

Retrospektive Studie zur Entwicklung von klinischen und echokardiographischen Herzbefunden bei Warmblutpferden

Ferdinand Kähn^{1,3}, Roswitha Merle², Jakob Hövener¹ und Heidrun Gehlen³

¹ Tierärztliche Klinik für Pferde, Bargteheide

² Institut für Veterinär-Epidemiologie und Biometrie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

³ Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

Zusammenfassung: Die prognostische Einschätzung kardiologischer Befunde bei Warmblütern stellt eine herausfordernde Aufgabe dar. Pferdebesitzer wünschen sich eine möglichst exakte Vorhersage, wie sich ein Herzbefund langfristig auf Überleben, Reitbarkeit, Leistung und Wert ihres Pferdes auswirkt. Der Herzultraschall ist dabei ein geeignetes Mittel für eine möglichst präzise Diagnostik und Einschätzung der Prognose. Deshalb wurde in dieser Studie die Entwicklung von 104 Warmblütern mit kardiologischen Befunden untersucht. Ziel der Untersuchung war es, die Zuverlässigkeit von Langzeitprognosen bei kardialen Befunden zu verbessern. Dafür wurden die Daten der Erst- und der Folgeuntersuchung von 104 Pferden in Hinblick auf die Entwicklung der kardialen Befunde miteinander verglichen. Der Zeitraum zwischen den Untersuchungen lag zwischen 16 Tagen und 11 Jahren. Die Daten dieser Studie wurden über einen Zeitraum von 22 Jahren gesammelt. Es wurde gezeigt, dass ein vergrößerter linker Vorhof in der Erstuntersuchung häufig zu Vorhofflimmern (Odds Ratio (OR)=7,5; $p=0,007$) und Leistungsinsuffizienz (OR = 4,380; $p=0,027$) in der Folgeuntersuchung führt. Die Daten zeigten auch, dass eine Größenzunahme des linken Vorhofes von der Dauer des Untersuchungsintervalls abhängig war und insbesondere dann auftrat, wenn das Intervall größer als 15 Monate war (OR = 5,647; $p=0,019$). Diese Studie bestätigt, dass sich kardiologische Befunde im Laufe der Zeit meistens nur geringfügig verschlechtern und selten eine klinisch relevante Ausprägung entwickeln. Zukünftige Studien sollten auch die Relation von Körpergröße und-Gewicht zu den Herzdimensionen berücksichtigen, um präzisere Ergebnisse zu ermöglichen.

Schlüsselwörter: Herzerkrankung, Herzultraschall, Entwicklung, Nachuntersuchung, Leistungsinsuffizienz

Development of cardiac ultrasonographic and clinical findings in 104 Warmblood horses – a retrospective study

Assessing the prognosis of clinical cardiological and echocardiographic findings in warm-blooded horses is a major challenge. Nonetheless, horse owners and prospective buyers want the highest degree of accuracy in predicting how heart disease may affect their horse's long-term survival, quality of life and performance. The study aimed to enhance these prognostic assessments, resulting in the documentation of the course of clinical and echocardiographic findings in 104 Warmblood horses. The study involved horses that were examined at a renowned equine clinic in northern Germany between January 1, 2000, and May 25, 2022. Each horse underwent both an initial and a follow-up cardiological assessment (U1 and U2) and received clinical examinations and cardiac ultrasounds during both visits. The two evaluations were separated by a minimum of two weeks, and they included a reevaluation of cardiac ultrasound data. Every horse only appeared once in the U1 and once in the U2 and no control group was employed. A p -value < 0.05 was considered significant. The Odds Ratio (OR) included a 95% confidence interval and was calculated to determine whether the occurrence or development of certain findings was associated with an increased risk of deterioration or the occurrence of further findings. The risk was considered significant if the OR exceeded 1.00 and the p -value was significant. The study revealed that ultrasound findings typically remain stable or tended to worsen up to U2. With the majority of cases, there was no deterioration in findings between the U1 and the U2. Only 2.9% of cases exhibited abnormalities in U2 that were not initially detected in U1. This aligns with previous studies demonstrating that ultrasonographic findings generally only tend to worsen up to U2. Additionally, the study demonstrated that conditions such as arrhythmias and atrial fibrillation (AF) frequently recurred during the U2 examination. The correlation between the occurrence of an enlarged LA and AF was confirmed to be highly significant ($p=0.007$). Horses are more prone to AF in U2 if they have an enlarged LA in U1. In addition the study population was most likely to have AF, when an enlarged LA was present, which is a fact that differs from another study population that mostly has no structural changes, when AF is present [22]. Disparities in this case might be explained as other studies were no follow-up studies and referring veterinarians in practice might tend to recommend a U2 when the U1 showed sonographic findings. Consistent with these findings the study was also able to demonstrate that the enlargement of the LA depended on the period between examination and occurred particularly when the examination interval was longer than 15 months (OR = 5.647; $p=0.019$). The degree of heart murmurs varied compared to the U1. Heart murmurs were both of higher and lower grades. This emphasizes that the grade of a heart murmur is not necessarily a reliable indicator of the severity of a heart disease. It is also known that heart murmurs can occur briefly due to physiological modeling and abnormal pressure conditions in the abdomen. The study investigated whether the influence of a changing finding is different from the influence of a constant finding. However, we were able to demonstrate that, both the worsening of the mitral regurgitation (MVI) Grade and the presence of MVI in U1 had no significant effect on LA. A previous study with subjects from the same population shows that MVI in U1 influences the presence of an enlarged LA. Despite, the study undertaken did not establish a direct causal relationship between MVI and AF. This contradicts another study, which may be explained by the fact that no horse with severe MVI was found in the study. Furthermore, the study investigated whether combination findings of MVI and AF significantly increased the likelihood of an enlarged LA in U2. This hypothesis was not confirmed by the data, possibly due to insufficient sample size. The study population lacked measurements of body size, weight and patient age, which must be acknowledged as a limitation when interpreting heart dimensions. Absolute cut-off values may not accurately apply to exceptional large or small horses and the inclusion of patient age could yield more meaningful results. Future research endeavors should prioritize more comprehensive prevalence and follow-up studies that encompass heart dimensions in conjunction with the weight, size, and age of the horses.

Keywords: cardiac disease, echocardiography, development, follow-up, performance insufficiency

Zitation: Kähn F, Merle R, Hövener J, Gehlen H (2024) Retrospektive Studie zur Entwicklung von klinischen und echokardiographischen Herzbefunden bei Warmblutpferden. *Pferdehilk Equine Med* 40, 49–58, DOI 10.21836/PEM20240106

Korrespondenz: Prof. Heidrun Gehlen, Freie Universität Berlin, Klinik für Pferde, Oertzenweg 19b, 14163 Berlin; gehlen.heidrun@vetmed.fu-berlin.de

Eingereicht: 15. April 2023 | **Angenommen:** 6. November 2023

Einleitung

Ein häufiger Vorstellungsgrund für Pferde, die zur Herzuntersuchung in spezialisierte Praxen oder Kliniken überwiesen werden, sind Leistungsinsuffizienz sowie zufällig festgestellte Herzgeräusche im Rahmen von Ankaufsuntersuchungen oder haustierärztlichen Besuchen.

