutuntersuchungen.....	7
3.1.1.	Blutgasanalyse.....	7
3.1.2.	Hämatologie	9
3.1.3.	Serumchemie.....	9
3.2.	Abdominale Ultrasonographie	10
3.3.	Röntgen	12
3.4.	Urinuntersuchung	14
3.5.	SNAP cPL	15
III.	VERÖFFENTLICHUNG	18
IV.	DISKUSSION	28
V.	ZUSAMMENFASSUNG	37
VI.	SUMMARY.....	39
VII.	LITERATURVERZEICHNIS	41
VIII.	DANKSAGUNG	49

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AHDS	Akutes hämorrhagisches Durchfall-Syndrom
ALT	Alanin-Amino-Transferase
AP	Alkalische Phosphatase
BE	Basenüberschuss
COM	kompliziertes Erbrechen
CRTZ	Chemorezeptortrigerzone
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay (enzymgekoppelter Immunadsorptionstest)
Etc.	et cetera
L5	Höhe des fünften Lendenwirbelkörpers
NTS	Nucleus tractus solitarius
SI	maximaler Dünndarmdurchmesser
SNAP cPL	caniner Pankreaslipase Schnelltest
Spec cPL	canine spezifische Pankreaslipase
UN	unkompliziertes Erbrechen
USG	urinspezifisches Gewicht
z. B.	zum Beispiel

I. EINLEITUNG

Erbrechen ist ein häufiges Symptom bei Hunden. Durch profuses Erbrechen kann sich der Gesundheitszustand des Tieres rasant verschlechtern, was nicht selten eine Vorstellung beim Tierarzt oder auch im Notdienst zur Folge hat. Da es sich bei Erbrechen um ein unspezifisches Symptom handelt, dem viele verschiedene Ursachen zugrunde liegen können, stellt die diagnostische Aufarbeitung häufig eine Herausforderung dar. Die Empfehlungen zum diagnostischen Vorgehen bei Erbrechen sind meist sehr allgemein gehalten und so bleibt die Entscheidung zur Wahl eines Tests meist empirisch. Besonders für unerfahrene Tierärzte ist es daher oft schwierig einzuschätzen, welche Untersuchung zur Diagnosefindung hilfreich sein könnte und welche nicht. Ursachen von Erbrechen können sowohl harmlose Reizungen des Magen-Darm-Traktes durch Unverträglichkeiten oder Aufnahme inadäquater Substanzen sein, oder aber auch ernsthafte, potentiell lebensbedrohliche Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes oder anderer Organsysteme. Häufig kommt es unter symptomatischer Therapie auch ohne weitere Untersuchungen zu einer schnellen Genesung des Patienten (unkompliziertes Erbrechen). Liegt jedoch eine ernste Erkrankung zugrunde, bedarf es intensiverer Therapie und genauerer Aufarbeitung. Diese Fälle voneinander zu unterscheiden, ist entscheidend. Eine retrospektive Studie bewertete verschiedene Untersuchungen bei Hunden mit Erbrechen im Hinblick auf ihren diagnostischen Nutzen und stellte fest, dass die meisten Untersuchungen nur in einem geringen Prozentsatz eine Diagnosestellung ermöglichten, wobei die Labordiagnostik hierbei die höchste Rate (12,2%) erreichte (ROSE A und NEIGER R, 2013). Eine Studie, die den Nutzen einer abdominalen Ultraschalluntersuchung bei Hunden mit chronischem Erbrechen evaluierte, zeigte, dass die Sonographie in 68.5% der Fälle nicht zur Diagnose beitrug (LEIB MS et al., 2010).

Ziel der vorliegenden prospektiven Studie war es, den diagnostischen Nutzen unterschiedlicher Tests bei erbrechenden Hunden zu beurteilen und festzustellen, ob Korrelationen zwischen Nutzen und Parametern aus Anamnese und klinischer Untersuchung zu finden sind. Zudem sollten Parameter identifiziert werden, die die Unterscheidung zwischen unkomplizierten und komplizierten Fällen erleichtern könnten.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Allgemeine Informationen zu Erbrechen

1.1. Definition Erbrechen

Unter Erbrechen versteht man die kräftige Austreibung von Inhalt des oberen Gastrointestinaltraktes über die Maulhöhle. Es handelt sich um einen komplexen Reflex, entwickelt zum Schutz vor aufgenommenen potentiell toxischen Substanzen. Da Hunde ihr Futter verschlingen, verfügen sie mit der Fähigkeit zu erbrechen über ein Kontrollsystem, das ihnen ermöglicht, schädliche Stoffe auch nach der Aufnahme zu eliminieren (VON ENGELHARDT W und BREVES G, 2010; WASHABAU RJ, 2013; CHAPMAN PS, 2015).

1.2. Pathophysiologie des Erbrechens

1.2.1. Ablauf Erbrechen

Der Vorgang des Erbrechens kann in drei Phasen unterteilt werden: Prodromalstadium, Würgen und Expulsion. Zu Beginn kommt es zu Übelkeit und Speicheln, wodurch vermehrtes Schlucken stimuliert wird. Gegen Ende des Prodromalstadium relaxiert die untere ösophageale Muskulatur. Retrograde Riesenkontraktionen des Dünndarms befördern Darminhalt in den Magen und durch rhythmisches Würgen vermischt sich der Mageninhalt. Die Interkostalmuskulatur wird aktiviert und der Larynx zum Schutz der Atemwege angehoben. Der Tonus von Ösophagusmuskulatur und Pharynx erhöht sich. Es folgt die Phase der Expulsion. Hierbei relaxieren die Zwerchfellheber sowie die Ösophagusmuskulatur. Durch Kontraktion des Musculus rectus abdominis und des Zwerchfells kommt es zur Erhöhung des intraabdominalen Druckes. Chymus wird vom Magen in die Speiseröhre befördert und schwallartig durch das Maul entleert. Die Atmung wird währenddessen unterbrochen und die Glottis zum Schutz der Atemwege geschlossen (HORNBY PJ, 2001; ELWOOD C, 2003; ELWOOD C et al., 2010; VON ENGELHARDT W und BREVES G, 2010).

1.2.2. Zentralnervöse Steuerung des Erbrechens

Der Reflex des Erbrechens wird auf Höhe der Medulla oblongata koordiniert. Allerdings entspricht die Vorstellung eines isolierten Brechzentrums nicht mehr

den neuesten Erkenntnissen. Stattdessen geht man von lose organisierten Neuronen in der Medulla oblongata aus. Afferente Neuronen aus unterschiedlichen Körperregionen enden in diesem Bereich. Output-Neuronen koordinieren wiederum die Abläufe der verschiedenen in den Brechakt involvierten Muskelgruppen.

Der der Medulla oblongata angehängte Nucleus tractus solitarius (NTS) spielt ebenfalls eine zentrale Rolle. Durch Dehnungs- oder Druckreize sowie sekundär durch Entzündung, sowohl des Gastrointestinaltraktes selbst oder des Peritoneums, werden vagale Nervenfasern stimuliert, die im NTS enden. Chemorezeptoren in der gastrointestinalen Mukosa detektieren reizende oder toxische Stoffe und leiten diese Informationen an den NTS weiter. Der NTS erhält zudem Input aus dem Vestibularapparat, was erklärt, dass Patienten mit vestibulären Störungen häufig Erbrechen zeigen. (HORNBY PJ, 2001; ELWOOD C, 2003; BROWN AJ und OTTO CM, 2008)

Eine für den Vorgang des Erbrechens zusätzlich wichtige Gehirnregion ist die Chemorezeptortriggerzone (CRTZ), die nahe der Area postrema lokalisiert ist. Die Chemorezeptoren in diesem Bereich unterliegen nicht der Blut-Hirn-Schranke und können dadurch zirkulierende Toxine erkennen und den Reflexbogen des Erbrechens auslösen (BORISON HL, 1989; ELWOOD C et al., 2010). So wird die Elimination toxischer Substanzen sichergestellt, was eine evolutionär wichtige Überlebensstrategie darstellt.

1.2.3. Ursachen von Erbrechen

Führt man sich die verschiedenen Nervenpfade vor Augen, über die der Reflex des Erbrechens ausgelöst werden kann, wird klar, dass bei erbrechenden Patienten viele unterschiedliche Erkrankungen zu Grunde liegen können. Zur systematischen Einteilung der Differentialdiagnosen wird meist zwischen gastrointestinalen und extra-gastrointestinalen Ursachen unterschieden.

Chemische Substanzen im Gastrointestinaltrakt, die die Schleimhaut reizen und lokale Rezeptoren stimulieren, können ebenso Erbrechen auslösen wie lokale Entzündungsreize, beispielsweise bei einer Gastritis oder Enteritis. Der Magen-Darm-Trakt verfügt zudem über Dehnungsrezeptoren, deren Stimulation zu Vomitus führen kann. Dieser Mechanismus greift bei Magendrehungen oder -überladungen, sowie bei Ileus-Erkrankungen durch gastrointestinale Fremdkörper,

Tumore oder funktionale Störungen. Auch das Peritoneum und die anderen abdominalen Organe enthalten Nervenfasern, die in der Medulla oblongata enden. So können auch viszerale Dehnungs- oder Entzündungsreize Erbrechen induzieren. Diese häufig als extragastrointestinal-abdominale Ursachen zusammengefasste Gruppe umfasst unter anderem Pankreatitiden, Cholangiohepatitiden, Peritonitis und Milz- oder Hodentorsionen.

Bei Erkrankungen des Vestibularapparates oder bei erhöhtem intrakraniellm Druck durch zentralnervöse Störungen kann es zur direkten Beeinflussung des Brechzentrums kommen. Wie bereits erwähnt kann die Stimulation der CRTZ die Reflexkaskade des Erbrechens auslösen. Es existieren verschiedene exogene und endogene emetogene Toxine, die von den Rezeptoren erkannt werden. Endogene emetogene Toxine entstehen bzw. werden nicht mehr ausreichend abgebaut oder ausgeschieden, wenn bestimmte Körperfunktionen beeinträchtigt sind. Beispiele hierfür sind urämische Toxine bei Nierenerkrankungen, Ammoniak bei Lebererkrankungen, oder Ketonkörper. Hinzu kommen unzählige exogene Toxine, wie zum Beispiel bakterielle Toxine, Pflanzentoxine oder Medikamente (ELWOOD C, 2003; ELWOOD C et al., 2010; WASHABAU RJ, 2013).

1.3. Häufigkeit von Erbrechen

Erbrechen ist zusammen mit Durchfall eines der wichtigsten und häufigsten Symptome bei gastrointestinalen Erkrankungen, kann jedoch, wie bereits beschrieben, ebenfalls Zeichen einer Erkrankung anderer Organsysteme sein. Bei einer Analyse des Fallaufkommens in deutschen Tierarztpraxen zeigte sich, dass circa 5,5% der Fälle Hunde mit gastroenterologischen Problemen waren. Jedoch kann aus diesen Zahlen keine Aussage über die Anzahl von Hunden getroffen werden, die wegen Erbrechen vorgestellt wurden (KLINGER CJ, 2016).

Eine Untersuchung, die Informationen mehrerer Tierarztpraxen in den USA sammelte, ergab eine Prävalenz von Erbrechen bei Hunden von 2,1% (LUND EM et al., 1999). Im Gegensatz dazu zeigte eine Umfrage der Universität Cambridge, dass fast 19% der Tiere in einer gemischten Hundepopulation innerhalb eines Zeitraums von zwei Wochen mindestens eine Episode von Erbrechen zeigten. Die große Differenz dieser Zahlen ist dadurch zu erklären, dass nur wenige der Hunde, die mildes Erbrechen zeigten (5%), bei einem Tierarzt vorgestellt wurden (HUBBARD K et al., 2007).

2. Spezielle Anamnese und klinische Untersuchung

2.1. Signalement

Anhand des Signalements eines Patienten können bereits Rückschlüsse bezüglich der Wahrscheinlichkeit bestimmter Erkrankungen gezogen werden. Bei Welpen und Junghunden – insbesondere aus dem Ausland oder mit ungenügendem Impfschutz – sind beispielsweise infektiöse Erkrankungen wie Parvovirose oder Giardiose deutlich wahrscheinlicher als neoplastische Erkrankungen (WASHABAU RJ, 2013). Zudem gibt es einige Rasseprädispositionen, wie Futtermittelunverträglichkeiten bei Boxern, Magendrehungen bei großrassigen Hunden oder auch geschlechtsassoziierte Erkrankungen wie Pyometra oder Prostatitis (ELWOOD C, 2003).

2.2. Anamnese

Um eine sinnvolle Diagnostik für den jeweiligen Patienten wählen zu können, ist zu Beginn immer eine ausführliche Anamnese notwendig.

Essentiell ist es, durch gezielte Befragung des Besitzers herauszufinden, ob es sich bei der Symptomatik tatsächlich um Erbrechen handelt. Produktiver Husten oder Würgen wird von Besitzern teilweise als Erbrechen missinterpretiert (WASHABAU RJ, 2013). Zudem ist die Abgrenzung zwischen Regurgitieren und Erbrechen häufig schwierig. Während Regurgitieren ein passiver Prozess ist, der meist ohne Vorzeichen und häufig kurz nach der Futteraufnahme auftritt, handelt es sich bei Erbrechen um einen aktiven Reflex mit Bauchpresse, dem meist Speicheln und Würgen vorangeht. Regurgitiertes Futter ist meist unverdaut, während Erbrochenes ver- bzw. angedaut sein und auch Galle enthalten kann (ELWOOD C, 2003; CHAPMAN PS, 2015).

Die Anamnese umfasst allgemeine Fragen nach dem Impf- und Entwurmungsstatus, Vorerkrankungen und Medikation, sowie den Auslandsvorbericht. Hinzu kommen Fragen nach der Futter- und Wasseraufnahme und der Art der Fütterung inklusive potentieller Futterumstellung, um Hinweise auf mögliche Futtermittelunverträglichkeiten oder -allergien zu erhalten. Das Kotabsatzverhalten der vorhergehenden Tage muss ebenfalls erfragt werden, da Erbrechen häufig mit Durchfall einhergeht. Durchfall ist bei Leber- und Nierenerkrankungen, sowie bei Magenproblematiken ohne Beteiligung des

restlichen Magen-Darm-Traktes sehr selten (ELWOOD C, 2003).

Speziell im Hinblick auf das Erbrechen sollten Dauer und Häufigkeit der Symptomatik und das Aussehen des Erbrochenen erfragt werden. Frisches oder verdautes Blut mit kaffeensatzartigem Aussehen kann ein Hinweis auf eine gastrointestinale Blutung sein, beispielsweise durch ein Ulcus. Kotartiges Aussehen mit dementsprechendem Geruch kann ein Indiz für eine Obstruktion des distalen Dünndarms sein (WASHABAU RJ, 2013). Hat der Hund an Gewicht verloren, spricht dies eher für eine chronische metabolische, entzündliche oder neoplastische Ursache. Da andere zusätzliche Symptome, wie Polyurie und Polydipsie oder neurologische Auffälligkeiten Hinweise auf eine systemische Problematik darstellen können, sollte auch dies erfragt werden. Bei metabolischen Erkrankungen, Nierenerkrankungen oder auch bei Hündinnen mit Pyometra zeigen betroffene Tiere neben Erbrechen häufig Polydipsie. Weil verschiedene Medikamente, Pflanzen, Drogen und natürlich auch solide Fremdkörper zu Erbrechen führen können, muss der Besitzer auch dahingehend befragt werden, ob eine Aufnahme derartiger Substanzen beobachtet wurde oder möglich ist (ELWOOD C, 2003).

2.3. Klinische Untersuchung

Ebenso wichtig wie die Anamneseerhebung ist eine sorgfältige klinische Untersuchung. Insbesondere im Notdienst steht zunächst die Einstufung der Dringlichkeit der Behandlung im Vordergrund, die sogenannte Triage. Hierbei werden in einer kurzen fokussierten Untersuchung der respiratorische und neurologische Status, sowie die Kreislaufsituation beurteilt (REINEKE EL, 2015). Bei profusem Erbrechen kann es durch den raschen und starken Flüssigkeitsverlust zu Hypovolämie kommen. Dies kann bei der Triage festgestellt werden, was eine schnelle medizinische Versorgung dieser Patienten ermöglicht. Die Triage ersetzt jedoch keine ausführliche klinische Untersuchung. Diese muss bei kritischen Patienten nach der ersten Notfallversorgung nachgeholt werden.

Bei der Untersuchung der Maulhöhle kann neben dem Zahnstatus die Schleimhautfarbe beurteilt werden. Ikterische Schleimhäute sind verdächtig für hepatobiliäre Erkrankungen, rote Schleimhäute können bei Anaphylaxie oder Sepsis auftreten und blasse Schleimhäute können Zeichen für Hypovolämie oder Anämie sein. Eine erhöhte Körpertemperatur im Zusammenhang mit Erbrechen

kann für eine infektiöse oder entzündliche Ursache sprechen, wie beispielsweise eine Prostatitis, Pyometra oder Pankreatitis. Eine generalisierte Lymphadenomegalie ist verdächtig für neoplastische oder systemisch entzündliche Erkrankungen (ELWOOD C, 2003; WASHABAU RJ, 2013).