Für Leistungsinsuffizienz sind meist Krankheiten orthopädischen Ursprungs, Erkrankungen der oberen oder tiefen Atemwege ursächlich; seltener endokrinologische oder Herz- und Muskelerkrankungen [1].

Herzerkrankungen sorgen durch ein erniedrigtes Herzzeitvolumen und entsprechender Unterversorgung verschiedener Organsysteme für, ihrem Schweregrad entsprechende, Symptome. Das Spektrum dieser Symptomatik reicht von mild oder klinisch inapparent bis hin zu schwerwiegender Ausprägung mit Niederstürzen, Kollaps oder plötzlichem Herztod [2, 3, 4].

In spezialisierten Überweisungskliniken können die Symptomursachen mit weiterführender Diagnostik abgeklärt werden.

Hierbei dient eine klinische Herz-Kreislaufuntersuchung im Anschluss an eine ausführliche Anamnese und der zusätzliche Einsatz von Elektrokardiogramm (EKG) und Herzultraschall der genauen Diagnostik von kardiologischen Erkrankungen. Transthorakaler Herzultraschall ist ähnlich wie in der Humanmedizin ein geeignetes Mittel der weiterführenden kardialen Diagnostik [5] und wird beim Pferd anders als in der Humanmedizin in der Regel nicht durch transösophageale Echokardiographie, CT oder MRT ergänzt [6, 7, 8].

Ein Anliegen der Pferdehalter und -halterinnen in ihren Funktionen als Reiter, aber auch als Pferdekäufer oder -verkäufer ist in der Regel eine Information über die prognostische Einschätzung zu zukünftiger Lebensqualität und vor allem auch der Leistungsfähigkeit und dem damit verbundenen finanziellen Wert des Sportpartners Pferd [9]. Zur Zeit sind solche Prognosen nur in begrenztem Umfang möglich, da die genaue Entwicklung von Herzerkrankungen beim Pferd nicht sicher voraussagbar ist [10].

Im Jahr 2022 kam eine Studie zu dem Ergebnis, dass einzelne Untersuchungsparameter noch nicht für eine präzise prognostische Aussage ausreichend sind, sondern nur die durch den untersuchenden Tierarzt gestellte Gesamtprognose eine gute Aussagekraft hat [11].

In vorliegender Studie wurde die Entwicklung von Herzbefunden über einen längeren Untersuchungszeitraum retrospektiv evaluiert. Dabei wurde auch die Aussagekraft einzelner Untersuchungsparameter geprüft. Ziel war es die prognostische Aussagekraft bei kardiologischen Erstuntersuchungen (U1) zu

verbessern und Tierärzten so eine genauere Prognose zu ermöglichen.

Material und Methoden

In der Studie waren 104 Warmblutpferde eingeschlossen, die zu einer kardiologischen Erst-Untersuchung (U1) sowie zu mindestens einer weiteren kardiologischen Untersuchung (U2) im Zeitraum zwischen dem 01. Januar 2000 und dem 25. Mai 2022 in einer spezialisierten Überweisungsklinik in Norddeutschland vorgestellt wurden.

Eine vollständige klinische Untersuchung sowie ein Herzultraschall fand bei allen Patienten sowohl bei der U1 als auch der U2 statt. Die U2 fand mindestens 2 Wochen nach der U1 statt und beinhaltete die vollständige Neuerhebung aller klinischen Daten und der Daten im Herzultraschall. Alle Untersuchungen wurden von einer erfahrenen Tierärztin durchgeführt und ausgewertet.

Die Untersuchungsergebnisse, relevante Informationen wie Alter, Geschlecht, Rasse sowie Befunde der klinischen Untersuchung, auskultatorische Befunde und Ergebnisse echokardiographischer und elektrokardiographischer Untersuchungen wurden mit Genehmigung der Pferdebesitzer detailliert in der Patientenakte erfasst. Bilder und Videos der echokardiographischen Untersuchung wurden ebenfalls in der digitalen Patientenakte gespeichert.

Bei allen Patienten, die aufgrund von Leistungsinsuffizienz vorgestellt wurden, wurde neben der allgemeinen und der speziellen kardiologischen Untersuchung auch eine vollständige orthopädische Untersuchung, sowie eine Untersuchung des oberen und unteren Respirationstraktes durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden ebenfalls in der Patientenakte dokumentiert und ausgewertet.

Die oben genannten Pferde waren auch Bestandteil der Studie über den Zusammenhang von auskultatorischen und echokardiographischen Herzbefunden [12].

Jedes Pferd der vorliegenden Studie erschien nur einmal zur U1 und einmal zur U2 und jedes Pferd wies mindestens einen echokardiographischen Befund auf.

Klinische Untersuchung

Bestandteil jeder Untersuchung war ein allgemeiner klinischer Untersuchungsgang mit Fokus auf das Herz-Kreislauf-System. Von besonderem Interesse waren die klinischen Symptome Leistungsinsuffizienz und Kreislaufproblematik wie Ödeme, Zyanosen, Synkopen und Atemnot. Die vorgestellten Pferde

wurden bei ihrer Ankunft in der Klinik auskultiert. Die Auskultation wurde nach aktuellem Standard durchgeführt [10]. Die Herzgeräusche wurden nach dem jeweilig erkennbaren Schweregrad auf der linken und/oder rechten Seite des Brustkorbs beschrieben und entsprechend in Grad 1 bis Grad 6 eingestuft. Sie wurden je Zeitpunkt als systolisch, diastolisch oder kontinuierlich charakterisiert.

Ultraschalluntersuchung

Zur durchgeführten Ultraschalluntersuchung gehörten der B- und M-Mode sowie eine Farbdoppler-Echokardiographie aller vier Herzklappen. Wenn Klappenregurgitationen (KI) oder Ventrikelseptumdefekte (VSD) festgestellt wurden, erfolgte eine Einteilung in gering-, mittel- oder hochgradig [13].

Herzdimensionen wurden in Millimetern (mm) gemessen und aufgezeichnet. Der linke Vorhof (LA) und linke Ventrikel (LV) wurde jeweils als vergrößert angesehen, wenn er die Größe von 135 mm überschritt. Der rechte Vorhof (RA) und die rechte Herzkammer (RV) galten als vergrößert, wenn sie 80 mm überschritten [14].

Elektrokardiographie (EKG)

Bei allen Pferden wurde eine Ruhe-EKG-Untersuchung mit einer standardisierten Herzbasis-Herzspitzen-Ableitung [15] durchgeführt. Bei unregelmäßigem Herzrhythmus oder unerklärlicher Leistungsinsuffizienz während dem Training wurde ein Belastungs-EKG durchgeführt. Hierbei kam ein Telemetrie-EKG (Televet 100 – Veterinary ECG Device, Engel Engineering Services GmbH) zum Einsatz. Die Elektroden wurden in einer modifizierten Herzbasis-Herzspitzen-Konfiguration auf der linken und rechten Thoraxseite sowie am Brustbein angebracht [3, 15]. Die Elektroden wurden mit einem Longiergurt befestigt und mit einem Transmitter verbunden. Die Daten wurden über Bluetooth an einen Computer übertragen, der mit entsprechender Software zur Analyse ausgestattet war. Die Pferde wurden entsprechend ihrer üblichen Trainingsintensität an der Longe bewegt. Alle abnormen Befunde wurden in der Patientenakte festgehalten und die EKG-Protokolle wurden von einem erfahrenen Kliniker bewertet. Die Befunde wurden gemäß der Beschreibung von van Loon definiert [16]. Vorhof- oder Ventrikelextrasystolen wurden als pathologisch angesehen, wenn mehr als 2 während des Belastungstrainings auftraten, wenn paroxysmales Vorhofflimmern vorlag oder mehr als fünf isolierte vorzeitige Kontraktionen während der Erholungsphase festgestellt wurden [1].

Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit dem Programm IBM SPSS Statistics (IBM Corp. Released 2021. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp) ausgewertet. Assoziationen zwischen Befunden in der U1 und U2 wurden mittels Chi-Quadrat-Test bzw. exaktem Test nach Fisher (wenn mind. 25% der Zellen einen Erwartungswert < 5 besaßen) ausgewertet. Zusätzlich wurde das Odds Ratio (OR) einschl. 95%-Konfidenzintervall bestimmt, das aussagt, wie viel höher

das Risiko in einer Gruppe ist als in der Vergleichsgruppe. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgesetzt.

Alle Daten wurden retrospektiv aus dem Video- und Bildarchiv der Klinik sowie aus den von den untersuchenden Tierärzten verfassten Berichten erhoben. Bilder und Videos der echo- und elektrokardiographischen Untersuchung wurden einmalig erneut durch eine erfahrene Tierärztin vermessen und bewertet.

Ergebnisse

Pferde

Unter den Patienten fanden sich 8,6% Hengste (9/104), von denen einer bis zur U2 kastriert wurde, 26,9% Stuten (28/104) und 64,4% Wallache (67/104).

Das Alter der Tiere lag bei der U1 zwischen 6 Monaten und 27 Jahren mit einem durchschnittlichen Alter von 10 Jahren und einem Median von 8,4 Jahren.

Untersuchungsabstand

Der Zeitabstand zwischen U1 und U2 lag im Schnitt bei 1,8 Jahre und im Median bei 1,2 Jahren. Im Minimum lag die U1 16 Tage und im Maximum 11 Jahre zurück.

Das jüngste Pferd war zum Zeitpunkt der U2 1,4 und das älteste 29 Jahre alt mit einem Altersdurchschnitt bei der U2 von 11,3 Jahren sowie einem Median von 10,3 Jahren.

Vorbericht

Laut Besitzer und Besitzerinnen waren 16,4% der Pferde (17/104) in der Zeit vor der U1 leistungsinsuffizient. Bei der U2 gaben die Besitzer von 17,3% Pferden (18/104) an, dass ihre Pferde unter einer Leistungsinsuffizienz litten. Die Besitzer von 55,5% Pferden (10/18) gaben Leistungsinsuffizienz erst zur U2 an und 44,4% (8/18) gaben in der U2 erneut an, dass ihr Pferd leistungsinsuffizient war. Bei 52,9% Pferden (9/17), bei denen in U1 Leistungsinsuffizienz angegeben wurde, gaben die Besitzer in der U2 an, dass diese nicht mehr leistungsinsuffizient waren.

Unter Kreislaufproblemen bis hin zum Kollaps litten vorberichtlich 5,8% der Patienten (6/104). Bei der U2 litten vorberichtlich noch 3,8% Pferde (4/104) unter Kreislaufproblemen bis hin zum Kollaps. Davon waren 75% (3/4) bei U1 unauffällig und 25% (1/4) war nach auffälliger U1 erneut inzident.

Klinische Untersuchung

In der U1 zeigten 26% der Patienten (27/104) klinische Symptome. Von diesen zeigten 48,1% (13/27) bei der U2 keine klinischen Symptome mehr. Bei der U2 zeigten 13% Pferde (10/77) erstmalig klinische Symptome, während 63% (17/27) in beiden Untersuchungen klinisch auffällig waren. Unverändert klinisch unauffällig waren 87% Patienten (67/77).

Die Auskultation in Ruhe war in U1 bei 4,8% Patienten (5/104) ohne besonderen Befund und 95,1% Pferde (99/104) fielen in der U1 mit besonderem Befund auf. Bei der U2 zeigten sich 97% Pferde (96/99) mit besonderem Befund. Das sind drei weniger als bei der U1.

Ein Herzgeräusch in Ruhe hatten total 85,6% Pferde (89/104), wobei es bei 1,9% Patienten (2/104) nur bei U2 auftrat. In beiden Untersuchungen ohne Herzgeräusch in Ruhe waren 12,5% Pferde (13/104).

Im Hinblick auf die Herzgeräuschphase bzw. Arbeitsphase des Herzens hatten 78,7% der Patienten (70/89) ein unverändertes systolisches Herzgeräusch, wohingegen 18% (16/89) ein unverändert diastolisches Herzgeräusch besaßen. Bis zur U2 entwickelten 2,2% Patienten (2/89) ein systolisches Herzgeräusch. Bei einem Patienten erkannte der Untersuchende einen Wechsel der Herzgeräusch-Phase von diastolisch zu systolisch. Bei zwei Patienten wurde in der U2 ein zusätzliches Herzgeräusch in der jeweils anderen Herzgeräusch-Phase erkannt.

Bei 12,5% Patienten (13/104) konnten die Untersuchenden kein Herzgeräusch feststellen. Diese Patienten hatten dementsprechend keine Angabe zur Herzgeräuschseite.

In 1% (1/104) entwickelte sich bei einem Pferd, das bei U1 kein Herzgeräusch hatte, ein beidseitiges und in 1% (1/104) ein rein linksseitiges Herzgeräusch. Bei 87,5% Probanden (91/104) fiel also während der Studie bei mindestens einer der beiden Untersuchungen und bei 85,6% (89/104) in beiden Untersuchungen ein Herzgeräusch auf.

Bei sowohl U1 wie auch U2 hatten 23,6% Pferde (21/89) ein beidseitiges Herzgeräusch, 64% (57/89) ein rein linksseitiges Herzgeräusch und 2,2% (2/89) ein rein rechtsseitiges Herzgeräusch.

Inklusive der beidseitigen Herzgeräusche hatten bei U1 und U2 somit 87,6% (78/89) ein linksseitiges und 25,6% (23/89) ein rechtsseitiges Herzgeräusch. In 9% der Fälle (8/89) entwickelte sich ein beidseitiges Herzgeräusch aus einem rein linksseitigem und in 1,1% (1/89) wechselte die Herzgeräuschseite von links nach rechts. Das führte dazu, dass 96,7% Pferde (86/89) in einer der beiden Untersuchungen ein linksseitiges

Herzgeräusch aufwiesen. Ein ausschließlich rechtsseitiges Herzgeräusch hatten 2,2% Pferde (2/89).

Über beide Untersuchungen hinweg zeigten sich 87,5% Patienten (91/104) im Verlaufe der Studie mit Herzgeräusch und davon 97,8% Pferde (89/91) mit linksseitigem (oder beidseitigem) und 36,3% (33/91) mit rechtsseitigem (oder beidseitigem) Herzgeräusch. Die Schweregrade der Herzgeräusche variierten im Verlauf der Studie (Tabelle 1).