Bei erbrechenden Patienten sollte besonderes Augenmerk auf eine ausführliche Palpation des Abdomens gelegt werden. Es gilt zu evaluieren, ob und wo der Patient schmerzhaft ist, da hierdurch die möglichen Ursachen eingegrenzt werden können. Je nach Größe des Patienten, können aufgegaste Darmschlingen (beispielsweise durch einen Volvulus), vergrößerte abdominale Organe, Fremdkörper, oder auch abdominale Massen ertastet werden. Da es bei Erbrechen immer zu einem Flüssigkeitsverlust kommt, ist außerdem die Bestimmung des Hydratationsstatus anhand der Schleimhautfeuchtigkeit und des Hauturgors wichtig (ELWOOD C, 2003). Eine rektale Untersuchung sollte bei jedem Patienten mit Erbrechen durchgeführt werden, denn sie kann zusätzliche Informationen über die Beschaffenheit und das Aussehen des Kotes liefern. Bei männlichen Tieren sollte hierbei außerdem die Prostata auf Größe und Schmerzhaftigkeit untersucht werden. Fallen in der klinischen Untersuchung neurologische Defizite, wie Ataxie oder reduziertes Bewusstsein auf, sollte der Patient neurologisch genau evaluiert werden, um zugrunde liegende zentralnervöse oder vestibuläre Störungen, oder Intoxikationen nicht zu übersehen (WASHABAU RJ, 2013).

3. Weiterführende Diagnostik bei Erbrechen

3.1. Blutuntersuchungen

3.1.1. Blutgasanalyse

Die Blutgasanalyse liefert Informationen über den Säure-Basen-Haushalt (SBH) sowie einige Elektrolytkonzentrationen. Wird arterielles Blut für die Analyse verwendet, kann der respiratorische Gasaustausch beurteilt werden. Diese Informationen können hilfreich sein, um die passende Infusionstherapie für den jeweiligen Patienten zu wählen. Zusätzlich können sie Rückschlüsse auf die zugrunde liegende Problematik liefern.

Eine metabolische Azidose entsteht, wenn die Menge nichtflüchtiger Säuren (Phosphat, Sulfat, organische Säuren) oder der Verlust von Bikarbonat die Pufferkapazität des Körpers übersteigt. In der Blutgasanalyse spiegelt sich das in

einem Abfall des pH-Wertes, sowie von Bikarbonat oder Basenüberschuss (BE) wider (HOPPER K und EPSTEIN SE, 2012). Im Gegensatz dazu ist eine metabolische Alkalose durch einen Anstieg von pH-Wert, Bikarbonat oder BE charakterisiert. Am häufigsten entsteht eine metabolische Alkalose durch den unverhältnismäßigen Verlust von Chlorid-Ionen oder durch Hypalbuminämie (DIBARTOLA SP, 2012; HA YS et al., 2013).

Bei der retrospektiven Analyse der Säure-Basen-Parameter von Hunden und Katzen in der Tierklinik der Universität Davis, USA, zeigte sich, dass bei 49% der untersuchten Tiere eine metabolische Azidose vorlag. Die häufigsten Grunderkrankungen bei diesen Tieren waren Neoplasien, Nierenerkrankungen sowie Erkrankungen des Respirationstrakts. Gastrointestinale Erkrankungen lagen bei 10% der Hunde mit metabolischer Azidose vor (HOPPER K und EPSTEIN SE, 2012). Bei 19% der Tiere lag eine metabolische Alkalose vor. Die häufigsten Ursachen für metabolische Alkalosen in dieser Population waren respiratorische Erkrankungen, Furosemid-Applikation, Nierenerkrankungen und gastrointestinale Obstruktionen. Die in dieser Studie berechnete starke Korrelation zwischen den Chlorid-Konzentrationen und BE bei Hunden mit gastrointestinaler Obstruktion zeigt, dass bei einer hypochlorämischen Alkalose immer ein gastrointestinaler Fremdkörper in Betracht gezogen werden sollte (HA YS et al., 2013). Früher wurde die Meinung vertreten, dass eine metabolische Alkalose in Kombination mit einer Hypochlorämie eher für eine Obstruktion des proximalen Magen-Darm-Traktes spricht. Eine Studie konnte zeigen, dass Hypochlorämie und metabolische Alkalosen bei Hunden mit gastrointestinalem Fremdkörper zwar die häufigsten Säure-Basen-Abweichungen waren, jedoch kein signifikanter Zusammenhang mit der anatomischen Lage des Fremdkörpers bestand (BOAG AK et al., 2005). Durch das Erbrechen von Magen- und Darminhalt kommt es zum Verlust von Elektrolyt- (Natrium, Kalium, Chlorid) und Bikarbonat-reicher Flüssigkeit. Dies kann neben Dehydratation auch Elektrolytverschiebungen, insbesondere Hyponatriämie, Hypokaliämie und Hypochlorämie zur Folge haben (BROWN AJ und OTTO CM, 2008; TELLO L und PEREZ-FREYTES R, 2017). Eine Studie, die die Blutwerte von Hunden mit Symptomen einer Gastroenteritis (Erbrechen, Durchfall, Anorexie) mit den Werten einer Kontrollgruppe gesunder Hunde verglich, erhielt entsprechende Ergebnisse: erkrankte Hunde hatten signifikant niedrigere Kalium- und Chloridwerte als die Hunde in der Kontrollgruppe (BHAT AA et al., 2015).

3.1.2. Hämatologie

Durch den Flüssigkeitsverlust beim Erbrechen, kann es je nach Schwere der Symptomatik zu Dehydratation kommen, was sich im Blutbild durch Hämokonzentration, also erhöhte Hämatokritwerte, widerspiegeln kann (BROWN AJ und OTTO CM, 2008). Eine Studie konnte dementsprechend signifikant höhere Hämatokritwerte bei Hunden mit Gastroenteritis ermitteln. Außerdem zeigten sich signifikant höhere Neutrophilen- und niedrigere Lymphozytenzahlen bei den erkrankten Hunden im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe (BHAT AA et al., 2015).

Bei viralen Infektionen, die mit Erbrechen einhergehen können, insbesondere Parvovirose, sind typische Blutbildveränderungen zu erwarten. Die häufigsten Befunde bei einer Infektion mit dem caninen Parvovirus sind Leukozytopenien mit Neutro- und Lymphzytopenie, hervorgerufen durch die Zerstörung von Vorläuferzellen im Knochenmark sowie durch den massiv erhöhten Verbrauch durch die starke Entzündungsreaktion (CASTRO TX et al., 2013; LI RH und HUMM KR, 2014; MYLONAKIS ME et al., 2016).

Weitere hämatologische Auffälligkeiten können Hinweise auf zugrundeliegende Erkrankungen liefern. So kann eine Eosinophilie beispielsweise für allergische oder parasitäre Erkrankungen sprechen (SAROR D et al., 1979; ELWOOD C, 2003). Fehlt bei einem kranken und gestressten Tier das zu erwartende Stressleukogramm, könnte dies auf einen Hypoadrenokortizismus hindeuten (KLEIN SC und PETERSON ME, 2010).

3.1.3. Serumchemie

Bei Hunden mit extragastrointestinalen Grunderkrankungen sind häufig typische Abweichungen in Organparametern, die bei der Serumchemie ermittelt werden, zu erwarten. Renale oder hepatobiliäre Ursachen für Erbrechen können dadurch zügig eingegrenzt werden. Gastrointestinale Grunderkrankungen hingegen führen seltener zu Auffälligkeiten der Serumwerte (CHAPMAN PS, 2015). Bei Blutungen des oberen Gastrointestinaltrakts kann es allerdings durch die vermehrte Absorption stickstoffhaltiger Stoffe aus dem Verdauungstrakt zu einem Harnstoffanstieg im Blut kommen. Die Studienlage ist hier allerdings kontrovers, da es sowohl Studien gibt, die einen signifikanten Anstieg bestätigen (PRAUSE LC und GRAUER G, 1998), als auch Studien, die dies widerlegen (STILLER J et al., 2021). Eine

Erhöhung der Leberenzyme, die standardmäßig bei einer Serumchemie gemessen werden, kann auf Erkrankungen von Leber oder Gallensystem hinweisen. Das Fehlen von Enzymerhöhungen schließt eine Lebererkrankung jedoch nicht aus. Die Alanin-Amino-Transferase (ALT) ist vorwiegend im Zytosol von Hepatozyten enthalten und somit ein verlässlicher Indikator für hepatozelluläre Schädigungen. Die alkalische Phosphatase (AP) besitzt mehrere Isoenzyme, wobei bei adulten Tieren nur das Isoenzym der Leber zu einer Aktivitätserhöhung führt (WATSON PJ und BUNCH SE, 2010). Es ist in der Zellmembran von Gallengangsepithelzellen enthalten. Eine Erhöhung der AP ist daher bei cholestatischen Erkrankungen zu erwarten (BERENT A, 2015). Da Erbrechen zu einem der häufigsten Symptome bei Hunden mit hepatobiliären Erkrankungen oder Erkrankungen des Gallengangsystems zählt, kann eine Erhöhung der genannten Enzyme hier wichtige Informationen liefern (WATSON PJ und BUNCH SE, 2010).

3.2. Abdominale Ultrasonographie

Zahlreiche Publikationen beschreiben die normalen abdominalen Sonographiebefunde bei Hunden. Bei einer ausführlichen sonographischen Untersuchung sollte der Magen-Darm-Trakt im Hinblick auf Wanddicke und -schichtung, Größe, Inhalt und Motilität beurteilt werden (PENNINCK DG et al., 1989; LAMB C, 1990; AGTHE P, 2009).

Sonographische Veränderungen bei bestimmten gastrointestinalen Erkrankungen, die mit Erbrechen einhergehen können, wurden ebenfalls in verschiedenen Studien beschrieben. Typische Befunde bei einem intestinalen Ileus sind flüssigkeitsgefüllte, dilatierte Darmschlingen proximal der Obstruktionsstelle. Sowohl Hyper- als auch Hypomotilität oder Pendelbewegungen können auftreten. In manchen Fällen gelingt es, intestinale Fremdkörper sonographisch darzustellen (PENNINCK DG et al., 1990; MANCZUR F et al., 1998).

Die Sensitivität eines abdominalen Ultraschalls zur Diagnose einer gastrointestinalen Obstruktion lag in einer klinischen Studie bei 100%, die Spezifität bei 95,8% (GARCIA D et al., 2011).

Zur Unterscheidung zwischen gastrointestinalen Neoplasien und Entzündungen kann die Sonographie ebenfalls von großem Nutzen sein. Während es bei Neoplasien eher zu fokalen Läsionen mit stark verdickter Schleimhaut und Schichtungsverlust kommt, stellen sich entzündliche Läsionen eher diffus dar, die

Schichtung ist nur selten komplett aufgehoben und die Schleimhaut weniger stark verdickt (PENNINCK DG et al., 2003).

Pathologien der extragastrintestinalen Abdominalorgane gehen ebenfalls häufig mit Erbrechen einher. Auch zur Beurteilung dieser Organe eignet sich die Sonographie. Die Evaluierung des Pankreas kann sehr herausfordernd sein. Der Duodenalschenkel des Pankreas stellt sich häufig als annähernd dreieckige Struktur neben dem Duodenum dar. Im Falle einer Pankreatitis kann sich das Parenchym verdickt und hypoechogen darstellen. Das umliegende Gewebe erscheint durch Entzündung des angrenzenden Peritoneums häufig hyperechogen (AGTHE P, 2009; CRIDGE H et al., 2018). Die Leber kann fokale oder diffuse Veränderungen aufweisen, die auf Entzündungen, Infektionen oder Neoplasien hindeuten können. Bei gestauten Gallengängen mit oder ohne vergrößerter Gallenblase und stark hyperechogenem Gallenblaseninhalte sollte an eine Cholezystitis bzw. Cholangiohepatitis gedacht werden. Normale Nieren stellen sich sonographisch mit gleichmäßiger echogener Rinde und einem gut abgrenzbaren hypoechogenerem Mark dar. Bei akuter Tubulusnekrose, Abszessen oder einem renalen Ödem durch akute Nierenschädigung kann sich die Nierenrinde eher hypoechogen darstellen. Bei chronischen Nephropathien, Amyloidose, Kalzinosen und auch nach Ethylenglykol Vergiftungen erscheint die Nierenrinde eher hyperechogen (GRAUER GF, 2010). Pathologische Vergrößerungen des Uterus lassen sich ultrasonographisch diagnostizieren. Eine Pyometra stellt sich typischerweise als tubuläre Struktur im kaudalen Abdomen dorsal der Harnblase dar. Der Inhalt kann an- oder hypoechogen sein (LAMB C, 1990).

Den diagnostischen Nutzen einer abdominalen Ultraschalluntersuchung bei Hunden mit chronischem Erbrechen untersuchte eine Gruppe aus Virginia, USA. In 68,5% der hier untersuchten Fälle wäre die gleiche Diagnose auch ohne Ultraschall gestellt worden. In 22,5% der Fälle war der Ultraschall nützlich oder ausschlaggebend für die Diagnosestellung. Parameter, die positiv mit einem höheren Nutzen des Ultraschalls assoziiert waren, waren das Alter, die Häufigkeit des Erbrechens, sowie Gewichtsverlust (LEIB MS et al., 2010).

Bei der Evaluierung des Nutzens verschiedener Tests bei Hunden mit Erbrechen konnte lediglich in 6,6% der Fälle mittels Sonographie eine Diagnose gestellt werden (ROSÉ A und NEIGER R, 2013).

3.3. Röntgen

Röntgenuntersuchungen sind eine einfache und schnelle Möglichkeit, sich einen Überblick über das gesamte Abdomen zu verschaffen. Native Röntgenaufnahmen des Abdomens werden für alle Patienten mit Erbrechen, akutem, schmerzhaften oder umfangsvermehrten Abdomen, oder Konstipationen empfohlen (WILLARD MD, 2010).

Für alle abdominalen Organe sollten Größe, Form, Oberfläche, Lage und Röntgendichte beurteilt werden. Bei den Verdauungsorganen sind zudem die Menge und Beschaffenheit des Inhalts wichtig (ANDERSON KL und FEENEY DA, 2013). Schlechter abdominaler Kontrast kann bei freier intraabdominaler Flüssigkeit, aber auch bei Kachexie und häufig bei Jungtieren vorliegen. Finden sich Bereiche mit lokalem Detailverlust, kann dies ein Hinweis auf eine lokale Entzündung, beispielsweise eine Pankreatitis sein. Sind thorakale und abdominale Oberflächen des Zwerchfells abgrenzbar, ist dies ein typisches Anzeichen für ein Pneumoperitoneum (WILLARD MD, 2010). Dies ist nach Laparotomien für wenige Tage physiologisch, kann aber auch durch Perforationen des Magen-Darm-Trakts oder Infektionen mit gasbildenden Bakterien bedingt sein (VOLK SW, 2015).

Eine Dilatation des Intestinaltraktes kann folgende Ursachen haben: Obstruktion, Inflammation, Trauma, mechanische oder chemische Reizung oder Ischämie (ANDERSON KL und FEENEY DA, 2013). Die Kardinalzeichen einer gastrointestinalen Obstruktion sind segmentale Dilatation des Dünndarms, abnormale Position der Darmschlingen sowie Sichtbarkeit eines Fremdkörpers oder einer Masse (GRAHAM JP et al., 1998; FINCK C et al., 2014).

Der Nutzen abdominaler Röntgenstudien im Hinblick auf die Diagnose gastrointestinaler Obstruktionen wurde in vielen Studien evaluiert.

Eine Studie mit 119 Hunden mit dem Hauptsymptom Erbrechen ergab für abdominale Röntgenuntersuchungen zur Diagnose gastrointestinaler Obstruktionen eine Sensitivität von 77 – 88% und eine Spezifität von 87 – 91% (ZATLOUKAL J et al., 2004).

Graham et al. konnten zeigen, dass das Verhältnis zwischen maximalem Dünndarmdurchmesser (SI) und der Höhe des fünften Lendenwirbelkörpers (L5) hilfreich sein kann, um obstruktive von nicht-obstruktiven Erkrankungen zu

unterscheiden. Bei SI/L5-Verhältnissen von 1,95 oder höher lag die Wahrscheinlichkeit einer Obstruktion bei 80%. Da aber eine gastrointestinale Dilatation auch durch andere Erkrankungen bedingt sein kann und auch manche Hunde mit niedrigen SI/L5-Werten obstruiert waren, kann dieses Verhältnis allein nicht als sichere Hilfe zum Beweis oder Ausschluss einer Obstruktion verwendet werden (GRAHAM JP et al., 1998). Eine sehr ähnliche Herangehensweise verwendeten Finck et al. In ihrer Studie wurden ebenfalls relative Dünndarm-Durchmesser ermittelt, jedoch wurden zusätzlich Verteilungsmuster und Ausprägungsgrad der Dilatation erfasst. Bei einem SI/L5-Verhältnis von 2,4 oder größer war eine Obstruktion sehr wahrscheinlich, vor allem wenn die Dilatation nur segmental war. Bei Werten unter 1,4 war eine Obstruktion hingegen sehr unwahrscheinlich (FINCK C et al., 2014). In einer weiteren Studie wurden Röntgenbilder zum einen subjektiv und zum anderen unter Zuhilfenahme des SI/L5-Verhältnisses im Hinblick auf das Vorliegen einer Obstruktion bewertet. Es zeigte sich zwar, dass das SI/L5-Verhältnis bei Hunden mit einer gastrointestinalen Obstruktion signifikant höher war, die Verwendung der Verhältnis-Berechnung hatte allerdings keinen Einfluss auf die diagnostische Genauigkeit (CIASCA TC et al., 2013).