Während beider Untersuchungen hatten 76,9% Pferde (81/104) keine auskultatorische Arrhythmie. Partiiell arrhythmisch war 1% (1/104) bei der U2, obwohl bei der U1 keine Arrhythmie feststellbar war. Über beide Untersuchungen waren 12,5% (13/104) arrhythmisch, davon 53,8% (7/13) partiell arrhythmisch und 46,2% (6/13) total arrhythmisch. Bei der U1 zeigten sich 8,7% Patienten (9/104) arrhythmisch, die in der U2 keine Arrhythmie hatten. Von diesen waren 22,2% (2/9) bei U1 partiell und 77,8% (7/9) total arrhythmisch.

Bei der U1 hatten 21,2% Pferde (22/104) eine Arrhythmie, die in 40,9% (9/22) bei U2 nicht mehr vorhanden war und in 59,1% (13/22) bei U2 erneut auftrat. Gegenüberstehend hatten 78,8% Patienten (82/104) in der U1 keine Arrhythmie. Von diesen zeigten 98,8% (81/82) in der U2 erneut keine Arrhythmie und 1,2% (1/82) war arrhythmisch.

Das Auftreten einer Arrhythmie in der U1 erhöhte das Risiko, in der U2 erneut eine auskultatorische Arrhythmie zu zeigen, signifikant ($p < 0,001$). Bei den U2 derer, die in der U1 schon eine auskultatorische Arrhythmie aufwiesen lag das erneute Auftreten einer auskultatorischen Arrhythmie bei 59,1%. Patienten, die in der U1 keine Arrhythmie hatten, zeigten in der U2 nur zu 1,2% eine auskultatorische Arrhythmie.

Die OR der soeben beschriebenen zwei Gruppen lag bei 117 mit einem 95%-Konfidenzintervall von 24,6 bis 1001,8.

Echokardiographie

Alle 104 Pferde hatten in der U2 einen echokardiographischen Befund. Bei 1,9% (2/104) entwickelte sich ein Befund erst zur U2.

Tab. 1 Pferde mit Schweregradveränderungen des Herzgeräusches von Erst- zu Nachuntersuchung von $n=91/104$ Pferden mit Herzgeräusch. Horses with changes in the grade of heart murmur from initial to follow-up examination among $n=91/104$ horses with a heart murmur.

Linksseitiges Herzgeräusch						
Anzahl Pferde mindestens eine U mit Herzgeräusch	Anzahl Pferde beide U mit Herzgeräusch	Geräusch unverändert	Geräusch leiser	Geräusch lauter	Zusätzliches Geräusch	Nicht mehr vorhandenes Geräusch
89/91 (98,9%)	86/91 (94,5%)	62/86 (72,1%)	11/86 (12,8%)	13/86 (15,1%)	2/89 (2,2%)	1/89 (1,1%)
Rechtsseitiges Herzgeräusch						
Anzahl Pferde mindestens eine U mit Herzgeräusch	Anzahl Pferde beide U mit Herzgeräusch	Geräusch unverändert	Geräusch leiser	Geräusch lauter	Zusätzliches Geräusch	Nicht mehr vorhandenes Geräusch
33/91 (36,3%)	23/91 (25,3%)	3/23 (13%)	3/23 (13%)	17/23 (73,9%)	10/33 (30,3%)	0

Abkürzung: U= Untersuchung | Abbreviation: U= examination

Es fanden sich bei 86,5% (90/104) der Patienten Klappenregurgitationen (KI), sowohl bei U1 wie auch U2. In 2,9% Fällen (3/104) war in U2 eine KI erwähnt, die bei U1 noch nicht vorhanden war (Tabelle 2) und in 10,6% (11/104) waren bei U1 und U2 nicht KI, sondern Rhythmusstörung vorhanden. Im Verlauf der Studie fielen 17,3% Pferde (18/104) bei der Ultraschalluntersuchung mit Arrhythmien auf, ein Teil davon bei U1 und U2, ein Teil nur bei U1 oder U2. Von diesen fielen 83,3% (15/18) in U1 und 66,6% (12/18) in U2 auf.

Bei U1 hatten 16,7% (3/18) atriale Extrasystolen (aES), die in 33,3% (1/3) bei U2 nicht mehr erkannt wurden, jedoch in 5,6% (1/18) in der U2 erstmalig auftraten. Im Falle der positiven Untersuchung auf aES in der U1 traten aES in 66,6% (2/3) auch in U2 auf. In 50% (1/2) waren diese mit MVI und in 50% (1/2) nicht mit KI assoziiert.

Sowohl bei U1 wie auch U2 wies 1% (1/104) eine totale Arrhythmie und MVI und TVI auf.

Insgesamt hatten 11,5% Pferde (12/104) im Verlauf der Studie AF. Bei beiden Untersuchungen hatten 53,8% Patienten (7/12) AF. Von diesen hatten 14,3% (1/7) AF ohne KI und 85,7% (6/7) mit KI. Die KI assoziierte Gruppe hatte in 50% (3/6) MVI.

Ausschließlich in U1 zeigten 25% (3/12) und 16,6% (2/12) ausschließlich in U2 AF. Von Letzteren hatten 100% (2/2) eine MVI. Von den Pferden die ausschließlich in U1 AF hatten zeigten 66,6% (2/3) eine MVI.

Bei U1 hatten 65,4% der Pferde (68/104) eine MVI, die in 83,8% (57/68) als alleinige KI und in 14,7% (10/68) in Kombination mit weiteren KI auftrat (Tabelle 2).

In der Studie waren 30,8% Patienten (32/104) unauffällig bezüglich MVI im Ultraschall. Bei U1 wiesen 48% Pferde (50/104) eine ggr. MVI und 17,3% Pferde (18/104) eine mgr. MVI auf. Bei U2 hatten 49% Pferde (51/104) eine ggr. MVI. Davon trat die MVI in 7,8% Fällen (4/51) erstmalig bei U2 auf.

Die Herzdimensionen von 56,7% Patienten (59/104) waren in beiden Untersuchungen in der Norm. Von U1 zu U2 entwickelten 8,7% (9/104) eine Vergrößerung einer Herzdimension. Bei beiden Untersuchungen zeigten 34,6% (36/104) Herzdimensionserweiterungen (Tabelle 3).

Bei U1 und U2 wiesen 4,8% der Pferde (5/104) einen VSD auf, der kleiner als 20 mm im Durchmesser war. Der Mittelwert der sich vergrößernden linken Vorhöfe lag bei den MVI bei 15% mit einem Standardfehler von 4,3%.

Ein Zusammenhang von Pferden, die bei U1 eine MVI aufwiesen mit Pferden, die bei der U2 eine Leistungsinsuffizienz zeigten, war nicht signifikant ($p = 0,076$; OR 5,586). Pferde, die einen vergrößerten LA in der U1 zeigten, waren signifikant öfter in der U2 leistungsinsuffizient (p -Wert 0,027).

In der U2 zeigten 10,6% der Pferde (11/104) eine Leistungsinsuffizienz, die in 54,5% der Fälle (6/11) bei der U1 einen vergrößerten LA aufwiesen und in 45,5% (5/11) einen LA in Normgröße bei U1 hatten.

Die Entwicklung der MVI hing nicht signifikant mit der Vergrößerung des linken Vorhofs zusammen (Tabelle 4).

Bei Pferden mit MVI vergrößerte sich der LA in der Studie nicht signifikant wahrscheinlicher als bei Pferden ohne MVI. Auch

Tab. 2 Häufigkeit, Schwere und Entwicklung von Erst- zu Nachuntersuchung von $n=120$ Klappenregurgitationen bei 104 Pferden, die echokardiografisch zwischen 2000 und 05/2022 untersucht wurden. | *Frequency, severity, and progression of valve regurgitations from initial to follow-up examination in 104 horses and $n=120$ valve regurgitations, examined via echocardiography between 2000 and 05/2022.*

	MVI	AVI	TVI	PVI	VSD	Total
Erstuntersuchung						
ggr	50	13	9	0	5	77
mgr	18	6	1	0	0	25
hgr	0	5	0	0	0	5
Total	68	24	10	0	5	107
Entwicklung						
ggr	+4-3	+4-1	+3	0	0	+11-4
mgr	+3-1	+1-1	0	0	0	+4-2
hgr	+1	+1	+1	0	0	+3
Nachuntersuchung						
ggr	51	16	13	0	5	85
mgr	20	6	1	0	0	27
hgr	1	6	1	0	0	8
Total	72	28	15	0	5	120

Abkürzungen: ggr= geringgradig, mgr= mittelgradig, hgr= hochgradig, MVI= Mitralklappenregurgitation, AVI= Aortenklappenregurgitation, TVI= Trikuspidalklappenregurgitation, PVI= Pulmonalklappenregurgitation, VSD= Ventrikelseptumdefekt | *Abbreviations: ggr= mild, mgr= moderate, hgr= severe, MVI= mitral valve regurgitation, AVI= aortic valve regurgitation, TVI= tricuspid valve regurgitation, PVI= pulmonary valve regurgitation, VSD= ventricular septal defect*

der Schweregrad einer MVI bei der U1 hatte keinen signifikanten Einfluss auf eine Vergrößerung des LA in der U2 (Tabelle 5).

Pferde mit MVI in der U1 hatten in dieser Studie nicht signifikant wahrscheinlicher AF in der U2, als Pferde, die in der U1 keine MVI hatten ($p = 0,404$). Von 64,4% (67/104) mit MVI in der U1 hatten 7,5% (5/67) in der U2 AF. Von 35,6% Pferden (37/104) ohne MVI zeigten 10,8% (4/37) in der U2 AF. Pferde mit vergrößertem linkem Vorhof in der U1 hatten signifikant öfter AF in der U2 als Pferde deren LA in der U1 nicht vergrößert war. Der p-Wert lag bei 0,007 und die OR lag bei

7,5 mit bei einem 95% Konfidenzintervall unterem Wert von 1,723 und einem oberen Wert von 32,654.

Von 25% Pferden (26/104) mit vergrößertem linkem Vorhof in der U1 zeigten sich 23,1% (6/26) mit AF in der U2. Von den 75% Pferden (78/104) mit Normgröße des LA in der U1 zeigten sich 3,8% (3/78) mit AF in der U2.

Die Prüfung auf AF in U2 unter Ausschluss der Pferde mit AF in U1 ergab einen p-Wert von 0,053. Diese Patientengruppe beinhaltet 90,4% der Studienpopulation (94/104). Von den 76,6% Pferden (72/94) ohne vergrößerten LA in der U1 zeig-

Tab. 3 Entwicklung der durchschnittlichen Größe von linkem und rechtem Atrium (LA, RA), Aorta und linkem Ventrikel (LV) im Beobachtungszeitraum (Erst-, Nachuntersuchung) bei n=36/104 Pferden mit total 48 Herzklappenregurgitationen. | *Mean left and right atrial (LA, RA), left ventricular (LV) and aortic at the U1 = first exam and U2 = follow-up exam, in n=36/104 horses with a total of 48 heart valve regurgitations.*

	LA (mm) (x ±s)	RA (mm) (x ±s)	Aorta (mm) (x ±s)	LV (mm) (x ±s)
Pferdeanzahl n	26	2	9	11
Erstuntersuchung	142,96 ± 5,618	112,5 ± 31,820	95,56 ± 12,982	145,64 ± 9,287
Nachuntersuchung	147,81 ± 16,862	112,5 ± 31,820	97,22 ± 12,357	147,73 ± 13,039
Entwicklung	4,85 ± 12,985	0 ± 0	1,67 ± 1,723	2,09,81 ± 4,323

Abkürzungen: LA= linkes Atrium, RA= rechtes Atrium, LV= linker Ventrikel, mm= Millimeter | *Abbreviations: LA= left atrium, RA= right atrium, LV= left ventricle, mm= millimeters*

Tab. 4 Vergrößerung des linken Atriums (LA) im Beobachtungszeitraum (Erst-, Nachuntersuchung) in Relation zur Verschlechterung der Mitralklappenregurgitation (MVI) bei n=104 Pferden. | *Enlargement of the left atrium (LA) during the observation period (initial and follow-up examinations) in relation to the worsening of mitral valve regurgitation (MVI) in n=104 horses.*

		Vergrößerung LA		Gesamt
		Nein	Ja	
Verschlechterung MVI	Nein	83/96 (86,5%)	13/96 (13,5%)	96
	Ja	5/8 (62,5%)	3/8 (37,5%)	8
Gesamt		88/104 (84,6%)	16/104 (15,4%)	104

Abkürzungen: LA= linkes Atrium, MVI= Mitralklappenregurgitation | *Abbreviations: LA= left atrium, MVI= mitral valve regurgitation*

Tab. 5 Entwicklung der Größe des linken Vorhofes im Beobachtungszeitraum (Erst-, Nachuntersuchung) in Relation zur Entwicklung der Mitralklappenregurgitation (MVI) bei n=104 Pferden. | *Development of the size of the left atrium during the observation period (initial and follow-up examinations) in relation to the development of mitral valve regurgitation (MVI) in n=104 horses.*

Grad MVI	Entwicklung linker Vorhof						Total	
	U1	U2	U1	U2	U1	U2		
			In der Norm	In der Norm	In der Norm	Vergrößert	Vergrößert	Vergrößert
unverändert	keine	keine	26		1		5	32
	ggr	ggr	32		3		12	47
	mgr	mgr	10		2		5	17
verschlechtert	keine	ggr	2		0		2	4
	ggr	mgr	2		0		1	3
	mgr	hgr	0		0		1	1
Total	72		72		6		26	104

Abkürzungen: U1= Erstuntersuchung, U2= Nachuntersuchung, ggr= geringgradig, mgr= mittelgradig, hgr= hochgradig, MVI= Mitralklappenregurgitation | *Abbreviations: U1= initial examination, U2= follow up examination, ggr= mild, mgr= moderate, hgr= severe, MVI= mitral valve regurgitation*

te keiner der Patienten in der U2 AF. Bei den 23,4% (22/94) Patienten mit vergrößertem LA in U1 zeigten 9,1% (2/22) AF in U2.

Die Vergrößerung der Herzdimensionen war für den RA, den RV, den LV, sowie für die Entwicklung des KI-Grades nicht signifikant abhängig vom Untersuchungsintervall. Geprüft wurde auf einen signifikanten Entwicklungsunterschied zwischen den Untersuchungsintervallen „zwischen 2 Wochen und 9 Monaten“, „zwischen 9 und 15 Monaten“ und „über mehr als 15 Monate“. In keinem Fall war der p-Wert kleiner als 0,05.