Auch im Hinblick auf andere abdominale Erkrankungen können Röntgenstudien wichtige Erkenntnisse liefern.

Größenveränderungen der Leber können röntgenologisch festgestellt werden. Eine Mikrohepatie kann durch Gefäßanomalien wie einen portosystemischen Shunt oder durch Zirrhose bei chronischen Erkrankungen bedingt sein. Fokale oder generalisierte Hepatomegalie kann bei infektiöser oder entzündlicher Hepatitis, Hepatolipidose und fokalen oder generalisierten Neoplasien der Leber vorliegen. Bei entzündlichen Erkrankungen des Pankreas kann man häufig eine abnormale Röntgendichte und lokalen Detailverlust rechts kaudal des Magens feststellen, teils in Kombination mit einer Verschiebung und Gasfüllung des Duodenum descendens (RUAUX CG, 2003; ANDERSON KL und FEENEY DA, 2013).

Bei Erkrankungen der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane können Röntgenstudien ebenfalls hilfreich sein. Gefüllte Uterushörner, wie sie bei einer Pyometra vorliegen, können als flüssigkeitsgefüllte tubuläre Struktur zwischen Harnblase und Colon zu erkennen sein (CRANE BM, 2015). Größe, Form und Lage der Prostata können ebenfalls anhand von Röntgenbildern beurteilt werden, was

beim Verdacht auf Prostataabszesse oder Prostatitiden hilfreich sein kann (JOHNSON CA, 2010).

Der tatsächliche diagnostische Nutzen von Röntgenuntersuchungen fiel in einer Studie zum Nutzen verschiedener diagnostischer Tests bei Hunden mit Erbrechen jedoch relativ niedrig aus. Obwohl bei 89,2% der Patienten Röntgenbilder angefertigt wurden, wurde die Diagnose nur in 1,9% der Fälle durch Röntgen gestellt und in 8,5% der Fälle konnten die Röntgenbilder die Diagnose unterstützen (ROSÉ A und NEIGER R, 2013).

3.4. Urinuntersuchung

Eine Urinuntersuchung kann viele nützliche Informationen liefern. Zu einer vollständigen Urinuntersuchung gehören die optische Beurteilung der Probe, die Bestimmung des urinspezifischen Gewichts (USG), eine chemische Analyse mittels Teststreifen und eine mikroskopische Beurteilung des Urinsediments. Das USG gibt Auskunft über Hydratationsstatus und tubuläre Funktion, ist aber auch stark abhängig von der Trinkmenge, Aktivität und Ernährung des Patienten. Eine Glucosurie kann durch den Teststreifen detektiert werden. Sie kann durch Schäden am proximalen Tubulus oder starke Hyperglykämie z. B. bei Diabetes mellitus bedingt sein. Das Testfeld für Ketonkörper detektiert Aceton und Acetoacetat. Der häufigste Grund für Ketonkörper im Urin ist eine durch einen schlecht kontrollierten Diabetes mellitus entstandene Ketose bzw. Ketoacidose, aber auch lange Hungerphasen oder bestimmte Medikamente können eine Ketose mit Ketonurie auslösen. Da Bilirubin zum Teil glomerulär filtriert wird, kann es auch im Urin nachgewiesen werden. Bilirubinurie tritt teilweise sogar bereits vor einer Hyperbilirubinämie auf. Hier kann die Urinuntersuchung also bereits frühzeitig Hinweise für Lebererkrankungen oder Hämolyse liefern. Häufig sind auf den Teststreifen Felder zum Nachweis von Nitrit und Leukozyten enthalten. Diese Felder sind bei Hund und Katze allerdings nicht aussagekräftig und sollten daher nicht zur Beurteilung herangezogen werden. Liegt eine Proteinurie vor, kann diese präglomerulär, glomerulär oder postglomerulär sein. Präglomeruläre Ursachen sind unter anderem Fieber, Anfälle oder Hyperproteinämie bei einem multiplen Myelom. Glomeruläre Proteinurie entsteht durch Störungen der glomerulären Filtration und postglomeruläre Proteinurie wird durch Entzündungen der ableitenden Harnwege verursacht (REINE NJ und LANGSTON CE, 2005; PARRAH JD et al., 2013).

Erythrozyten sollten in normalem Urin nur in sehr geringer Zahl vorkommen. Wurde der Urin allerdings mittels Zystozentese gewonnen, kann es durch die Punktion zu einer iatrogenen Hämaturie kommen. Große Mengen an Leukozyten in einer Urinprobe, insbesondere in Kombination mit Hämaturie und Proteinurie sprechen für eine Entzündung. Handelt es sich um Pyurie, ist eine bakterielle Infektion sehr wahrscheinlich. Die mikroskopische Detektion von Bakterien im Urinsediment kann sehr schwer sein. Der fehlende Nachweis von Bakterien im Sediment ist daher kein Ausschluss für eine Harnwegsinfektion. Deswegen sollte insbesondere bei Patienten mit Pyurie immer eine Urinkultur angelegt werden, um eine Infektion zu bestätigen oder auszuschließen (BARTGES JW, 2004; REINE NJ und LANGSTON CE, 2005). Der am häufigsten nachgewiesene Keim in caninen Urinproben ist *Escherichia coli* (SEGUIN MA et al., 2003; WINDAHL U et al., 2014).

Zum Nutzen von Urinuntersuchung bei Hunden mit Erbrechen gibt es nur wenig Informationen. In einer Studie mit 213 Hunden mit Erbrechen führte die Urinuntersuchung bei fünf Patienten (2,3%) zur Diagnose, wobei drei dieser Hunde unter einer diabetischen Ketoazidose litten. Bei weiteren 10% lieferte die Urinanalyse wichtige diagnostische Informationen (ROSÉ A und NEIGER R, 2013).

3.5. SNAP cPL

Eine Pankreatitis verursacht bei Hunden meist unspezifische Symptome. Die häufigsten sind Anorexie, Erbrechen, Durchfall und schmerzhaftes Abdomen. Der Schweregrad der Symptome ist dabei sehr variabel (HESS RS et al., 1998). Die verlässlichste Methode zur sicheren Diagnose einer Pankreatitis ist die histologische Untersuchung von Pankreasbiopsien. Dies wird aber aufgrund der Invasivität nur selten durchgeführt. Früher wurden Lipase und Amylase zur Diagnose einer Pankreatitis herangezogen. Die Sensitivitäten dieser Serumparameter sind mit 49% und 54% jedoch recht gering (MCCORD K et al., 2012). Während es auch extrapancreatische Ursachen für eine Erhöhung der Lipase gibt, wird die Pankreaslipase nur bei Schädigung pankreatischer Azinuszellen freigesetzt und ist damit ein sensitiver Indikator für Erkrankungen des exokrinen Pankreas (WATSON PJ und BUNCH SE, 2010; MCCORD K et al., 2012). Vor mehreren Jahren wurde ein Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) zur quantitativen Bestimmung der caninen spezifischen Pankreaslipase (spec cPL)

entwickelt und validiert (STEINER JM et al., 2003). Bei Werten unter 200 µg/l ist eine Pankreatitis unwahrscheinlich, während Werte über 400 µg/l mit einer Pankreatitis vereinbar sind. Der Bereich dazwischen gilt als Graubereich. Solche Werte werden als uneindeutig angesehen (MCCORD K et al., 2012).

Eine Studie, die Werte der caninen Pankreaslipase mit den Ergebnissen von histologischen Untersuchungen von Bauchspeicheldrüsen bei toten Hunden verglich, ermittelte für einen Cut-off Wert von 400 µg/l eine Sensitivität von 33% und eine Spezifität von 90% und für einen Cut-off Wert von 200 µg/l eine Sensitivität von 58,3% und eine Spezifität von 80% (MANSFIELD CS et al., 2012). Eine weitere Studie zum Vergleich von Serummarkern mit histologischen Ergebnissen konnte zeigen, dass die canine Pankreaslipase im Vergleich zu Amylase und Lipase die beste Gesamtgenauigkeit aufweist. Für die Diagnose einer mittel- bis hochgradigen Pankreatitis lag die Sensitivität bei 71% und die Spezifität bei 100% bei einem Cut-off von 400 µg/l (TRIVEDI S et al., 2011).

Beim Pankreaslipase-Schnelltest (SNAP cPL) handelt es sich um einen visuell ablesbaren, semi-quantitativen Schnelltest zur Bestimmung der spec cPL. Der Test unterscheidet zwischen normalen und abnormalen Ergebnissen, wobei die Farbintensität des Probenpunktes mit der Konzentration der cPL korreliert. Ein Ergebnis ist als normal zu werten, wenn der Probenpunkt heller ist als der Referenzpunkt und als abnormal, wenn er dunkler ist. Der Vergleich mit der Referenzmethode, der quantitativen Bestimmung der spec cPL, zeigte abhängig vom Cut-off Wert eine Übereinstimmung von 96 – 100% für normale Proben und 88 – 92% für abnormale Proben (BEALL MJ et al., 2011).

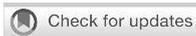
Unter anderem ermittelten zwei weitere Studien die diagnostische Genauigkeit von Schnelltest und spezifischer Pankreaslipase bei Hunden mit abdominalen Symptomen. Die berechneten Sensitivitäten für SNAP cPL und spec cPL betragen 74 – 100% und 70 – 91% und die Spezifitäten betragen 59 – 78% und 74 – 81%. Auch im Vergleich zu anderen Serummarkern war die Übereinstimmung mit dem klinischen Bild bei spec cPL und SNAP cPL am besten (68% und 61%) (HAWORTH MD et al., 2014; CRIDGE H et al., 2018).

Eine multi-institutionelle Studie verglich Schnelltest und spezifische Pankreaslipase mit den früher geläufigen Parametern Lipase und Amylase. Hier wurde eine bessere Sensitivität von spec cPL und SNAP cPL (93% und 75 – 90%)

im Vergleich zu Amylase und Lipase (54% und 49%) erfasst, wobei die Spezifitäten ähnlich waren (74% und 72 – 78% sowie 78% und 91%). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein negatives Ergebnis der Pankreaslipase das Vorliegen einer Pankreatitis sehr unwahrscheinlich macht (MCCORD K et al., 2012).

III. VERÖFFENTLICHUNG

TYPE Original Research
 PUBLISHED 02 February 2023
 DOI 10.3389/fvets.2023.1063080



OPEN ACCESS

EDITED BY

Kris Gommeren,

University of Liège, Belgium

REVIEWED BY

Dominique Peeters,
 University of Liège, Belgium
 Corrin John Boyd,
 Murdoch University, Australia

*CORRESPONDENCE

René Dörfelt

✉ r.doerfelt@medizinische-kleintierklinik.de

SPECIALTY SECTION

This article was submitted to
 Veterinary Emergency and Critical Care
 Medicine,

a section of the journal
 Frontiers in Veterinary Science

RECEIVED 06 October 2022

ACCEPTED 13 January 2023

PUBLISHED 02 February 2023

CITATION

Holzmann B, Werner M, Unterer S and Dörfelt R
 (2023) Utility of diagnostic tests in vomiting
 dogs presented to an internal medicine
 emergency service. *Front. Vet. Sci.* 10:1063080.
 doi: 10.3389/fvets.2023.1063080

COPYRIGHT

© 2023 Holzmann, Werner, Unterer and
 Dörfelt. This is an open-access article
 distributed under the terms of the [Creative
 Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use,
 distribution or reproduction in other forums is
 permitted, provided the original author(s) and
 the copyright owner(s) are credited and that
 the original publication in this journal is cited, in
 accordance with accepted academic practice.
 No use, distribution or reproduction is
 permitted which does not comply with these
 terms.

Utility of diagnostic tests in vomiting dogs presented to an internal medicine emergency service

Bettina Holzmann¹, Melanie Werner^{1,2}, Stefan Unterer^{1,2} and René Dörfelt^{1*}

¹Clinic of Small Animal Medicine, Centre for Clinical Veterinary Medicine, Ludwig-Maximilians University, Munich, Germany, ²Clinic for Small Animal Internal Medicine, Vetsuisse Faculty, University of Zurich, Zurich, Switzerland

Introduction: Vomiting is a common sign in dogs presenting to emergency services. It can be self-limiting, a sign of a life-threatening extraintestinal, or intestinal disorder. Reasonable diagnostics should be performed to determine the underlying cause. This study aimed to assess the utility of diagnostic tests in vomiting dogs, and its correlation with patient history, and physical examination results. Additionally, parameters to differentiate uncomplicated vomiting from complicated vomiting were investigated.

Methods: In this prospective, observational, clinical study, data from 99 client-owned dogs with vomiting, presenting as first opinion cases, were evaluated. History, physical examination, duration of clinical signs, overall number of episodes of vomiting, appetite, and additional clinical signs were recorded. The standardized diagnostic evaluation of all patients included venous blood gas analysis, complete blood count, serum biochemistry profile, canine pancreatic lipase, abdominal radiographs, ultrasound, and urinalysis. Follow-up was performed 4–5 days later. Based on severity of disease and clinical course, dogs were categorized to “uncomplicated vomiting” (UN), or “complicated vomiting” (COM). The utility of each test for diagnosing the cause of vomiting was evaluated. Spearman correlation coefficient, Chi-squared-, unpaired t-, and Mann–Whitney U-test were used. Statistical significance was defined as $p \leq 0.05$.

Results: Out of the 99 dogs, 34 had uncomplicated courses of disease (UN). In 60/99 cases, a diagnosis was obtained, and in 39/99 cases, the cause for vomiting remained unknown. Longer duration of clinical signs, and reduced appetite were associated with higher utility of abdominal ultrasound. A poor mentation was associated with a higher utility of blood examinations and abdominal radiographs. Dogs presenting with an impaired mentation or with additional clinical signs other than diarrhea, were more likely to be in the COM group.

Discussion: Based on this investigation, general recommendations concerning the diagnostic approach for patients with vomiting could not be provided. For dogs who have exclusively vomiting as a clinical sign, and present in good mentation, further investigations might not be beneficial, and these dogs may recover with symptomatic treatment alone. Additional diagnostics could be indicated in dogs with additional clinical signs other than diarrhea.

KEYWORDS

ultrasound, radiography, blood gas analysis, self-limiting vomiting, canine

1. Introduction

Vomiting is a common clinical sign in dogs, presented to emergency services. It may be self-limiting or may progress to chronic disorders or even life-threatening conditions. Approximately 19% of dogs in a normal dog population showed vomiting at least once during a two-week period (1).

Multiple differential diagnoses must be considered in vomiting dogs. In a study involving 213 dogs, the following conditions were reported as the most common causes of vomiting: gastrointestinal disorders, such as gastroenteritis or gastrointestinal foreign bodies, followed by systemic metabolic or toxic disorders, such as uremia, diabetic ketoacidosis, electrolyte disturbances, or intoxication (including drugs). Besides, non-gastrointestinal abdominal disorders such as pancreatic and hepatobiliary disorders or peritonitis, followed by neurological problems were documented as etiologies (2).

When vomiting is caused by an underlying severe local or systemic disorders patients require intensive treatment or surgical intervention. Identifying these specific cases at presentation can be challenging. The main goal of a rational workup of vomiting patients is to rapidly exclude or detect life threatening conditions or surgical indications as well as to select valuable and reasonable diagnostics. This is often based on empirical decisions, and inexperienced veterinarians can be uncertain about the correct diagnostic approach. It is in the owner's and veterinarian's best interest to perform adequate tests for an individual patient. However, the tests should be time- and economically efficient.

A recently published study demonstrated that a higher age and a higher frequency of vomiting was correlated with a better utility of sonography in dogs with chronic vomiting (3). However, another study reported, that radiography and ultrasound did not assist diagnosis in vomiting dogs in ~75 and 45% respectively (2).

Till date, none of the studies have investigated and compared the diagnostic utility of different tests in vomiting dogs with a standardized diagnostic approach. Furthermore, there is no data regarding the discrimination between cases of uncomplicated and complicated vomiting on the basis of parameters of the patient history and clinical presentation, or diagnostic values.

This prospective study aimed to describe the most prevalent causes of vomiting in dogs presented in an internal medicine emergency setting, and to assess the utility of different diagnostic tests in dogs with vomiting. In addition, the potential influence of anamnestic and clinical parameters on the utility of diagnostic tests should be determined. A second goal was to find parameters helping to differentiate uncomplicated from complicated cases of vomiting.

We hypothesized that the diagnostic utility of the performed tests would increase in patients with severe clinical signs. The presence of dehydration, severe abdominal pain, or additional clinical signs at presentation was expected to be predictive of complicated vomiting. Evidence of systemic disorders, for example polyuria and polydipsia (PU/PD), or abnormal rectal temperature was suspected to be associated with a higher diagnostic utility of laboratory tests. A longer duration of vomiting, was expected to be concomitant with a higher utility of imaging.