Bei der Dimensionsveränderung des LA gab es einen signifikanten Unterschied, ob Pferde „zwischen 9 und 15 Monaten“ oder „über mehr als 15 Monate“ untersucht wurden. (Tabelle 6)

Der p-Wert lag hier bei 0,019 und mit einem 95%-Konfidenzintervall ergibt sich ein Quotenverhältnis von 5,647 mit einem unteren Wert von 1,71 und einem oberen Wert von 27,221.

Diskussion

Die klinische und ultrasonographische Entwicklung von kardiologischen Befunden ist maßgeblich für die weitere Nutzung, das Auftreten von Leistungsinsuffizienz oder für die Wertentwicklung des Pferdes [11, 17].

Die Studie hatte zum Ziel, die Entwicklung kardiologischer Befunde von U1 zu U2 aufzuzeigen, um Prognosen nach Erstevaluierung zu präzisieren.

Das Vorliegen eines Herzgeräusches ist potentiell ursächlich für Kaufpreisminderung oder für das Nichtzustandekommen eines Kaufs und damit von besonderem Interesse und ein wichtiger wirtschaftlicher Faktor für die Pferdeindustrie [18].

Die Relevanz klinischer Befunde ist, wie die Relevanz der Befunde weiterführender Untersuchungen, nicht immer zu erörtern [19]. Stattdessen kann jedoch eine klinische Relevanz von dem Schweregrad eines Befundes abhängig gemacht werden [9].

Deshalb ist insbesondere die Entwicklung von milderen zu schwerwiegenden Befunden interessant. Die vorliegende Studie untersuchte auch die Verschlechterung von Befunden und das Einhergehen mit der Verschlechterung weiterer Befunde bis zur U2.

Die Daten dieser Studie stammen aus einer Population von Warmblutpferden, die vermutlich der Gesamtpopulation von Warmblutpferden in Nordwest- und Mitteleuropa ähnelt. Sie mag im Hinblick auf Alter, Rasse, Geschlecht oder Nutzungsart und -intensität als repräsentative Gruppe für Warmblutpferde mit Herzerkrankungen einzuordnen sein. Entsprechend wären gewonnene Erkenntnisse ohne signifikante Verzerrungen und in Zukunft für die prognostische Einschätzung von Pferden dieser Gesamtpopulation wertvoll.

Die Daten der Studie sind über 22 Jahre gesammelt und müssen im Kontext des technologischen Fortschritts gesehen werden. Ergebnisse haben sich möglicherweise im Laufe der Zeit aufgrund neu gewonnener Erkenntnisse präzisiert oder verändert. Tatsächlich ist die Ultraschalltechnik jedoch auch in

den Jahren der ersten Studiendaten präzise und gut geeignet, um relevante kardiologische Befunde zu dokumentieren [14].

Da es sich um Routinedaten aus dem Klinikbetrieb handelt, sind die Daten teilweise unvollständig. Dies zeigt sich z.B. bei der auskultatorischen Untersuchung auf Arrhythmien, die nur bei 17 Pferden zu beiden Zeitpunkten erfolgte.

Der Großteil der Befunde zeigte bei der U2 keine Verschlechterung. So entstanden in der Studie nur in 2,9% der Fälle KI, die in der U1 nicht auffallen. Dies entspricht Erkenntnissen von einer Arbeit aus dem Jahr 2007 in der gezeigt wird, dass sich ultrasonographische Befunde zur U2 im Durchschnitt nur tendenziell verschlechtern und nur bei wenigen Pferden klinisch bedeutsam werden [20].

Das Vorliegen einer Arrhythmie in der U1 lässt in der durchgeführten Studie das erneute Vorliegen in der U2 wahrscheinlicher werden. Dies entspricht aktuellen Erkenntnissen, da irreversible Strukturveränderungen ein ätiologischer Faktor für Arrhythmien sind [2]. Ebenso zeigen sich sieben Pferde über beide Untersuchungen mit AF, welches meist mit KI und signifikant öfter mit Vorhofvergrößerungen einhergeht. Dies ist auch schon durch vorhergehende Studie bewiesen [21].

In dieser Studie ist ein Viertel der in der U2 mit Kreislaufproblemen auffälligen Pferde schon in der U1 auffällig, obwohl insgesamt nur 5,8% der Pferde bei U1 auffällig sind. Dies mag daran liegen, dass AF häufig mit Kreislaufproblematik einhergeht und insbesondere dann vermehrt auftritt, wenn der LA vergrößert ist [2].

Dies deckt sich mit Erkenntnissen aus dieser Studie, in welcher Pferde mit vergrößertem LA in der U1 signifikant öfter AF in der U2 zeigen und die meisten Pferde mit AF auch strukturelle kardiovaskuläre Veränderungen haben. Die Ergebnisse stehen jedoch im Widerspruch zu einer anderen Studie, in der zwar auch berichtet wird, dass LA-Vergrößerung prädisponierend für AF ist, jedoch die meisten Pferde mit AF keine strukturellen Herzveränderungen haben [22].

Solche Widersprüche erklären sich möglicherweise dadurch, dass eine Nachuntersuchungsempfehlung in der tierärztlichen Praxis nur bei bestimmten Befunden ausgesprochen wird und eine Follow-Up-Studie nur bedingt mit einer Prävalenzstudie vergleichbar ist.

Tab. 6 Vergrößerung des linken Vorhofes (LA) in Relation zum Untersuchungsintervall von total n=80 Pferden, deren Untersuchungsintervall größer oder gleich 9 Monate war. | *Enlargement of the left atrium (LA) in relation to the examination interval of a total of n=80 horses, whose examination interval was greater than or equal to 9 months.*

		Vergrößerung LA		
		Nein	Ja	Gesamt
Untersuchungsintervall	zwischen 9 und 15 Monaten	32	2	34
	über mehr als 15 Monate	34	12	46
Gesamt		66	14	80

Abkürzung: LA= linkes Atrium | Abbreviation: LA= left Atrium

In der Humanmedizin ist Bluthochdruck ein bedeutender Risikofaktor für AF, gefolgt von strukturellen und funktionellen Herzanomalien [23], insbesondere eines vergrößerten linken Vorhofes, der vermehrt zu wiederkehrendem AF führt [24].

Der Zusammenhang des Auftretens eines vergrößerten LA mit AF [10, 12, 25] kann in vorliegender Studie insofern als hochsignifikant ($p = 0,007$) bestätigt werden, dass Pferde ebenso in der U2 vermehrt zu AF neigen, wenn sie in der U1 einen vergrößerten Vorhof haben.

Passend zu diesen Erkenntnissen ist ebenso, dass die Probanden bei U2 signifikant öfter leistungsinsuffizient sind, wenn sie einen vergrößerten Vorhof in der U1 haben.

Festzustellen, ob Pferde signifikant öfter AF in der U2 zeigen, wenn der LA in der U1 vergrößert ist und Pferde ausgeschlossen sind, die schon in der U1 AF zeigen gelingt formal mit einem p-Wert von 0,053 nicht gänzlich. Auch in diesem Fall mag eine mangelnde Fallzahl ausschlaggebend sein. Nur zwei Pferde zeigen zur U2 AF, das in U1 nicht auffällt.