2. Material and methods

The study protocol was approved by the ethics committee of the Center of Clinical Veterinary Medicine (111-04-02-2018). Informed consent was obtained from all owners. Over a period of two years, client-owned dogs presenting with vomiting at an internal medicine emergency service, were enrolled in this prospective, observational, clinical study. Exclusively first-opinion cases were enrolled in the study. Patients were excluded if they had already been treated for their presenting condition prior to presentation, or if follow-up data were not available.

Detailed anamnestic information was gathered, with special attention to the time between the onset of vomiting and presentation, overall number of vomiting episodes, appetite (0 = normal, 1 = mild reduced, 2 = moderately reduced, 3 = severely reduced), and additional clinical signs. A complete physical examination was performed, and the results were documented for all dogs at the time of presentation. The following parameters were selected for evaluation: mentation (0 = normal, 1 = mildly reduced, 2 = moderately reduced, 3 = severely reduced), rectal temperature (categorized as hypo-, normo-, or hyperthermic; $<38.0^{\circ}\text{C}$, $38.0\text{--}39.0^{\circ}\text{C}$, $>39.0^{\circ}\text{C}$), percental dehydration status (evaluated on the basis of mucous membrane moisture, skin turgor, and position of bulbi), and abdominal tension (0 = soft, 1 = mildly tense, 2 = moderately tense, 3 = severely tense). The attending clinician estimated overall pain using a visual analog scale with a score from 1 (lowest) to 10 (highest level of pain). Patients were considered in shock if at least two of the following parameters were detected: increased heart rate (>120 bpm), red or pale mucous membranes, shortened (≤ 1 s) or prolonged (>2 s) capillary refill time, decreased pulse quality, and cold extremity temperature.

Standardized diagnostic evaluation for all patients included imaging and laboratory tests. Radiographs of the abdomen in right laterolateral and ventrodorsal views were recorded for every dog (FDR Smart X, Fuji Film, Minato, Japan) and assessed by a non-board-certified emergency clinician. This clinician also performed a standardized abdominal ultrasound examination to evaluate intra-abdominal organ echogenicity, size and shape, thickness, layering of gastric and intestinal walls, filling of the gastrointestinal tract, and the presence or absence of abdominal effusion (LOGIQ P6, GE Healthcare, Chicago, USA). Urinalysis (SediVue Dx, IDEXX Laboratories, Westbrook, USA) was performed, including a dip stick and evaluation of urine sediment. Venous blood gas analysis (Rapidpoint 405, Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Germany), complete blood count (XT 2000i, Sysmex GmbH, Kobe, Japan), serum biochemistry profile (Cobas Integra 400 plus analyzer, Roche diagnostics, Rotkreuz, Switzerland), and canine pancreas-specific lipase rapid test (SNAP cPL, IDEXX Laboratories, Westbrook, USA). A normal SNAP cPL result was rated as an exclusion of pancreatitis. In case of an abnormal SNAP cPL result, samples were subjected to quantitative assessment of specific canine pancreatic lipase (spec cPL, IDEXX Europa B.V., Hoofddorp, Netherlands). Spec cPL values over $400\ \mu\text{g/L}$ in combination with ultrasonographic abnormalities of the pancreatic region confirmed pancreatitis.

A diagnosis of acute hemorrhagic diarrhea syndrome (AHDS) was made in dogs with acute onset of hemorrhagic diarrhea. Drugs or toxins causing mucosal irritation (e.g., doxycycline, NSAIDs), previous events causing intestinal damage (e.g.,

TABLE 1 Diagnosis of 34/99 dogs with uncomplicated vomiting and 65/99 dogs with complicated vomiting.

Diagnosis	Uncomplicated vomiting (<i>n</i>)	Complicated vomiting (<i>n</i>)
Total	34	65
Anaphylaxis		1
Adhesive ileus		1
Acute hemorrhagic diarrhea syndrome		15
Pyelonephritis		2
Foreign body ileus		3
NSAID-associated gastrointestinal hemorrhage		3
Giardiasis		3
Heat stroke		1
Hepatopathy		1
Ileum coprostasis		2
Intestinal lymph node abscess		1
Intestinal lymphoma		1
Pyometra		2
Non-obstructive foreign body	1	3
Pancreatitis	3	13
Pesticide toxicity		1
Protein-losing nephropathy		1
Undefined neoplasia		1
Undefined Intoxication		1
Unknown cause	30	9

blood loss, heat stroke), acute liver or kidney failure, acute pancreatitis, gastrointestinal obstruction, giardia-infection or other gastrointestinal parasites had to be excluded in these patients.

The utility of each diagnostic test for diagnosis of the cause of vomiting was evaluated using the following scale adapted from a previous study (3):

1. The test obtained the diagnosis.
2. The test provided very important information or helped reach a diagnosis. This was crucial for diagnosis.
3. The test provided information that helped assess other data or make a diagnosis.
4. The test provided descriptive information that did not affect the diagnosis. The same diagnosis would have been made without performing the test.
5. The test provided conflicting information, that did not support or hindered the diagnosis.

In case of out-patient treatment, the owner was contacted for follow-up *via* phone or email 4–5 days after the initial presentation. Dogs were assigned to the group “uncomplicated vomiting” (UN) if only symptomatic treatment as defined below led to recovery within this time, and if dogs remained asymptomatic until the time of follow-up even after discontinuing antiemetic therapy.

Dogs were classified to the group “complicated vomiting” (COM) when further investigation, surgery, or more intensive support, that exceeded symptomatic treatment as defined below, were required. If a dog had to be hospitalized, presented for further treatment or had not recovered until follow-up, it was classified as complicated vomiting.

Medication was not standardized for the dogs included in the study. While all patients were received maropitant, additional medications, such as analgesics, antibiotics, and gastrointestinal protectants, were selected individually, depending on the diagnostic results. Symptomatic treatment included administration of one antiemetic drug for a maximum of 2 days, and if considered appropriate by the attending clinician, short-time intravenous or subcutaneous infusion-therapy, analgesics, gastrointestinal protectants, and probiotics.

2.1. Data analysis and statistics

Statistical analysis was performed with a commercial program (SPSS Statistics version 26, IBM, Armonk, USA).

Normality of the data was analyzed using the Kolmogorov-Smirnov test. Normally distributed data are presented as mean (*m*) ± standard deviation (SD) and non-normally distributed data were presented as medians and ranges. To investigate the correlation between the diagnostic utility of different tests (blood examination, abdominal radiographs, ultrasonography, urinalysis, SNAP cPL) and ordinal or metric parameters like age, duration of clinical signs, overall number of vomiting episodes, mentation, abdominal tension, temperature, dehydration, and pain, the Spearman correlation coefficient was calculated. Furthermore, for nominal parameters (additional clinical signs), the Chi-squared test was performed.

To evaluate the differences in parameters between the COM and UN groups for normally distributed data, an unpaired *t*-test was performed. For non-normally distributed data, the Mann-Whitney U-test was used. For ordinal parameters, the Chi-squared test was performed to detect differences between the two groups. Statistical significance was defined as $P \leq 0.05$. Due to the explorative nature of this study, *p*-values were not adjusted for multiple comparisons to reduce the probability of Type II error.

3. Results

A total of 101 dogs were included in this study. Two dogs were lost to follow-up and excluded from the analysis. Out of the 99 dogs completing the study, 54 (55%) were female (31 spayed and 23 intact), and 45 (45%) were male (15 neutered and 30 intact). The most common breed was mixed breed (34/99; 34%), followed by Dachshund (7/99; 7%), Labrador Retriever (4/99; 4%), Maltese (4/99; 4%), Jack Russel Terrier (3/99; 3%), Chihuahua (3/99; 3%), and Bichon Frisé (3/99; 3%). Other breeds had less than three individuals.

The median age was 5.0 years (range 0.2–16.0 years), with 6/99 dogs being under 6 months of age and 13/99 dogs being 10 years or older. The bigger part of the study population (59/99; 60%) were young and middle-aged adult dogs (age 1–10 years). The median body weight was 9.7 kg (range 1.9–43.0 kg). Prior to presentation, the median duration of vomiting was 8 hours (range, 1–330 h), and the median number of vomiting episodes was 5 (range, 1–28).

TABLE 2 Utility score of different diagnostic tests in 99 dogs with vomiting.

Utility score	Blood examination	Radiography	Urinalysis	Sonography	SNAP cPL
	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>	<i>N</i>
1	1	3	1	3	16
2	3	3	4	14	0
3	23	2	0	19	2
4	70	87	82	57	70
5	2	4	12	6	11
Median	4	4	4	4	4

TABLE 3 Spearman correlation between clinical parameters and utility score of different diagnostic tests in 99 dogs with vomiting.

Parameter	Blood examination		Radiography		Urinalysis		Sonography		SNAP cPL	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Age	-0.143	0.158	-0.013	0.764	-0.048	0.636	-0.207	0.291	-0.115	0.257
Duration	-0.04	0.691	-0.086	0.397	-0.014	0.891	-0.237	0.018	0.044	0.666
Frequency	0.128	0.208	0.146	0.148	-0.045	0.656	0.042	0.678	-0.101	0.321
Appetite	0.055	0.587	0.032	0.751	-0.080	0.431	-0.257	0.010	-0.018	0.860
Mentation	-0.255	0.011	-0.222	0.027	-0.126	0.213	-0.054	0.598	0.053	0.601
Abdominal tension	-0.022	0.823	0.039	0.700	-0.080	0.433	0.143	0.157	0.054	0.596
Temperature	0.086	0.398	0.002	0.982	-0.015	0.880	-0.104	0.304	-0.120	0.237
Dehydration	-0.166	0.101	-0.045	0.661	0.135	0.181	-0.078	0.441	-0.042	0.680
Pain	-0.111	0.272	0.004	0.966	-0.030	0.771	0.116	0.251	0.086	0.398

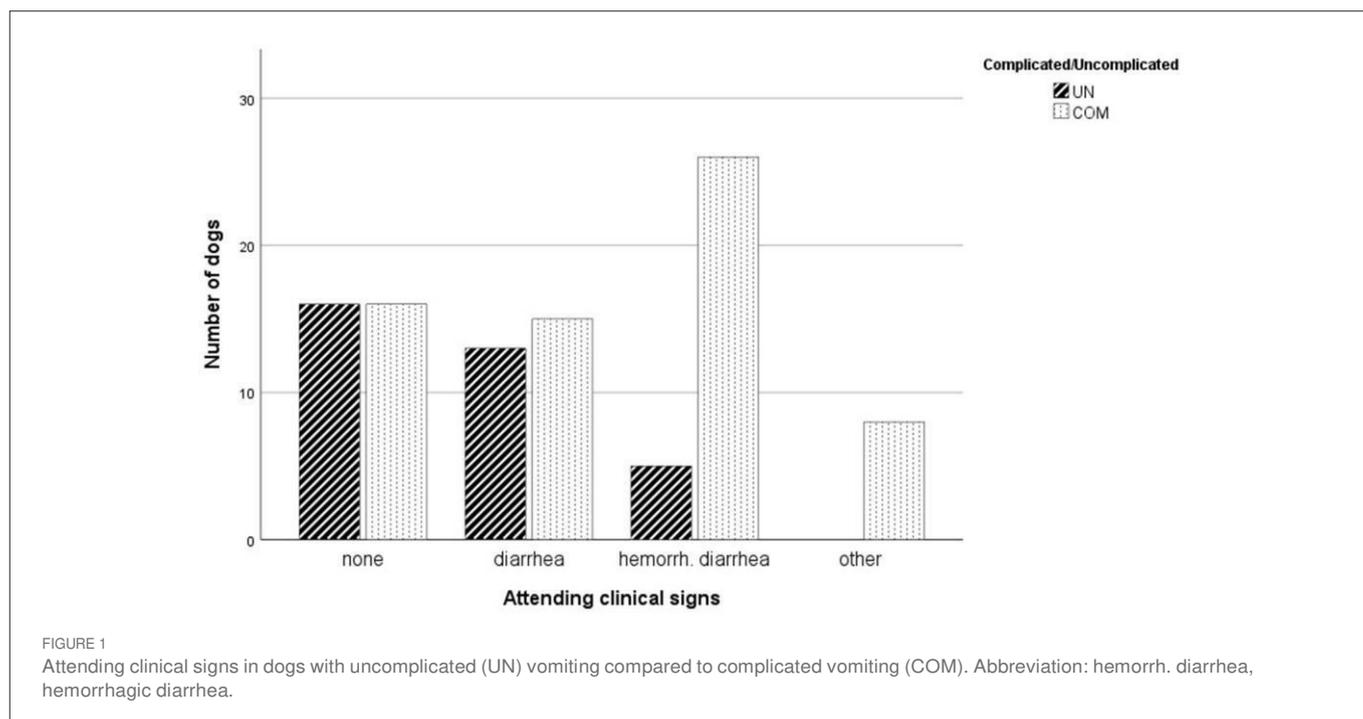
The bold values are statistically significant ($p < 0.05$).

p, significance; *r*, correlation coefficient; SNAP cPL, SNAP canine pancreatic lipase.

TABLE 4 Comparison of demographic, anamnestic, and clinical parameters of 34 dogs with uncomplicated vomiting and 65 dogs with complicated vomiting.

Parameter	Uncomplicated	Complicated	<i>p</i> -value
	(<i>n</i> = 34)	(<i>n</i> = 65)	
Age (years)	4 (0.2–13.5)	5.5 (0.2–16)	0.632
Duration (h)	8 (1–90)	8 (1–330)	0.822
Appetite (0/1/2/3)	11/4/8/11	16/9/20/20	0.802
Vomiting episodes	4.5 (1–15)	5 (1–28)	0.301
Additional clinical signs	18 (53%)	50 (76%)	0.023
Mentation (0/1/2/3)	7/26/1/0	11/31/19/4	0.004
Temperature (hypo-/normo-/hyperthermic)	1/29/4	12/69/18	0.037
Abdominal tension (0/1/2/3)	7/17/9/1	16/12/27/9	0.013
Heart rate (/min)	110 (56–200)	120 (68–220)	0.015
Dehydration (%)	6 (0–8)	6 (0–9)	0.022
Pain score	4 (0–7)	5 (1–9)	0.019

Values are presented as median and range or absolute number of dogs. *P*-values in bold are significant.



The most common additional clinical sign was diarrhea (61/99; 61%), which was hemorrhagic in 31/61 (51%) dogs. A total of five dogs (5%) exhibited polyuria/polydipsia, and two of these had diarrhea. Tremor and ataxia, dyspnea, and pruritus were displayed each by one dog. Thirty-two of 99 (32%) dogs presented with vomiting as the only clinical sign.

In 34/99 (34%) dogs, vomiting resolved with symptomatic treatment within 4–5 days (group UN), while 65/99 (66%) dogs were categorized into the group COM. A definite diagnosis was made in 60/99 (61%) dogs (Table 1). In 30/34 (88%) cases in group UN and 9/65 (14%) cases in group COM, no underlying disorder could be identified with the performed diagnostics. These cases were defined as uncomplicated or complicated vomiting of unknown origin.

In 24/60 (40%) cases, the diagnosis was obtained by one of the standardized diagnostic tests. In 8/60 (13%) cases with a definite diagnosis, other diagnostic examinations, such as cytology, (exploratory) laparotomy, bacterial culture or fecal examination were required. In 4/60 (6%) cases, diagnosis was made based on clinical presentation and patient history (heat stroke, anaphylaxis, intoxication). Acute hemorrhagic diarrhea syndrome (AHDS) was diagnosed in 15/60 cases (25%) according to the previously defined clinical criteria. In the 9/65 (14%) remaining cases, a combination of different tests and clinical data led to a definite diagnosis.

One dog with clinical assessment of uncomplicated vomiting was hospitalized for one night at the owner's request. All other dogs in this group (33/34; 97%) were treated as outpatients with symptomatic treatment. In group COM, 53/65 (81.5%) dogs were hospitalized, while 12/65 (18%) were treated as outpatients, and were re-presented to the clinic or to the referring veterinarian for further diagnostic workup or treatment. A total of seven dogs from group COM (7/65; 11%) were referred for surgery to address the underlying problem. Two of these dogs (2/7; 29%) died due to intra- and postoperative complications (intraoperative cardiopulmonary arrest in one dog with foreign body ileus and suspected postoperative intra-abdominal steatitis in one dog with ileal coprostasis). Two dogs (2/65; 3%) were

euthanized because of poor prognosis of the underlying disorders (intestinal lymphoma, end stage liver disease).

3.1. Relationship between diagnostic parameters and utility score

3.1.1. Primary blood examination

Blood examinations enabled diagnosis in one dog [1/99; 1%; non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID)-associated gastrointestinal hemorrhage] and did not affect diagnosis in 70/99 (71%) dogs (Table 2).

Utility of blood examination had a weak negative correlation with mentation ($P = 0.011$, $r = -0.255$). This finding implicates superior utility of blood examinations in dogs with impaired mentation.

There was a significant connection between the utility of blood test and attending clinical signs ($P = 0.028$). There was a greater utility of blood test in dogs that showed additional clinical signs other than non-hemorrhagic diarrhea.

3.1.2. Abdominal radiographs

Radiographs confirmed the diagnosis in 3/99 (3%) dogs (2 foreign body ileus, 1 ileal coprostasis). In 87/99 (88%) dogs, the same diagnosis could have been made without radiographs (Table 2). In one case of an obstructive foreign body, radiographs were assessed as non-obstructive, and were therefore misleading.