Der Grad der Herzgeräusche zeigte in der Studie verschiedene Entwicklungen: Herzgeräusche wurden zur U2 leiser, lauter oder blieben unverändert. Dies unterstreicht, dass die Lautstärke eines Herzgeräusches nicht zwingend zur Schweregradbeurteilung einer Herzkrankheit heranzuziehen ist [12, 26].

Außerdem ist bekannt, dass Herzgeräusche auch aufgrund von zum Beispiel abnormer Druckverhältnisse im Abdomen nur kurzzeitig oder als funktionelle Geräusche im Rahmen physiologischer Umbauprozesse auftreten können [10].

Die Studie zeigt nicht, dass verschlechternde Befunde andere Auswirkungen auf das Auftreten weiterer Befunde in U2 haben als gleichbleibende Befunde.

Eine vorangegangene Studie mit Probanden derselben Population [25] hat gezeigt, dass die MVI in der U1 Einfluss auf das Vorliegen eines vergrößerten LA hat. Dies ist jedoch oft mit AF assoziiert, obwohl ein direkter Einfluss der MVI auf AF nicht bewiesen werden kann.

Die vorliegende Studie stellt dar, dass MVI keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung nimmt. Diese Erkenntnisse widersprechen einer anderen Studie [16]. Möglicherweise ist dies damit zu erklären, dass sich in vorliegender Studie kein Pferd mit hochgradiger MVI befand.

Die These, dass Kombinationsbefunde von MVI und AF eine signifikant wahrscheinlichere Vergrößerung des LA in der U2 zur Folge haben, können die vorliegenden Daten, möglicherweise mangels ausreichender Fallzahlen (vier Pferde mit Kombinationsbefund in der U1), nicht bestätigen.

Die Prüfung auf Abhängigkeiten von Untersuchungsintervallen bei Vergrößerungen von Herzdimensionen ist in der Mehrzahl der untersuchten Dimensionen ohne Signifikanz. Es macht beispielsweise für die RV oder den RA keinen Entwicklungsunterschied, ob die Probanden nach „2 Wochen bis 9 Monaten“ oder „zwischen 9 und 15 Monaten“ reevaluiert werden.

Nur bei den Dimensionsveränderungen des LA macht es einen Unterschied, ob die Pferde nach „2 Wochen bis 9 Monaten“ oder „über mehr als 15 Monate“ reevaluiert werden. Die Pferde, die im längeren Untersuchungsintervall untersucht werden, zeigen deutlich öfter eine Dimensionsveränderung.

Die Nachuntersuchungsempfehlung der aktuellen Literatur [2, 10] von 1–2 Jahren kann nach diesen Erkenntnissen weiter empfohlen werden, obwohl eine frühere Nachuntersuchung ebenso schon einen Erkenntnisgewinn bewirken kann, wie auch humanmedizinische Studien zeigen [27].

Grenzen der Untersuchung

Limitiert wird die Studie durch das Wegfallen von Pferden, die nicht zu einer U2 erschienen sind. Das kann zum Beispiel bei zwischenzeitlichem Versterben der Fall sein. Es kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass Patientenbesitzer einer bestimmten Patientengruppe, die U2 nicht wahrgenommen haben. Gründe dafür mögen positive klinische Entwicklung des Pferdes oder finanzielle Anlässe sein. Das Pferd könnte auch zwischenzeitlich verkauft sein.

Die Studie untersucht nicht, ob eine bestimmte Patientengruppe wahrscheinlicher auf eine U2 verzichtet. Außerdem werden nur Tiere mit bestimmten Erkrankungen bzw. Schwere der Erkrankung um Wiedervorstellung des Patiententieres gebeten. Es ist anzunehmen, dass Art und Schwere der Erkrankung eine erhebliche Quelle der Verzerrung darstellen.

Auch sorgt das Fehlen einer Kontrollgruppe für Einschränkungen. Insbesondere das OR wäre vermutlich höher, wenn Pferde mit einem bestimmten kardiologischen Befund mit einer gesunden Population verglichen würden.

Da die vorliegenden Herzdimensionen nicht allometrisch gemessen sind, ist eine Einschränkung hinsichtlich der Einschätzung dieser Dimensionen denkbar. Bei besonders großen oder kleinen Pferden werden absolute Cut-off-Werte einem möglicherweise relativ gesehenen Größenverhältnis nicht gerecht.

So legt aktuelle Literatur nahe, dass Herzdimensionen in Relation zum Gewicht und zur Größe des Pferdes untersucht werden sollten [28, 29].

In jetzige Studienpopulation ist keine Untersuchung zu Körpergröße- oder Gewicht eingeflossen. Ergebnisse von relativ leichten oder schweren Pferden könnten entsprechend verfälschend wirken, sodass zukünftig allometrische Studien deutlich präzisere Aussagen treffen könnten.

Der Einfluss des Patientenalters auf die Entwicklung der Befunde war nicht Teil der Untersuchung. Das Alter der Pferde nimmt jedoch Einfluss auf die Prävalenz von KI [25] und kann bei Ergebnissen der Studie für mangelnde Signifikanz gesorgt haben.

Ebenso sind fünf Pferde, die bei U1 nicht ausgewachsen waren, zu finden. Diese Patienten haben ausschließlich VSD, sodass die Ergebnisse zu Herzdimensionen nicht übermäßig beeinflusst sein dürften.

Schlussfolgerungen

Mit den Erkenntnissen dieser Studie bleibt eine exakte Prognose zur individuellen Entwicklung von Herzbefunden beim Pferd schwierig. Ein Großteil der Befunde neigt nur tendenziell zur Verschlechterung, es kann aber bei bestimmten Befunden eine gesicherte Aussage zu erhöhten Risiken getroffen werden. So ist ein vergrößerter LA in der U1 signifikant öfter mit Leistungsinsuffizienz in der U2 assoziiert, ebenso wie ein vergrößerter LA signifikant öfter AF in der U2 bedingt. Die Ergebnisse dieser Studie erlauben keine solche Schlussfolgerung für MVI, auch wenn in anderen Studien ein Zusammenhang zwischen MVI und vergrößertem LA hergestellt wird. Um Risiken für Pferdebesitzer und Reiter zu minimieren, sind entsprechend der Befunde, insbesondere bei einem vergrößerten LA, klinische und echokardiographische Nachuntersuchungen im Jahresrhythmus zu empfehlen.

Um zukünftig exaktere Aussagen zu Befunden treffen zu können, sollten vergleichbare Studien mit größeren Fallzahlen und Berücksichtigung weiterer Variablen wie Alter und Gewicht durchgeführt werden.

Abkürzungen

U1	=	Erstuntersuchung
AF	=	Vorhofflimmern
U2	=	Nachuntersuchung
MVI	=	Mitralklappenregurgitation
VSD	=	Ventrikelseptumdefekt
TVI	=	Trikuspidalklappenregurgitation
AVI	=	Aortenklappenregurgitation
LA	=	linkes Atrium
AO	=	Aorta
LV	=	linker Ventrikel
RA	=	rechtes Atrium
aES	=	atriale Extrasystole
vES	=	ventrikuläre Extrasystole
KI	=	Herzklappenregurgitation

Literatur

- Martin B, Reef VB, Parente EJ, Sage AD (2000) Causes of poor performance of horses during training, racing, or showing: 348 cases (1992–1996). *J Am Vet Med Assoc* 216, 554–8, DOI 10.2460/javma.2000.216.554
- Reef VB, Bonagura J, Buhl R, McGurkin MKJ, Schwarzwald CC, van Loon G, Young LE (2014) Recommendations for Management of Equine Athletes with Cardiovascular Abnormalities. *J Vet Intern Med* 28, 749–61, DOI 10.1111/jvim.12340
- Chope KB (2018) Cardiac/Cardiovascular Conditions Affecting Sport Horses. *Vet Clin North Am Equine Pract*, 34, 409–425, DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.001
- Navas de Solis C (2016) Exercising arrhythmias and sudden cardiac death in horses: Review of the literature and comparative aspects. *Equine Vet J* 48, 406–13, DOI 10.1111/evj.12580
- Aly I, Rizvi A, Roberts W, Khalid S, Kassem MW, Salandy S, du Plessis M, Tubbs RS, Loukas M (2021) Cardiac ultrasound: An Anatomical and Clinical Review. *Transl Res Anatomy*, 22, 100083, DOI 10.1016/j.tria.2020.100083
- Vernemmen I, Van Steenkiste G, Hauspie S, De Lange L, Buschmann E, Vanderperren K, van Loon G, editors. Development of a computer model that represents 3D in vivo anatomy of the equine heart. 33rd EAVA Congress; 2021.
- Gilbert SH, McConnell FJ, Holden AV, Sivanathan MU, Dukes-McEwan J (2010) The potential role of MRI in veterinary clinical cardiology. *Vet J* 183, 124–134, DOI 10.1016/j.tvjl.2008.11.018
- Young L, Blissitt K, Bartram D, Clutton E, Molony V, Jones R (1997) Measurement of cardiac output by transoesophageal Doppler echocardiography in anaesthetized horses: Comparison with thermodilution. *Brit. J Anaesth* 77, 773–80, DOI 10.1093/bja/77.6.773
- Reef VB (2019) Assessment of the Cardiovascular System in Horses During Prepurchase and Insurance Examinations. *Vet Clin North Am Equine Pract* 35, 191–204, DOI 10.1016/j.cveq.2018.11.002
- Gehlen H (2010) *Pferdekardiologie*, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Company KG, Hannover
- Ter Woort F, Reef V, Stefanovski D, Slack J (2022) Cardiac pre-purchase examination in horses – evaluation, outcome and athletic follow-up. *Equine Vet Educ* 34, 530–538, DOI 10.1111/eve.13507
- Hövenner J, Pokar J, Merle R, Gehlen H (2021) Association between Cardiac Auscultation and Echocardiographic Findings in Warmblood Horses. *Animals (Basel)*, 11, DOI 10.3390/ani11123463
- Gehlen H, Stadler P, Deegen E (1998) Grading of equine mitral valve insufficiency by colour flow doppler echocardiography. *Pferdeheilk Equine Med* 14, 303–314, DOI 10.21836/PEM19980404
- Gehlen H, Stadler P, Deegen E (1998) Vorschlag zur Standardisierung der Untersuchung von herzkranken Warmblutpferden mit einem kardiologischen Beurteilungssystem. *Pferdeheilk Equine Med* 14, 107–114, DOI 10.21836/PEM19980201
- Mitchell KJ (2019) Equine Electrocardiography. *Vet Clin North Am Equine Pract* 35, 65–83, DOI 10.1016/j.cveq.2018.12.007
- van Loon G (2019) Cardiac Arrhythmias in Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 35, DOI 10.1016/j.cveq.2018.12.004
- Hövenner J, Barton AK, Merle R, Gehlen H (2020) Review: Poor performance in the Warmblood sport horse – causes and diagnostic approach. *Pferdeheilk Equine Med* 36, 511–530, DOI 10.21836/pem20200604
- Verdegaal EJMM, Voorhout G, van Loon G, Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM (2002) Heart murmurs found at pre-purchase or veterinary examinations - Inventory and follow-up of 77 clinically healthy horses. *Pferdeheilk Equine Med* 18, 263–272, DOI 10.21836/PEM20020309
- Martin B, Ben BM, Davidson EJ, Durando MM, Birks EK. (2004) Clinical exercise testing: overview of causes of poor performance. *Equine Sports Med Surg* 2004. p. 32–41
- Gehlen H, Goltz A, Rohn K, Stadler P (2007) A survey of the frequency and development of heart disease in riding-horses - Part 2: Clinical and echocardiographic followup examination. *Pferdeheilk Equine Med* 23, 378–387, DOI 10.21836/PEM20070409
- Goltz A, Gehlen H, Rohn K, Stadler P (2009) Therapy of atrial fibrillation with class-1A and class-1C antiarrhythmic agents and ACE inhibitors. *Pferdeheilk Equine Med* 25, 220–227, DOI 10.21836/PEM20090304
- McGurkin MKJ (2015) The diagnosis and management of atrial fibrillation in the horse. *Vet Med (Auckl)* 6, 83–90, DOI 10.2147/vmrr.S46304
- Losi MA, Izzo R, De Marco M, Canciello G, Rapacciolo A, Trimarco V, Stabile E, Rozza F, Esposito G, De Luca N, de Simone G, Trimarco B (2015) Cardiovascular ultrasound exploration contributes to predict incident atrial fibrillation in arterial hypertension: the Campania Salute Network. *Int J Cardiol* 199, 290–295, DOI 10.1016/j.ijcard.2015.07.019

- 24 Olshansky B, Heller EN, Mitchell B, Chandler M, Slater W, Green M, Brodsky M, Barrell P, Greene HL (2005) Are Trans-thoracic Echocardiographic Parameters Associated With Atrial Fibrillation Recurrence or Stroke? *J Am Coll Cardiol* 45, 2026–2033, DOI 10.1016/j.jacc.2005.03.020
- 25 Hövener J, Pokar J, Merle R, Gehlen H (2022) Findings in 261 cardiac examinations of warmblood sport horses and their association with performance. *Pferdeheilk Equine Med* 252–263, DOI 10.21836/PEM20220306
- 26 Reef VB (1995) Evaluation of ventricular septal defects in horses using two-dimensional and Doppler echocardiography. *Equine Vet J* 27, 86–95, DOI 10.1111/j.2042–3306.1995.tb04994.x
- 27 Mitchell AR, Spurrell PA, Ahmet H, Kempson S, Higson M, Sulke N (2003) Echocardiographic changes and predictors of arrhythmia recurrence after long-term use of the atrial defibrillator. *Int J Cardiol* 89, 25–31, DOI 10.1016/s0167–5273 (02)00430–8
- 28 Al-Haidar A, Leroux A, Borde L, Deleuze S, Cerri S, Sandersen C, Amory H, Farnir F (2013) Relationship Between Echocardiographic Measurements and Body Size in Horses. *J Equine Vet Sci* 33, 107–114, DOI 10.1016/j.jevs.2012.05.063
- 29 Schwarzwald CC (2019) Equine Echocardiography. *Vet Clin North Am Equine Pract* 35, 43–64, DOI 10.1016/j.cveq.2018.12.008
- 30 Reef VB (1995) Heart murmurs in horses: determining their significance with echocardiography. *Equine Vet J Suppl* 71–80, DOI 10.1111/j.2042–3306.1995.tb04992.x