There was a significant negative correlation between the utility of radiographs and the patients' mentation ($P = 0.027$; $r = -0.222$; Table 3).

3.1.3. Urinalysis

Diagnosis was obtained *via* urinalysis in one dog (pyelonephritis), and provided important information in 4/99 (4%) patients. In

TABLE 5 Comparison of the results of venous blood gas and hematologic and biochemistry profile of 34 dogs with uncomplicated vomiting and 65 dogs with complicated vomiting.

Parameter	Uncomplicated	Complicated	p-value
pH- Status (azidemia/normal/alkalemia)	2/32/9	6/59/9	0.562
Chloride (mmol/l)	109 (103–114)	110 (99–118)	0.719
Potassium (mmol/l)	3.87 ± 0.27	3.99 ± 0.39	0.103
Sodium (mmol/l)	145 ± 2.7	145 ± 3.8	0.817
Lactate (mmol/l)	1.9 (0.8–7.5)	2.2 (0.8–6.0)	0.155
Hematocrit (l/l)	0.52 ± 0.07	0.53 ± 0.09	0.517
Leucocyte counts (G/l)	12.1 (5.86–27.4)	9.8 (6.5–25.5)	0.517
Neutrophil count (G/l)	9.56 (3.63–18.31)	9.82 (3.59–22.48)	0.415
Lymphocyte count (G/l)	1.64 (0.62–6.70)	1.4 (0.22–5.21)	0.079
Urea (mmol/l)	6.1 (2.6–107.0)	5.8 (2.4–28.1)	0.782
Creatinine (µmol/l)	61 (22–110)	58.0 (4.4–141.0)	0.974
Protein (g/l)	57.9 ± 6.5	56.2 ± 8.9	0.320
Albumin (g/l)	39.9 (31.2–44.4)	36.6 (20.1–53.1)	0.079
Alkaline phosphatase (U/l)	39 (3–268)	54 (10–1,008)	0.024
Alanine-Aminotransferase (U/l)	55 (12–457)	65 (19–852)	0.528
Glucose (mmol/l)	6.0 (4.4–7.5)	6.0 (2.5–12.0)	0.376
SNAP cPL (normal/abnormal)	29/7	43/22	0.169
Specific cPL (µmol/l)	657 ± 590	964 ± 668	0.290

Normally distributed values are presented as mean ± standard deviation, non-normally distributed values are presented as median and range. p-values in bold are significant. cPL, canine pancreatic lipase.

TABLE 6 Comparison of ultrasonographic intestinal wall thickness in 34 dogs with uncomplicated vomiting and 65 dogs with complicated vomiting.

Parameter	Uncomplicated	Complicated	p-value
Gastric wall (cm; mean ± SD)	0.33 ± 0.11	0.37 ± 0.09	0.034
Duodenal wall (cm; median, range)	0.41 (0.21–0.65)	0.39 (0.23–0.68)	0.211
Colonic wall (cm; median, range)	0.20 (0.09–0.34)	0.20 (0.09–0.53)	0.968

The bold value is statistically significant.

most cases (82/99, 83%), urinalysis did not help in establishing a diagnosis, and in 12/99 (12%) cases, the results of urinalysis were misleading. Proteinuria (7/12, 58%), ketones (5/12, 42%), and glucosuria (1/12, 8%) were detected *via* urine sticks, and bacteriuria was reported in 8/12 (67%) dogs. In 10/12 (83%) dogs, a combination of these findings led to misinterpretation, as there was no underlying renal or urinary disorder explaining vomiting in any of these cases.

No significant correlation was observed between the diagnostic utility of urinalysis and any of the parameters (Table 3).

3.1.4. Ultrasound

Abdominal ultrasonography obtained the diagnosis in one case of an obstructive intestinal foreign body and in two cases of pyometra. In one case of foreign body ileus, sonography was crucial for diagnosis, as the diagnosis was made based on a combination of sonographic and radiographic findings. In the third case of foreign body ileus, sonography was misleading as no signs of obstruction were observed.

Abdominal ultrasound was crucial or helpful to make a diagnosis (Score 2 and 3) in 33/99 (33%) dogs.

The diagnostic utility of ultrasound was weakly negatively correlated with the patient's appetite ($P = 0.010$, $r = -0.257$) and the duration of vomiting ($P = 0.018$, $r = -0.237$). A negative correlation indicates that the diagnostic utility of abdominal ultrasound increases with a longer duration of vomiting and more impaired appetite (Table 3).

3.1.5. SNAP cPL

SNAP cPL obtained the diagnosis of pancreatitis in 16/99 (16%) cases, supported by elevated spec cPL levels and sonographic findings. SNAP cPL was positive in 29/99 cases. In 7/29 cases (24%), spec cPL levels were low and in one dog with spec cPL over 400 µg/l no sonographic evidence of pancreatitis was detected. SNAP cPL was rated as misleading in these cases. In two dogs with high spec cPL levels, pancreatic enzyme leakage was believed to be secondary (giardiasis and hepatopathy).

No significant correlations were detected with any of the parameters investigated (Table 3).

3.2. Differentiation between uncomplicated and complicated vomiting

3.2.1. History

There were significantly more dogs with additional clinical signs in the COM group than in the UN group ($P = 0.023$; Table 4). If dogs had additional clinical signs other than non-hemorrhagic diarrhea, they were likely to have complicated vomiting ($p < 0.001$). Dogs presenting with dyspnea, PU/PD, or ataxia were all assigned to COM and only 5/31 (16%) dogs with hemorrhagic diarrhea had uncomplicated vomiting (Figure 1).

3.2.2. Physical examination

There was a significant difference in the mentation of patients between the two groups ($p = 0.004$). Dogs with a moderately or severely reduced mentation ($P = 0.004$) were more likely to have complicated vomiting. Dogs with complicated vomiting had significantly increased abdominal tension ($P = 0.013$), increased pain score ($P = 0.019$), and a higher heart rate ($P = 0.015$) than those with uncomplicated vomiting. Additionally, dogs with complicated vomiting were significantly more dehydrated ($P = 0.022$) than those with uncomplicated vomiting. There were significantly more dogs with abnormal body-temperature in group COM than in group UN ($P = 0.037$; Table 4). A total of 30/99 dogs (30%) were either hypo- or hyperthermic (12/30; 40% and 18/30; 60%). Out of these dogs, only 5/30 (17%) were assigned to group UN. A total of 26/99 dogs (26%) were presented with shock and all of these dogs were classified as complicated vomiting.

3.2.3. Initial blood examination

Only Alkaline phosphatase was significantly higher in the COM ($p = 0.024$, Table 5) than in the UN group.

3.2.4. Ultrasound

The different gastric wall thickness measures between the UN ($0.33 \text{ cm} \pm 0.11 \text{ cm}$; $P = 0.034$) and the COM ($0.37 \pm 0.09 \text{ cm}$) groups had a significance; however, the total numbers barely show any measurable difference. The duodenal and colonic wall thicknesses did not differ between the groups ($P = 0.211$ and $P = 0.968$, respectively; Table 6).

3.2.5. SNAP cPL

SNAP cPL was abnormal in 29/99 (29%) dogs (seven dogs from UN and 22 dogs from COM group; $P = 0.169$). Mean spec cPL values in dogs with abnormal SNAP cPL in the COM group ($964 \pm 668 \mu\text{g/l}$) were not significantly different from those in the UN group ($657 \pm 590 \mu\text{g/l}$; $p = 0.290$; Table 5).

4. Discussion

The choice of diagnostic tests for patients with vomiting remains empirical. Few studies have investigated the utility of diagnostic tests for dogs with vomiting. One study evaluated the utility of abdominal ultrasonography in vomiting dogs. However, thereby exclusively chronically vomiting patients were included (3). Another study had a retrospective design without a standardized diagnostic protocol (2). In contrast, this study had a prospective design and evaluated the diagnostic utility of different tests using a standardized diagnostic approach.

In the present study, a definite diagnosis was achieved by initial blood tests (bloodgas analysis, complete blood count, serum biochemistry profile) in only one dog, which is contrary to the results of a previous study in which a diagnosis by blood tests was possible in 13% of the cases (2). The present study was conducted in an emergency setting. Therefore, the utility of the initial blood tests, which can usually be performed in-house, was assessed. Further examinations, such as endocrine testing, diagnostics for infectious diseases and parameters for clinical chemistry analysis, such as bile acids or ammonia, were not part of the initial blood tests. It should be noted that in the aforementioned study, this kind of laboratory testing was also included in the assessment (2), which might explain the divergence.

A significant correlation between the mentation and the diagnostic value of blood examinations was found, suggesting that dogs with a reduced mentation tend to have more significant deviations in blood results. For example, loss of chloride, sodium, potassium, and bicarbonate due to profuse vomiting can cause electrolyte and acid-base imbalances which might impair mentation (4, 5).

Attending clinical signs showed a significant impact on the utility of blood tests. Hemorrhagic diarrhea and other clinical signs (PU/PD, dyspnea, tremor, pruritus) were associated with a better diagnostic utility compared to non-hemorrhagic diarrhea or absence of additional clinical signs. At total of 15/31 dogs (48%) with hemorrhagic diarrhea was diagnosed with AHDS, which is often accompanied by marked hemoconcentration in combination with normal or reduced protein and albumin levels (6, 7). Blood examinations can deliver important information in these cases.

There was a significant correlation between the patients' mentation and the utility of abdominal radiographs. In case of severely impaired mentation, or acute signs in association with abdominal distention, efforts should be made to rapidly exclude life-threatening conditions, such as foreign bodies, gastric dilatation and volvulus or intestinal volvulus. Therefore, abdominal radiography is generally recommended unstable patients with vomiting (8). In the present study, radiographs were mainly redundant (87/99) for reaching a diagnosis; however, they were often essential to rule out gastrointestinal obstructions.

In 4/99 (4%) cases, radiographs were misleading. In three of these patients (3/4; 75%), gastrointestinal obstruction was suspected through radiographs; however, it could not be confirmed by repeated radiography, sonography, or clinical course of disease. In one case, radiographs were interpreted as nonobstructive, although there was an obstructive foreign body. Numerous studies have evaluated the utility of radiographs in the diagnosis of gastrointestinal obstruction (9–12). The sensitivity of plain radiography for the diagnosis of small

intestinal obstruction varied between 76.8 and 87%, while specificity varied between 82.2 and 90.8% (9). In the present study, radiography was diagnostic in 2/3 (67%) cases of foreign-body ileus, as well as in one case of ileal coprostitis.

Urinalysis was decisive in diagnosis of only one case and provided important information in 7/99 cases (5.1%, score ≤ 3). In a previous retrospective study, urinalysis enabled or assisted diagnosis in 12.2% of cases (2). The less number of dogs with metabolic or endocrine disorders (e.g., kidney or liver failure, diabetes mellitus and diabetic ketoacidosis) in the present study might have contributed to these divergent findings.

Sonography obtained the diagnosis of 3/99 patients (3%; one foreign body ileus, two pyometra), while it was not helpful for diagnosis (score = 4) in 60/99 (61%) cases. These results are similar to the results of two other studies, in which diagnosis was obtained *via* sonography in 4% and 9% cases, and where the same diagnosis would have been reached without sonography in 68.5% and 53% of the dogs, respectively (2, 3).

A previous study investigated the utility of abdominal ultrasonography in dogs with chronic vomiting. Significant associations between the diagnostic utility and the patients' age, the number of vomiting episodes per week, the duration of vomiting and presence of weight loss were detected (3). In the present study, the percentage of weight loss was not included into the analysis, as very few dogs had any weight loss. Yet, there was also a significant correlation between duration of vomiting and utility of abdominal sonography. Additionally, other than in the before mentioned study, there was a significant association between utility of ultrasound and the patients' appetite.

The most common sonographic signs of gastrointestinal inflammation are mild and diffuse thickening of the gastrointestinal walls, mostly without loss of layering, and mild enlargement of regional lymph nodes (13–15). These findings were also present in some cases with no definite diagnoses (14/39, 35%). It can be assumed that acute gastroenteritis caused vomiting in many of these cases. However, without endoscopy, no definite proof of this suspicion exists and the diagnosis of these cases remains unclear.

SNAP cPL was abnormal in 29/99 (29%) cases. This test is very sensitive (91.5–94.1%) but not very specific (71.1–77.5%) for pancreatitis (16). As no single assay has a specificity high enough to diagnose pancreatitis on its own, recent study suggested the combination of clinical presentation, blood results and abdominal sonography to establish a definite diagnosis of pancreatitis (17). Therefore, in this study the tentative diagnosis of pancreatitis was confirmed when dogs showed elevated spec cPL levels and ultrasonographic evidence of pancreatitis. A negative SNAP cPL occurred in 70/99 dogs (71%) and is highly predictive of the absence of pancreatitis, but false-negative results may occasionally occur (18). As spec cPL was only measured in dogs with a positive SNAP cPL, the number of pancreatitis cases as an underlying cause of vomiting could have been underestimated. On the other hand, three dogs with ultrasonographic pancreatic changes and elevated spec cPL levels made an uncomplicated recovery within a few days. This could retrospectively challenge the initial diagnosis and raise the question if pancreatitis as an underlying cause of emesis could also have been overestimated.

Several criteria differed significantly between the UN and COM groups. Concurrent clinical signs, other than diarrhea, were more frequent in the COM group. Vomiting is often accompanied by

diarrhea in cases of enteritis (15). A survey of 772 dogs showed that over a 2 week period, vomiting was present in 18.9% and diarrhea in 14.9% of dogs. Most of these episodes were self-limiting (1). When diarrhea was hemorrhagic, dogs were mostly in group COM (26/31; 84%). Approximately half of the dogs with hemorrhagic diarrhea (15/31; 48%), were diagnosed with AHDS and all of them had complicated vomiting. The etiology of this syndrome remains unknown and it is a diagnose of exclusion (6, 19, 20). Here, the diagnosis AHDS was made based on the typical presentation and clinical course of the dogs. All dogs diagnosed with AHDS had negative fecal examinations and a sufficient vaccination status. Thus, parasitic or parvoviral infections were unlikely. However, other underlying problems, e.g., viral or bacterial infections not tested for in this study, cannot be fully excluded.

Dogs presenting with impaired mentation were more likely to be in the COM group, and abdominal tension and pain score were higher in the COM group. Additionally, most of the dogs with abnormal body-temperature and all dogs with shock were assigned to the COM group. The decision to hospitalize a patient was made by the attending clinicians and was based on their subjective clinical assessment of the dog. It is safe to assume that most clinicians would recommend inpatient admission for dogs in shock, with impaired mentation, severe abdominal pain, or strongly deviant rectal temperature rather than sending them home with supportive treatment. Possibly, some hospitalized patients would also have recovered at home, so these findings could be biased.

4.1. Limitations

Dogs were classified as having UN if they recovered within a few days of presentation with symptomatic treatment only. As follow-up was performed only once, it cannot be excluded that some dogs showed relapse after the follow-up call.

This study was conducted in an internal medicine emergency department. Accordingly, no dogs that obviously required surgical intervention were presented. Dogs with witnessed intake of foreign bodies, with copremesis, or large breed dogs with massive, fast-growing abdominal distention, suspicious for gastric dilatation volvulus, are commonly presented directly to a clinic with surgical facilities. Therefore, such patients were not included in this study. This might have reduced the number of obstructive diseases, such as intestinal foreign bodies, intussusception, volvulus, or other conditions requiring surgical intervention. If the same study is performed in a surgical or mixed clinic, other results could be achieved. On the other hand, another study investigating causes of vomiting in dogs found gastrointestinal foreign bodies in 10/213 dogs (4.7%) (2), which is comparable to the present study, where obstructive foreign bodies (3/99; 3%) and adhesive ileus (1/99; 1%) were also uncommon diagnoses.

The utility of blood examinations might have been underestimated because there were no cases of severe azotemia or parvovirus in the study population. As these conditions show typical deviations in different blood parameters and can lead to vomiting, blood tests would have been rated very useful in these cases. Although parvovirus is rarely seen in Germany (21), where the study was performed, this infectious disorder might be common in other areas and thus specific tests for diagnosis and identification of

complicating factors of parvovirus (e.g., neutropenia) are indicated in every dog under 6 months of age as well as in every unvaccinated or inadequately vaccinated dog with acute gastrointestinal signs.

The quality of abdominal sonography and the accuracy of abdominal radiograph evaluation are strongly dependent on the experience and skills of the examiner. In the present study, non-board-certified emergency clinicians performed and evaluated the abdominal imaging. Although these veterinarians had comparable qualifications and training, their work experience and skills differed. This might have led to bias in the assessment of diagnostic utility, or even misdiagnosis. Nevertheless, daily clinical routine should be represented by the study design. In emergency services, particularly during night shifts, personnel are reduced and specialists are mostly not available.

The median utility was similar in the different diagnostic tests and every test was redundant in a high number of cases. This might follow from the high number of patients without a definite diagnosis. However, evaluating the diagnostic utility of a test does not give any information about its importance to exclude severe underlying causes. Consequently, a test that was rated low in diagnostic utility, can still be decisive to rule out possible life-threatening conditions like severe azotemia, anemia, intestinal foreign bodies and others.

As previously mentioned, *p*-values were not adjusted for multiple comparison between UN and COM because of the explorative nature of these tests. Therefore, the results must be interpreted with caution, and further investigations are needed to confirm their integrity.

4.2. Conclusion

The median utility score was similar for the evaluated diagnostic tests.

Factors that correlated with greater utility were impaired mentation, and attending clinical signs other than diarrhea for the initial blood examinations. Impaired appetite and a longer duration of vomiting were identified as correlating factors for abdominal sonography.

Patients with additional clinical signs other than diarrhea and dogs presenting with impaired mentation, shock, or severe abdominal pain were more likely to have a complicated disease course.

Based on the findings of this study, it seems reasonable to include ultrasonography into the diagnostic plan for dogs with impaired appetite and a longer duration of vomiting.

Referring to the large number of dogs where diagnostic tests were redundant, it seems legitimate to not standardly do further tests in clinically unremarkable dogs, particularly if they do not show attending clinical signs. However, to exclude severe underlying conditions and to meet the owners' wishes and concerns, basis testing are still often required.

References

1. Hubbard K, Skelly BJ, McKelvie J, Wood JL. Risk of vomiting and diarrhoea in dogs. *Vet Rec.* (2007) 161:755–7. doi: 10.1136/vr.161.22.755

Owing to the broad spectrum of underlying causes of emesis in dogs, reliable recommendations cannot be made for all vomiting patients, and further workup needs to be undertaken.

Data availability statement

The original contributions presented in the study are included in the article/[Supplementary material](#), further inquiries can be directed to the corresponding author.

Ethics statement

The animal study was reviewed and approved by Ethics Committee of the Center of Clinical Veterinary Medicine. Written informed consent was obtained from the owners for the participation of their animals in this study.

Author contributions

RD, BH, and SU: conceptualization, investigation, and methodology. BH: data curation and writing—original draft. BH and RD: formal analysis. RD: supervision. MW, SU, and RD: writing—review and editing. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Supplementary material

The Supplementary Material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2023.1063080/full#supplementary-material>

2. Rosé A, Neiger R. Causes of vomiting in dogs and usefulness of clinical investigations. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere.* (2013) 41:16–22. doi: 10.1055/s-0038-1623680

3. Leib MS, Larson MM, Panciera DL, Troy GC, Monroe WE, Rossmeisl JH, et al. Diagnostic utility of abdominal ultrasonography in dogs with chronic vomiting. *J Vet Intern Med.* (2010) 24:803–8. doi: 10.1111/j.1939-1676.2010.0540.x
4. Tello L, Perez-Freytes R. Fluid and electrolyte therapy during vomiting and diarrhea. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* (2017) 47:505–19. doi: 10.1016/j.cvsm.2016.09.013
5. Boag AK, Coe RJ, Martinez TA, Hughes D. Acid-base and electrolyte abnormalities in dogs with gastrointestinal foreign bodies. *J Vet Intern Med.* (2005) 19:816–21. doi: 10.1111/j.1939-1676.2005.tb02770.x
6. Mortier F, Strohmeyer K, Hartmann K, Unterer S. Acute haemorrhagic diarrhoea syndrome in dogs: 108 cases. *Vet Rec.* (2015) 176:627. doi: 10.1136/vr.103090
7. Trotman TK. Gastroenteritis. In: Silverstein D, Hopper K. *Small Animal Critical Care*. 2. St. Louis: Elsevier. (2015) p. 622–6. doi: 10.1016/B978-1-4557-0306-7.00117-3
8. Nelson RW, Couto CG. *Innere Medizin der Kleintiere*. München: Urban & Fischer In Elsevier. (2010) p. 380.
9. Zatloukal J, Crha M, Lorenzová J, Husník R, Kohout P, Nečas A. The comparative advantage of plain radiography in diagnosis of obstruction of the small intestine in dogs. *Acta Vet Brno.* (2004) 73:365–74. doi: 10.2754/avb200473030365
10. Finck C, D'Anjou MA, Alexander K, Specchi S, Beauchamp G. Radiographic diagnosis of mechanical obstruction in dogs based on relative small intestinal external diameters. *Vet Radiol Ultrasound.* (2014) 55:472–9. doi: 10.1111/vru.12153
11. Graham JP, Lord PF, Harrison JM. Quantitative estimation of intestinal dilation as a predictor of obstruction in the dog. *J Small Anim Pract.* (1998) 39:521–4. doi: 10.1111/j.1748-5827.1998.tb03698.x
12. Ciasca TC, David FH, Lamb CR. Does measurement of small intestinal diameter increase diagnostic accuracy of radiography in dogs with suspected intestinal obstruction? *Vet Radiol Ultrasound.* (2013) 54:207–11. doi: 10.1111/vru.12032
13. Agthe P. Ultrasonography of the gastrointestinal tract and associated organs in dogs and cats. *In Pract.* (2009) 31:182–8. doi: 10.1136/inpract.31.4.182
14. Penninck DG, Nyland TG, Fisher PE, Kerr LY. Ultrasonography of the normal canine gastrointestinal tract. *Vet Radiol Ultrasound.* (1989) 30:272–6. doi: 10.1111/j.1740-8261.1989.tb01799.x
15. Penninck D, Smyers B, Webster CR, Rand W, Moore AS. Diagnostic value of ultrasonography in differentiating enteritis from intestinal neoplasia in dogs. *Vet Radiol Ultrasound.* (2003) 44:570–5. doi: 10.1111/j.1740-8261.2003.tb00509.x
16. McCord K, Morley PS, Armstrong J, Simpson K, Rishniw M, Forman MA, et al. A multi-institutional study evaluating the diagnostic utility of the spec cPL™ and SNAP® cPL™ in clinical acute pancreatitis in 84 dogs. *J Vet Intern Med.* (2012) 26:888–96. doi: 10.1111/j.1939-1676.2012.0951.x
17. Cridge H, MacLeod A, Pachtlinger G, Mackin A, Sullivant A, Thomason J, et al. Evaluation of SNAP cPL, Spec cPL, VetScan cPL rapid test, and precision psl assays for the diagnosis of clinical pancreatitis in dogs. *J Vet Intern Med.* (2018) 32:658–64. doi: 10.1111/jvim.15039
18. Haworth MD, Hosgood G, Swindells KL, Mansfield CS. Diagnostic accuracy of the SNAP and Spec canine pancreatic lipase tests for pancreatitis in dogs presenting with clinical signs of acute abdominal disease. *J Vet Emerg Crit Care.* (2014) 24:135–43. doi: 10.1111/vec.12158
19. Unterer S, Hartmann K. Akuter blutiger Durchfall beim Hund—Ursachen und diagnostische Aufarbeitung. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere.* (2009) 37:261–8. doi: 10.1055/s-0038-1622796
20. Unterer S, Strohmeyer K, Kruse BD, Sauter-Louis C, Hartmann K. Treatment of aseptic dogs with hemorrhagic gastroenteritis with amoxicillin/clavulanic acid: a prospective blinded study. *J Vet Intern Med.* (2011) 25:973–9. doi: 10.1111/j.1939-1676.2011.00765.x
21. Klinger CJ. *Analyse des Fallaufkommens in deutschen Tierarztpraxen [Dissertation]*. Munich: Ludwig-Maximilian Universität München. (2016).

IV. DISKUSSION

Zum Nutzen weiterführender Diagnostik bei Erbrechen gibt es nur wenige klinische Studien. In einer Studie zum Nutzen von abdominalem Ultraschall bei Hunden mit chronischem Erbrechen zeigte sich, dass in fast 70% der Fälle die gleiche Diagnose auch ohne die Untersuchung gestellt worden wäre. Nur in 4,5% der Fälle wurde die Diagnose mittels Ultraschall gestellt. Parameter, die eine signifikante Korrelation mit dem Nutzen zeigten, waren Alter, Häufigkeit des Erbrechens, die Dauer der Symptome, und prozentualer Gewichtsverlust (LEIB MS et al., 2010). Hierbei ist aber vor allem zu beachten, dass die Hunde der genannten Studie chronisches Erbrechen zeigten und dass dafür differentialdiagnostisch andere Ursachen in Frage kommen als für akutes Erbrechen. Eine weitere Studie evaluierte den diagnostischen Nutzen unterschiedlicher Untersuchungen bei Hunden mit Erbrechen, ohne Eingrenzung der Symptombdauer. Die häufigsten Ursachen waren gastrointestinaler Natur (43,7%). In 12,2% der Fälle konnte die Diagnose mittels Blutuntersuchungen gestellt werden, gefolgt von Kotuntersuchungen (8,5%), Ultraschall (6,6%) und Zytologie (5,2%). Bei dieser Studie handelt es sich aber um eine retrospektive Auswertung und es gab kein standardisiertes Untersuchungsprotokoll für die Studienpatienten (ROSÉ A und NEIGER R, 2013). Im Gegensatz dazu war die vorliegende Studie prospektiver Natur und bei allen Studienpatienten wurden die gleichen Untersuchungen durchgeführt, die dann im Hinblick auf ihren diagnostischen Nutzen bewertet wurden.

In der durchgeführten Studie wurde die Diagnose nur in einem Fall mittels Blutuntersuchungen gestellt. Im Vergleich zur eben genannten retrospektiven Studie ist dies eine sehr geringe Zahl. Eine mögliche Erklärung ist, dass es in dieser Studienpopulation keine Fälle von Erkrankungen gab, die mit typischen hämatologischen oder klinisch chemischen Veränderungen einher gehen (z. B. Parvovirose, Nierenversagen etc). Außerdem wurden in der vorliegenden Studie nur Standardlaboruntersuchungen evaluiert, die zügig in hauseigenen Laboren durchgeführt werden können. Endokrinologische oder immunologische Tests wurden hierbei nicht bewertet.

Es gab eine signifikante Korrelation zwischen dem Allgemeinbefinden und dem diagnostischen Nutzen der Blutuntersuchungen. Dieses Ergebnis impliziert, dass

Hunde mit schlechterem Allgemeinbefinden stärkere hämatologische oder klinisch-chemische Abweichungen haben. Bei profusem Erbrechen kann es zu starken Elektrolytverschiebungen kommen, da Chlorid-, Kalium-, Natrium- und Bikarbonat-reiche Flüssigkeit erbrochen wird. Die häufigste metabolische Abweichung bei gastrointestinalen Erkrankungen ist eine metabolische Azidose. (TELLO L und PEREZ-FREYTES R, 2017). Außerdem kommt es bei starkem Flüssigkeitsverlust durch Erbrechen zur Dehydratation und einer damit einhergehenden Hämokonzentration, die sich dann im Blutbild widerspiegelt. Dies kann bis zur Hypovolämie mit Schocksymptomatik gehen, was natürlich mit einem reduziertem Allgemeinbefinden verbunden ist (BROWN AJ und OTTO CM, 2008).

Der Nutzen der Blutuntersuchung war höher bei Patienten, die neben Erbrechen noch weitere Symptome außer Durchfall zeigten. Diese Symptome waren unter anderem blutiger Durchfall und Polyurie/Polydipsie. Bei der Hälfte der Hunde mit blutigem Durchfall lautete die Diagnose akutes hämorrhagisches Durchfall-Syndrom (AHDS). Hierbei handelt es sich um ein klinisches Syndrom, das durch akut auftretenden, blutig-wässrigen Durchfall charakterisiert wird, häufig begleitet von Erbrechen. Typisch ist die durch den starken Flüssigkeitsverlust entstehende Hämokonzentration bei normalen bis erniedrigten Proteinkonzentrationen. Auch wenn diese Befunde nicht pathognomonisch für AHDS sind und es sich um eine Ausschlussdiagnose handelt, können Blutbefunde hier wichtige und wegweisende Informationen liefern (UNTERER S und HARTMANN K, 2009; MORTIER F et al., 2015; TROTMAN TK, 2015).

Das Allgemeinbefinden korrelierte signifikant mit dem Nutzen der Röntgenuntersuchung. Dieses Ergebnis muss mit Vorsicht bewertet werden, da es insgesamt nur wenige Fälle gab, in denen die Röntgenuntersuchung hilfreich oder entscheidend für die Diagnosefindung war (Score ≤ 3 bei 8/99 Hunden). Bei instabilen Patienten mit Erbrechen stellen Röntgenaufnahmen des Abdomens dennoch eine schnelle und hilfreiche Möglichkeit zum Ausschluss lebensbedrohlicher Erkrankungen, wie beispielweise Magendrehung, Volvulus oder Pneumoperitoneum dar (WILLARD MD, 2010). Daher kann die Röntgenuntersuchung trotz niedrigen diagnostischen Nutzens wichtig zum Ausschluss bestimmter Erkrankungen sein.

In der durchgeführten Studie lieferten die Röntgenbilder in vier Fällen irreführende Informationen. In drei davon wurde anhand der Röntgenbilder eine

gastrointestinale Obstruktion vermutet, die sich im Verlauf der Erkrankung nicht bestätigte. In einem Fall wurde das Röntgenbild als nicht obstruktiv gewertet und es stellte sich heraus, dass der Hund einen Fremdkörper-Ileus hatte. Der Nutzen von Röntgenstudien im Hinblick auf die Diagnose gastrointestinaler Obstruktionen wurde in zahlreichen Studien untersucht. Das Verhältnis zwischen maximalem Dünndarmdurchmesser (SI) und der Höhe des fünften Lendenwirbels (L5) als Hilfestellung zur Diagnose einer Obstruktion wurde in mehreren Studien untersucht. Es zeigte sich, dass die Verhältnisse bei obstruierten Hunden signifikant größer waren. SI/L5-Werte von über 1,9 bzw. über 2,4 waren sehr verdächtig für eine Obstruktion (GRAHAM JP et al., 1998; FINCK C et al., 2014). Die Zuhilfenahme dieses Verhältnisses konnte jedoch die diagnostische Genauigkeit der Röntgenuntersuchung im Hinblick auf die Diagnose einer gastrointestinalen Obstruktion nicht verbessern (CIASCA TC et al., 2013). Die allgemeine Sensitivität und Spezifität nativer abdominaler Röntgenaufnahmen zur Diagnose gastrointestinaler Obstruktionen lag bei 77 – 88% und 87 – 91% (ZATLOUKAL J et al., 2004).

In der durchgeführten Studie war die Urinuntersuchung nur in sehr wenigen Fällen hilfreich. In nur sieben Fällen lieferte sie wichtige Informationen und in einem Fall konnte die Diagnose anhand der Ergebnisse der Urinanalyse gestellt werden. Im Vergleich zur retrospektiven Studie von Rosé und Neiger ist diese Zahl etwas geringer, denn dort wurde in 79 Fällen eine Urinuntersuchung durchgeführt und führte in drei Fällen (3,7%) zu einer Diagnose (Diabetische Ketoazidose, Protein-Verlust Nephropathie und Übergangszellkarzinom) (ROSÉ A und NEIGER R, 2013). Die divergierenden Zahlen sind dadurch zu erklären, dass es in der vorliegenden Studienpopulation kaum Hunde mit metabolischen Störungen oder Nierenerkrankungen gab, die typische Abweichungen in der Urinanalyse erwarten lassen würden.

In 3/99 Fällen (3%) wurde die Diagnose mittels Ultraschalls gestellt. Dies waren zwei Hündinnen mit Pyometra und ein Hund mit einem obstruktiven gastrointestinalen Fremdkörper. In weiteren 60/99 Fällen (60%) trug die Ultraschalluntersuchung nicht zur Diagnosefindung bei. Ein ähnliches Ergebnis lieferte eine Evaluierung des Nutzens von abdominalem Ultraschall bei Hunden mit chronischem Erbrechen, denn auch hier war die Untersuchung in 68,5% der Fälle nicht diagnostisch und eine Diagnose konnte nur in 4,5% der Fälle mittels

Sonographie gestellt werden. In der besagten Studie zeigte sich zudem eine Korrelation zwischen dem diagnostischen Nutzen des Ultraschalls und dem Alter, der Häufigkeit des Erbrechens, der Dauer der Symptomatik und dem prozentualen Gewichtsverlust. Die Diagnose eines gastrointestinalen Lymphoms oder eines Adenokarzinoms des Magens war ebenfalls mit einem besseren Nutzen assoziiert (LEIB MS et al., 2010). In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls eine signifikante Korrelation zwischen der Dauer der Symptomatik und dem Nutzen des abdominalen Ultraschalls nachgewiesen werden. Eine Korrelation mit dem Alter der Patienten und der Häufigkeit des Erbrechens lag hier jedoch nicht vor. Gewichtsverlust war innerhalb der vorliegenden Studienpopulation kaum vorhanden, daher wurde dieser Parameter nicht in die Auswertung eingeschlossen.

Häufige sonographische Befunde bei Hunden mit entzündlichen gastrointestinalen Erkrankungen sind milde, diffuse Verdickungen der Schleimhaut. Die Wandschichtung kann dabei leicht verändert sein, ist aber nur in seltenen Fällen und bei hochgradigen Entzündungen vollständig aufgehoben (PENNINCK DG et al., 1990; PENNINCK DG et al., 2003). Derartige Befunde konnten in der vorliegenden Studie bei einigen Hunden ohne endgültige Diagnose festgestellt werden. Es ist daher davon auszugehen, dass in manchen dieser Fälle eine Enteritis oder Gastroenteritis vorlag. Ohne histologische Untersuchung kann dies aber nicht abschließend bewiesen werden.

In der vorliegenden Studie gab es sechs Fälle von obstruktiven Erkrankungen (drei Hunde mit Fremdkörper-Ileus, ein Bridenileus, zwei Hunde mit Ileumkoprostase). Nur in einem dieser Fälle wurde die Diagnose durch Ultraschall gestellt, in zwei Fällen ergab die Ultraschalluntersuchung wichtige Hinweise auf eine Obstruktion und in einem Fall war sie nicht diagnostisch. In den zwei verbleibenden Fällen wurde der Gastrointestinaltrakt der Hunde anhand der Ultraschallergebnisse als nicht-obstruiert beurteilt. Hier lieferte die Sonographie somit irreführende Ergebnisse. Typische ultrasonographische Befunde bei gastrointestinalen Obstruktionen sind segmental dilatierte Dünndarmschlingen mit zum Teil pendelnder Peristaltik. Teilweise kann auch die Obstruktionsstelle selbst dargestellt werden (MANCZUR F et al., 1998; SHARMA A et al., 2011). Es konnte in verschiedenen Studien gezeigt werden, dass die Genauigkeit einer Ultraschalluntersuchung im Hinblick auf die Diagnose gastrointestinaler Obstruktionen sehr hoch ist. Die Sensitivitäten lagen in den Studien bei 85 und

100% und die Spezifitäten bei 94 und 95,8% (MANCZUR F et al., 1998; GARCIA D et al., 2011). Im Vergleich zur Röntgenuntersuchung schnitt die Sonographie bei der Diagnose gastrointestinaler Obstruktionen ebenfalls besser ab. Ein sicheres Ergebnis (nicht obstruiert oder obstruiert) konnte durch Röntgenbilder bei 70 % und durch Sonographie bei 97% der Hunde erreicht werden (SHARMA A et al., 2011). In der vorliegenden Studie waren im Gegensatz dazu die Röntgenuntersuchungen zur Diagnose einer Obstruktion hilfreicher als die Sonographie, denn in drei der sechs Fälle (50%) wurde die Diagnose durch Röntgen gestellt. Aufgrund der geringen Anzahl obstruktiver Erkrankungen, ist dieses aber Ergebnis von eher geringer Aussagekraft.

In der vorliegenden Studie war der SNAP cPL Test in 29/99 Fällen abnormal. Aufgrund der hohen Sensitivität (91,5 – 94,1%) dieses Tests ist bei einem negativen Testergebnis das Vorliegen einer Pankreatitis unwahrscheinlich. Durch die moderate Spezifität (71,1 – 77,5%) kann es zu falsch positiven Ergebnissen kommen und dies macht es schwer, das tatsächliche Vorliegen einer Pankreatitis zu bestätigen (MCCORD K et al., 2012). Da kein einzelner Test oder Serummarker eine ausreichend gute Spezifität hat und eine histologische Untersuchung von Pankreasbiopsien aufgrund der Invasivität nur selten durchgeführt wird, wird empfohlen, die Diagnose einer Pankreatitis mithilfe einer Kombination aus klinischem Bild, Laboruntersuchungen und Ultraschalluntersuchung zu stellen (HAWORTH MD et al., 2014). In der vorliegenden Studie wurde daher eine mittels abnormalem SNAP cPL erhobene Verdachtsdiagnose einer Pankreatitis bestätigt, wenn die spezifische Pankreaslipase erhöht war und sich sonographische Hinweise auf eine Pankreatitis finden ließen. Die spezifische Pankreaslipase wurde nur bei Hunden mit abnormalem Schnelltest bestimmt. Obwohl die Wahrscheinlichkeit einer Pankreatitis bei normalem Schnelltest gering ist, kann es gelegentlich doch zu falsch negativen Ergebnissen kommen (HAWORTH MD et al., 2014). Dadurch könnte die Zahl der Pankreatitiden in der vorliegenden Studienpopulation unterschätzt worden sein. Andererseits sind falsch positive Ergebnisse von Schnelltest und auch der spezifischen Pankreaslipase nicht selten (Spezifität 59% und 77%) (HAWORTH MD et al., 2014). Zudem gab es drei Hunde, bei denen die Diagnose Pankreatitis anhand erhöhter spec cPL und ultrasonographischen Auffälligkeiten gestellt wurde, die dennoch einen unkomplizierten Krankheitsverlauf zeigten. Rückblickend kann die Diagnose in diesen Fällen daher

in Frage gestellt werden. Eine Überschätzung der Zahl von Pankreatitiden ist nicht auszuschließen.

Es gab mehrere Parameter, die sich zwischen den Gruppen „kompliziertes Erbrechen“ (COM) und „unkompliziertes Erbrechen“ (UN) signifikant unterschieden. In der COM-Gruppe waren andere zusätzliche Symptome außer unblutigem Durchfall deutlich häufiger. Erbrechen und Durchfall sind zwei der häufigsten Symptome bei Enteritiden und Pankreatitiden (HESS RS et al., 1998; PENNINCK DG et al., 2003) und treten häufig gleichzeitig auf. Eine Umfrage bei zufällig ausgewählten britischen Hundehaltern zeigte, dass innerhalb eines Zeitraums von zwei Wochen bei 18,9% der Hunde Erbrechen auftrat und bei 14,9% Durchfall. Die große Mehrheit dieser Symptome war selbstlimitierend und nur wenige dieser Hunde mussten einem Tierarzt vorgestellt werden (HUBBARD K et al., 2007). In der vorliegenden Studie hatte der Großteil (84%) der Hunde mit blutigem Durchfall kompliziertes Erbrechen und bei circa der Hälfte von ihnen wurde AHDS diagnostiziert. Alle Hunde mit AHDS hatten einen komplizierten Verlauf. AHDS, früher als hämorrhagische Gastroenteritis bezeichnet, ist ein klinisches Syndrom mit unbekannter Ätiologie, bei dem es zu akutem blutigem Durchfall und Erbrechen kommt und das mit deutlicher Hämokonzentration einhergeht (BURROWS CF, 1977). Die Verdachtsdiagnose AHDS wird anhand der klinischen Präsentation unter Ausschluss anderer Ursachen für blutigen Durchfall gestellt (UNTERER S und HARTMANN K, 2009; UNTERER S et al., 2015). Bei allen Hunden mit der Enddiagnose AHDS lag eine negative Kotuntersuchung und ein Nachweis eines ausreichenden Impfstatus vor. Aufgrund dessen waren Parasiten oder Parvovirose als Auslöser der Symptomatik nahezu ausgeschlossen. Dennoch können andere Ursachen, wie beispielsweise virale oder bakterielle Magen-Darm-Infektionen, nicht vollständig ausgeschlossen werden, da hierfür keine speziellen Untersuchungen durchgeführt wurden.

Hunde mit reduziertem Allgemeinbefinden waren signifikant häufiger in der COM-Gruppe. Außerdem waren Herzfrequenz, Bauchdeckenspannung und Schmerzscore in der COM-Gruppe signifikant höher als in der UN-Gruppe. Der Großteil der Tiere mit abnormaler Körpertemperatur (sowohl Hypo- als auch Hyperthermie) und alle Tiere mit Schock waren in der COM-Gruppe. Die Wahl der Therapie und damit auch die Entscheidung, ob ein Hund stationär aufgenommen wurde, wurde durch den betreuenden Tierarzt anhand der subjektiven klinischen Einschätzung und der

Ergebnisse der standardmäßig durchgeführten Untersuchungen getroffen. Man kann davon ausgehen, dass bei Tieren, die im Schock, mit deutlich reduziertem Allgemeinbefinden, mit starken Schmerzen oder mit Temperaturabweichungen vorgestellt wurden, meist zu einer stationären Betreuung geraten wurde, um eine gute Überwachung des Patienten zu gewährleisten und eine Dauertropfinfusion zu ermöglichen. Es ist jedoch nicht endgültig auszuschließen, dass manche der stationär betreuten Patienten in der vorliegenden Studie auch ohne Hospitalisierung und intensivere Therapie genesen wären. Diese Ergebnisse könnten also deutlich von der subjektiven Einschätzung und den Empfehlungen der behandelnden Tierärzte beeinflusst sein.

Die ultrasonographisch gemessene Magenwanddicke war in der COM-Gruppe signifikant höher als in der UN-Gruppe. Eine Verdickung der Magenwand kann Hinweis auf das Vorliegen einer Entzündung sein (PENNINCK DG et al., 2003). Allerdings ist das ultrasonographische Aussehen des Magens und auch die Wanddicke stark abhängig von Art und Grad der Füllung (AGTHE P, 2009). Zudem lag der Unterschied zwischen den Gruppen bei unter einem Millimeter, eine ultrasonographisch kaum messbare Differenz. Die Signifikanz dieses Unterschieds ist daher nicht von klinischer Relevanz.

Wie bei jeder Studie sind auch bei der vorliegenden Studie Limitationen zu nennen.

Die Hunde wurden der UN-Gruppe zugeteilt, wenn sie nach wenigen Tagen ambulanter symptomatischer Therapie wieder symptomfrei waren. Die telefonische oder schriftliche Nachfrage erfolgte nur einmalig. Es ist nicht endgültig auszuschließen, dass manche Hunde danach ein Rezidiv entwickelt haben und somit eigentlich der COM-Gruppe zuzuordnen wären.

Die Studie wurde im Notdienst einer internistischen Tierklinik durchgeführt. Hunde, bei denen von Anfang an der Verdacht auf eine chirurgische Indikation bestand, konnten nicht eingeschlossen werden, da sie direkt in der chirurgischen Abteilung vorgestellt wurden. Hierzu gehören zum Beispiel Hunde mit beobachteter Fremdkörperaufnahme, großrassige Hunde mit unproduktivem Erbrechen und akut umfangsvermehrtem Abdomen, was sehr verdächtig für eine Magendrehung ist, oder auch Hunde mit kotartigem Erbrechen, bei denen der hochgradige Verdacht für einen Ileus bestand. Die Zahl der obstruktiven Erkrankungen, wie Fremdkörper-Ileus, Volvulus, Magendrehungen oder

Invagination könnte dadurch negativ beeinflusst worden sein. In einer retrospektiven Studie mit 213 Hunden mit Erbrechen, war jedoch auch nur bei zehn Tieren (10/213, 4,7%) ein Fremdkörper-Ileus die Ursache des Erbrechens (ROSÉ A und NEIGER R, 2013). Diese Zahl ist vergleichbar mit der vorliegenden Studie, in der 4/99 (4%) der Hunde einen Ileus hatten (drei Hunde mit Fremdkörper-Ileus, ein Bridenileus).

Der Nutzen der Blutuntersuchungen könnte aufgrund fehlender Fälle mit Azotämie oder Parvovirose unterschätzt worden sein. Diese Erkrankungen zeigen in der Regel typische hämatologische oder klinisch chemische Abweichungen, dementsprechend wären Blutuntersuchungen in derartigen Fällen als sehr nützlich bewertet worden. In Deutschland sind Fälle von Parvovirose recht selten (KLINGER CJ, 2016). In anderen Regionen der Welt ist diese Erkrankung von weit größerer Bedeutung. Daher sollte Parvovirose bei jedem nicht oder unzureichend geimpften Hund, Hunden aus dem Ausland und allen Hunden unter sechs Monaten mit akuten gastrointestinalen Symptomen als Differentialdiagnose in Betracht gezogen werden.

Die Qualität und Auswertung von abdominalen Röntgenbildern und Ultraschalluntersuchungen hängt stark von der Erfahrung und dem Können der Untersucher ab. In der vorliegenden Studie wurden beide bildgebenden Verfahren von Tierärzten ohne Spezialisierung im Bereich der Radiologie durchgeführt. Das könnte möglicherweise zu falschen Diagnosen und einer negativen Beeinflussung des Nutzens der bildgebenden Verfahren geführt haben. In der vorliegenden Studie sollte jedoch bewusst der normale Arbeitsalltag und die Notdienstsituation widerspiegelt werden. Spezialisten sind außerhalb der normalen Sprechzeiten in der Regel nicht verfügbar.

Der mediane diagnostische Nutzen war bei allen Tests gleich (Median = 4). Zudem war die Zahl der Fälle, in denen die Untersuchung keine hilfreichen Informationen zur Diagnosestellung lieferte (Score 4), für alle Tests hoch. Das könnte durch die hohe Zahl der Patienten bedingt sein, bei denen keine endgültige Diagnose gestellt werden konnte. Untersuchungen mit unauffälligen Befunden, wurden in der Regel als für die Diagnosefindung verzichtbar (Score 4) bewertet. Es ist allerdings wichtig zu betonen, dass diese Untersuchungen dennoch häufig entscheidend waren, um bestimmte, potenziell lebensbedrohliche Erkrankungen auszuschließen. So kann beispielsweise eine Röntgenuntersuchung essenziell zum Ausschluss einer

Magendrehung sein und dennoch als verzichtbar (Score 4) bewertet werden, weil sie keinen Nutzen für die Diagnosestellung birgt. Der Rückschluss, dass alle als für die Diagnosefindung verzichtbar bewerteten Untersuchungen nicht indiziert waren, wäre daher falsch. Dieser Gesichtspunkt konnte bei der Evaluierung des diagnostischen Nutzens, wie sie in der vorliegenden Studie durchgeführt wurde, allerdings nicht mit einbezogen werden.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Erbrechen ist ein häufiges und unspezifisches Symptom bei Hunden, das viele Ursachen haben kann. Es gibt milde Krankheitsverläufe, bei denen die Hunde innerhalb weniger Tage mit symptomatischer Therapie wieder genesen. Allerdings kann es sich auch um lebensbedrohliche Situationen handeln, bei denen schnelles Eingreifen und spezifische Therapie gefragt sind. Diese Fälle voneinander zu unterscheiden ist essentiell. Aufgrund der vielen möglichen Ursachen ist die Wahl der notwendigen und sinnvollen Diagnostik häufig eine Herausforderung. Ziel dieser prospektiven klinischen Studie war es, den diagnostischen Nutzen verschiedener weiterführender Untersuchungen bei Hunden mit Erbrechen zu ermitteln und herauszufinden, ob dieser mit Parametern aus Anamnese und klinischer Untersuchung korreliert. Zudem sollten Parameter gefunden werden, anhand derer die Differenzierung zwischen kompliziertem und unkompliziertem Erbrechen erleichtert werden kann. Hunde, die mit Erbrechen im Notdienst vorgestellt wurden und noch nicht aufgrund dieser Symptomatik vorbehandelt waren, wurden in die Studie eingeschlossen. Bei ihnen wurden nach einer ausführlichen Anamnese und klinischen Untersuchung im Rahmen der Studie standardisierte diagnostische Tests durchgeführt. Diese umfassten Standardlaboruntersuchungen (Blutbild, Blutgasanalyse und Serumchemie), abdominales Röntgen und Sonographie, sowie Urinanalyse und einen Pankreaslipase-Schnelltest (SNAP cPL). Jeder Test wurde im Anschluss nach seinem diagnostischen Nutzen bewertet. Halter von ambulant behandelten Hunden wurden nach vier bis fünf Tagen kontaktiert, um den Verlauf der Symptomatik zu erfragen. Anhand des Verlaufes wurden die Hunde in die Gruppen „kompliziertes Erbrechen“ (COM) und „unkompliziertes Erbrechen“ (UN) eingeteilt. Zur statistischen Auswertung wurden Spearman Korrelation, Chi-Quadrat-Test, ungepaarter T-Test und Mann-Whitney-U Test verwendet. P-Werte $\leq 0,05$ galten als statistisch signifikant.

Neunundneunzig Hunde wurden in die Studie eingeschlossen, von denen 34 unkompliziertes Erbrechen hatten. Eine Diagnose konnte in 60/99 Fällen gestellt werden, wobei diese in 24/60 Fällen mit einer der standardisiert durchgeführten Untersuchungen ermittelt wurde. Eine längere Dauer der Symptomatik und reduzierter Appetit korrelierten mit dem Nutzen des abdominalen Ultraschalls.

Reduziertes Allgemeinbefinden war mit einem höheren Nutzen von Röntgen- und Blutuntersuchungen assoziiert. Hunde, die ein reduziertes Allgemeinbefinden oder weitere Symptome außer unblutigem Durchfall zeigten, hatten deutlich häufiger kompliziertes Erbrechen. Hunde mit abnormaler rektaler Körpertemperatur, sowohl Hypo- als auch Hyperthermie, waren signifikant häufiger in der COM-Gruppe. Außerdem waren Bauchdeckenspannung, Schmerzscore und prozentuale Dehydratation in der COM-Gruppe signifikant höher.

Anhand der Studienergebnisse lassen sich keine allgemeingültigen Empfehlungen zur weiteren Diagnostik bei Hunden mit Erbrechen geben. Bei Hunden, die Erbrechen als einziges Symptom zeigen und bei gutem Allgemeinbefinden sind, sind weitere Untersuchungen häufig ohne diagnostischen Nutzen. Diese Patienten erholen sich oft mit reiner symptomatischer Therapie. Bei Hunden mit abnormaler Temperatur, gestörtem Allgemeinbefinden oder zusätzlichen Symptomen sind jedoch häufig weitere Untersuchungen und therapeutische Maßnahmen notwendig.

VI. SUMMARY

Vomiting is a common and unspecific clinical sign in dogs that can occur with many possible underlying disorders. Mild courses of disease can lead to a fast recovery within a few days with symptomatic treatment only. Life-threatening conditions requiring immediate intervention and specific therapy are also possible. It is crucial to identify these cases. Due to the manifold underlying disorders, choosing reasonable diagnostic tests for vomiting patients can be challenging. This prospective clinical study aimed to assess the diagnostic utility of different tests in vomiting dogs and to search for possible correlations between diagnostic utility and parameters of patient history and clinical examination. Furthermore, parameters enabling a differentiation between uncomplicated and complicated cases of vomiting should be identified.

Vomiting dogs presented to a medical emergency service as first opinion cases were included in the study. After inquiring an accurate patient history, physical examination and standardized diagnostic tests were performed. The standardized diagnostic evaluation included venous blood gas analysis, complete blood count, serum biochemistry profile, canine pancreatic lipase rapid test (SNAP cPL), abdominal radiographs and ultrasound, and urinalysis. Every test was rated regarding its diagnostic utility. To evaluate the course of disease of outpatients, owners were contacted four to five days after presentation. Based on the severity of disease and clinical course, dogs were classified as having complicated vomiting (COM) or uncomplicated vomiting (UN). For statistical analysis, Spearman correlation coefficient, Chi-squared-, unpaired t-, and Mann–Whitney U-test were used. Statistical significance was defined as $p \leq 0.05$. Ninety-nine dogs were included in the study of which 34 had uncomplicated vomiting. In 60/99 cases a diagnosis could be obtained. In 24/60 cases this diagnosis was reached by one of the standardized tests. Longer duration of clinical signs and reduced appetite were associated with higher utility of abdominal ultrasound. A poor mentation was associated with a higher utility of blood examinations and abdominal radiographs. Dogs presenting with an impaired mentation or with additional clinical signs other than diarrhea, were more likely to be in the COM group.

Abnormal rectal temperature (hypo- as well as hyperthermia) was significantly more frequent in the COM group. Furthermore, dogs in the COM group had significantly increased abdominal tension, increased pain score and were significantly more dehydrated.

No general recommendations can be given for the diagnostic work-up of vomiting dogs based on these results. For patients with vomiting as the only clinical sign, presenting with good mentation, further investigations might not be beneficial, and these dogs may recover with symptomatic treatment alone. Additional diagnostics and more intensive therapy are indicated in dogs with abnormal rectal temperature, impaired mentation or additional clinical signs other than diarrhea.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

Agthe P. Ultrasonography of the gastrointestinal tract and associated organs in dogs and cats. In Pract 2009; 31: 182-8.

Anderson KL, Feeney DA. Diagnostic imaging. In: Canine and Feline Gastroenterology, 1. Aufl. Washabau RJ, Day MJ, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2013: 205-65.

Bartges JW. Diagnosis of urinary tract infections. Vet Clin Small Anim 2004; 34: 923-33.

Beall MJ, Cahill R, Pigeon K, Hanscom J, Huth SP. Performance validation and method comparison of an in-clinic enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of canine pancreatic lipase. J Vet Diagn Invest 2011; 23: 115-9.

Berent A. Hepatic failure. In: Small Animal Critical Care Medicine, 2. Aufl. Silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2015: 615-21.

Bhat AA, Wadhwa DR, Mandial R, Sharma A, Katoch A, Sharma P. Clinico-biochemical alterations and therapeutic management of canine gastroenteritis. J Anim Res 2015; 5: 149.

Boag AK, Coe RJ, Martinez TA, Hughes D. Acid-base and electrolyte abnormalities in dogs with gastrointestinal foreign bodies. J Vet Intern Med 2005; 19: 816-21.

Borison HL. Area postrema: chemoreceptor circumventricular organ of the medulla oblongata. Prog Neurobiol 1989; 32: 351-90.

Brown AJ, Otto CM. Fluid therapy in vomiting and diarrhea. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2008; 38: 653-75.

Burrows CF. Canine hemorrhagic gastroenteritis J Am Anim Hosp Assoc 1977; 13: 451-8.

Castro TX, Rita de Cassia N, Gonçalves LP, Costa EM, Marcello GC, Labarthe NV, Mendes-de-Almeida F. Clinical, hematological, and biochemical findings in puppies with coronavirus and parvovirus enteritis. Can Vet J 2013; 54: 885.

Chapman PS. Regurgitation and vomiting. In: Small Animal Critical Care Medicine, 2. Aufl. Silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2015: 634-8.

Ciasca TC, David FH, Lamb CR. Does measurement of small intestinal diameter increase diagnostic accuracy of radiography in dogs with suspected intestinal obstruction? Vet Radiol Ultrasound 2013; 54: 207-11.

Crane BM. Pyometra. In: Small Animal Critical Care Medicine, 2. Aufl. Silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2015: 667-71.

Cridge H, MacLeod A, Pachtinger G, Mackin A, Sullivant A, Thomason J, Archer T, Lunsford K, Rosenthal K, Wills R. Evaluation of SNAP cPL, Spec cPL, VetScan cPL Rapid Test, and Precision PSL Assays for the Diagnosis of Clinical Pancreatitis in Dogs. J Vet Intern Med 2018; 32: 658-64.

DiBartola SP. Introduction to acid base disorders. In: Fluid, Electrolyte, and Acid Base Disorders in Small Animal Practice, 4. Aufl. DiBartola SP, Hrsg. Philadelphia: Saunders 2012: 231-52.

Elwood C. Investigation and differential diagnosis of vomiting in the dog. In Pract 2003; 25: 374-86.

Elwood C, Devauchelle P, Elliott J, Freiche V, German AJ, Gualtieri M, Hall E, den Hertog E, Neiger R, Peeters D. Emesis in dogs: a review. J Small Anim Pract 2010; 51: 4-22.

Finck C, D'Anjou MA, Alexander K, Specchi S, Beauchamp G. Radiographic diagnosis of mechanical obstruction in dogs based on relative small intestinal external diameters. *Vet Radiol Ultrasound* 2014; 55: 472-9.

Garcia D, Froes T, Vilani R, Guérios S, Obladen A. Ultrasonography of small intestinal obstructions: a contemporary approach. *J Small Anim Pract* 2011; 52: 484-90.

Graham JP, Lord PF, Harrison JM. Quantitative estimation of intestinal dilation as a predictor of obstruction in the dog. *J Small Anim Pract* 1998; 39: 521-4.

Grauer GF. Erkrankungen der Harnwege. In: *Innere Medizin der Kleintiere*, 2. Aufl. Nelson RW, Couto CG, Hrsg. München: Elsevier 2010: 631-721.

Ha YS, Hopper K, Epstein SE. Incidence, nature, and etiology of metabolic alkalosis in dogs and cats. *J Vet Intern Med* 2013; 27: 847-53.

Haworth MD, Hosgood G, Swindells KL, Mansfield CS. Diagnostic accuracy of the SNAP and Spec canine pancreatic lipase tests for pancreatitis in dogs presenting with clinical signs of acute abdominal disease. *J Vet Emerg Crit Care* 2014; 24: 135-43.

Hess RS, Saunders HM, Van Winkle TJ, Shofer FS, Washabau RJ. Clinical, clinicopathologic, radiographic, and ultrasonographic abnormalities in dogs with fatal acute pancreatitis: 70 cases (1986-1995). *J Am Vet Med Assoc* 1998; 213: 665-70.

Hopper K, Epstein SE. Incidence, nature, and etiology of metabolic acidosis in dogs and cats. *J Vet Intern Med* 2012; 26: 1107-14.

Hornby PJ. Central neurocircuitry associated with emesis. *Am J Med* 2001; 111: 106-12.

Hubbard K, Skelly BJ, McKelvie J, Wood JL. Risk of vomiting and diarrhoea in dogs. *Vet Rec* 2007; 161: 755-7.

Johnson CA. Störungen des Reproduktionssystems. In: *Innere Medizin der Kleintiere*, 2. Aufl. Nelson RW, Couto CG, Hrsg. München: Elsevier 2010: 915-1019.

Klein SC, Peterson ME. Canine hypoadrenocorticism: part I. *Can Vet J* 2010; 51: 63.

Klinger CJ. Analyse des Fallaufkommens in deutschen Tierarztpraxen. *Diss. med. vet.* 2016. Ludwig-Maximilian Universität München.

Lamb C. Abdominal ultrasonography in small animals: intestinal tract and mesentery, kidneys, adrenal glands, uterus and prostate. *J Small Anim Pract* 1990; 31: 295-304.

Leib MS, Larson MM, Panciera DL, Troy GC, Monroe WE, Rossmeisl JH, Forrester SD, Herring ES. Diagnostic utility of abdominal ultrasonography in dogs with chronic vomiting. *J Vet Intern Med* 2010; 24: 803-8.

Li RH, Humm KR. Canine parvovirus infection. In: *Small Animal Critical Care Medicine*, 2. Aufl. silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2014: 509-13.

Lund EM, Armstrong PJ, Kirk CA, Kolar LM, Klausnor J. Health status and population characteristics of dogs and cats examined at private veterinary practices in the United States. *J Am Vet Med Assoc* 1999; 214: 1336-41.

Manczur F, Vörös K, Vrabely T, Wladár S, Németh T, Fenyves B. Sonographic diagnosis of intestinal obstruction in the dog. *Acta Vet Hung* 1998; 46: 35-46.

Mansfield CS, Anderson GA, O'Hara AJ. Association between canine pancreatic-

specific lipase and histologic exocrine pancreatic inflammation in dogs: assessing specificity. *J Vet Diagn Invest* 2012; 24: 312-8.

McCord K, Morley PS, Armstrong J, Simpson K, Rishniw M, Forman MA, Biller D, Parnell N, Arnell K, Hill S. A multi-institutional study evaluating the diagnostic utility of the spec c PL™ and SNAP® c PL™ in clinical acute pancreatitis in 84 dogs. *J Vet Intern Med* 2012; 26: 888-96.

Mortier F, Strohmeyer K, Hartmann K, Unterer S. Acute haemorrhagic diarrhoea syndrome in dogs: 108 cases. *Vet Rec* 2015; 176: 627-.

Mylonakis ME, Kalli I, Rallis TS. Canine parvoviral enteritis: an update on the clinical diagnosis, treatment, and prevention. *Vet Med Res Rep* 2016; 7: 91.

Parrak JD, Moulvi BA, Gazi MA, Makhdoomi DM, Athar H, Din MU, Dar S, Mir AQ. Importance of urinalysis in veterinary practice—A review. *Vet World* 2013; 6: 640-6.

Penninck DG, Nyland TG, Fisher PE, Kerr LY. Ultrasonography of the normal canine gastrointestinal tract. *Vet Radiol Ultrasound* 1989; 30: 272-6.

Penninck DG, Nyland TG, Kerr LY, Fisher PE. Ultrasonographic evaluation of gastrointestinal diseases in small animals. *Vet Radiol Ultrasound* 1990; 31: 134-41.

Penninck DG, Smyers B, Webster CR, Rand W, Moore AS. Diagnostic value of ultrasonography in differentiating enteritis from intestinal neoplasia in dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 2003; 44: 570-5.

Prause LC, Grauer G. Association of gastrointestinal hemorrhage with increased blood urea nitrogen and BUN/creatinine ratio in dogs: a literature review and retrospective study. *Vet Clin Pathol* 1998; 27: 107-11.

Reine NJ, Langston CE. Urinalysis interpretation: how to squeeze out the maximum

information from a small sample. *Clin Tech Small Anim Pract* 2005; 20: 2-10.

Reineke EL. Evaluation and triage of the critically ill patient. In: *Small animal critical care medicine*, 2. Aufl. Silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2015: 1-5.

Rosé A, Neiger R. Causes of vomiting in dogs and usefulness of clinical investigations. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2013; 41: 16-22.

Ruau CG. Diagnostic approaches to acute pancreatitis. *Clin Tech Small Anim Pract* 2003; 18: 245-9.

Saror D, Van Veen TS, Adeyanju J. The haemogram of dogs with intestinal parasites in Zaria, Nigeria. *J Small Anim Pract* 1979; 20: 243-7.

Seguin MA, Vaden SL, Altier C, Stone E, Levine JF. Persistent urinary tract infections and reinfections in 100 dogs (1989–1999). *J Vet Intern Med* 2003; 17: 622-31.

Sharma A, Thompson MS, Scrivani PV, Dykes NL, Yeager AE, Freer SR, Erb HN. Comparison of radiography and ultrasonography for diagnosing small-intestinal mechanical obstruction in vomiting dogs. *Vet Radiol Ultrasound* 2011; 52: 248-55.

Steiner JM, Teague SR, Williams DA. Development and analytic validation of an enzyme-linked immunosorbent assay for the measurement of canine pancreatic lipase immunoreactivity in serum. *Can J Vet Res* 2003; 67: 175.

Stiller J, Defarges AM, Brisson BA, Bersenas AM, Pomrantz JS, Lang B, Pearl DL. Diagnostic evaluation of urea nitrogen/creatinine ratio in dogs with gastrointestinal bleeding. *J Vet Intern Med* 2021; 35: 1427-38.

Tello L, Perez-Freytes R. Fluid and Electrolyte Therapy During Vomiting and Diarrhea. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2017; 47: 505-19.

Trivedi S, Marks SL, Kass PH, Luff JA, Keller SM, Johnson EG, Murphy B. Sensitivity and specificity of canine pancreas-specific lipase (cPL) and other markers for pancreatitis in 70 dogs with and without histopathologic evidence of pancreatitis. *J Vet Intern Med* 2011; 25: 1241-7.

Trotman TK. Gastroenteritis. In: *Small Animal Critical Care Medicine*, 2. Aufl. Silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2015: 622-6.

Unterer S, Hartmann K. Akuter blutiger Durchfall beim Hund–Ursachen und diagnostische Aufarbeitung. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2009; 37: 261-8.

Unterer S, Lechner E, Mueller RS, Wolf G, Straubinger RK, Schulz BS, Hartmann K. Prospective study of bacteraemia in acute haemorrhagic diarrhoea syndrome in dogs. *Vet Rec* 2015; 176: 309-.

Volk SW. Peritonitis. In: *Small Animal Critical Care Medicine*, 2. Aufl. Silverstein D, Hopper K, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2015: 643-8.

Von Engelhardt W, Breves G *Physiologie der Haustiere*, 3. Aufl. Enke, Stuttgart.2010

Washabau RJ. Vomiting. In: *Canine and Feline Gastroenterology*, 1. Aufl. Washabau RJ, Day MJ, Hrsg. St. Louis, Mo: Elsevier 2013: 167-73.

Watson PJ, Bunch SE. Erkrankungen von hepatobiliärem System und Exokrinem Pankreas. In: *Innere Medizin der Kleintiere*, 2. Aufl. Nelson RW, Couto CG, Hrsg. München: Elsevier 2010: 512-627.

Willard MD. Erkrankungen des Verdauungsapparates. In: *Innere Medizin der Kleintiere*, 2. Aufl. Nelson RW, Couto CG, Hrsg. München: Elsevier 2010: 373-507.

Windahl U, Holst BS, Nyman A, Grönlund U, Bengtsson B. Characterisation of bacterial growth and antimicrobial susceptibility patterns in canine urinary tract infections. *BMC Vet. Res.* 2014; 10: 1-10.

Zatloukal J, Crha M, Lorenzová J, Husník R, Kohout P, Nečas A. The comparative advantage of plain radiography in diagnosis of obstruction of the small intestine in dogs. *Acta Vet Brno* 2004; 73: 365-74.

VIII. DANKSAGUNG

Zunächst möchte ich mich ganz herzlich bei Professor Dr. Stefan Unterer und Dr. René Dörfelt für die Bereitstellung dieses interessanten Themas, die gute Zusammenarbeit und die Unterstützung bedanken. Insbesondere möchte ich mich bedanken, dass Herr Professor Dr. Stefan Unterer mich sogar über die Landesgrenzen hinaus weiterhin betreut hat und mit seinem hilfreichen Input zur deutlichen Verbesserung meiner Arbeit beigetragen hat.

Herrn Dr. René Dörfelt möchte ich außerdem für die gute Zusammenarbeit an der Medizinischen Kleintierklinik danken. Er hat die ersten Schritte meiner praktischen Arbeit geprägt, mein Können gefördert und mich nach einigen Rückschlägen auffangen können.

Ein ganz besonderer Dank geht an das gesamte Team der Medizinischen Kleintierklinik, insbesondere aber an das Team der Intensiv- und Notfallmedizin. Aus Kollegen sind über die Jahre gute Freunde geworden, die mir nicht nur beim Sammeln der Patienten und bei allerlei fachlichen Fragen, sondern auch im Persönlichen stets eine große Hilfe und Stütze waren. Besonders erwähnen möchte ich an dieser Stelle Dr. Ute Klein-Richers und Hendryk Fischer, die maßgeblich an meiner beruflichen Ausbildung beteiligt waren und mir auch in allen Fragen zur Dissertation stets mit Rat und Tat zur Seite standen.

Nicht zuletzt möchte ich meinem Partner von ganzem Herzen danken. Er stand mir während der Jahre mit unerschöpflicher Geduld zur Seite, ermutigte mich bei Rückschlägen immer wieder zum Durchhalten und konnte mir außerdem in allerlei technischen Fragen helfen.