

# Leistungsinsuffizienz beim Warmblutsporthorse – Ursachen und diagnostische Möglichkeiten: Eine Literaturübersicht

Jakob Hövener<sup>1,3</sup>, Ann Kristin Barton<sup>3</sup>, Roswitha Merle<sup>2</sup> und Heidrun Gehlen<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tierärztliche Klinik für Pferde, Bargteheide

<sup>2</sup> Institut für Veterinär-Epidemiologie und Biometrie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

<sup>3</sup> Klinik für Pferde, allgemeine Chirurgie und Radiologie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

**Zusammenfassung:** Pferde mit einem Vorbericht von ungenügender Leistung werden in der tierärztlichen Praxis oft vorgestellt und können eine diagnostische Herausforderung darstellen, da eine Vielzahl und oft auch mehrere Organsysteme für die Leistungsschwäche verantwortlich sein können. Die meisten Studien, die bisher über dieses Thema durchgeführt wurden, befassen sich mit Trab- oder Galopprennpferden und reduzierter Rennleistung. Aufgrund der völlig anderen Anforderungen, die die olympischen Pferdesportdisziplinen im Vergleich zum Rennsport an den Athleten Pferd stellen, manifestieren leistungslimitierende Faktoren sich hier auch anders, etwa durch Probleme bei Anlehnung oder Versammlung, Schwierigkeiten bei der Durchführung bestimmter Lektionen oder komplexer Bewegungsabläufe, die etwa in der Dressur abgefragt werden oder durch Schwierigkeiten bei engen Wendungen oder Distanzen im Springparcours. Die häufigsten in der Literatur beschriebenen Erkrankungen, die sich für den Reiter in Leistungsinsuffizienz äußern, sind Erkrankungen der oberen und tiefen Atemwege, sowie orthopädische Probleme, wie etwa geringgradige oder bilaterale Lahmheiten oder Rückenprobleme. Aber auch andere Ursachen, wie Herz- oder Muskelerkrankungen, sowie metabolische oder hormonelle Imbalancen, können performancelimitierende Auswirkungen auf den Sportpartner Pferd haben. Zur Diagnostik ist neben ausführlicher Anamnese und klinischer Allgemeinuntersuchung eine Vielzahl von weiteren diagnostischen Untersuchungen, abhängig von den Ergebnissen der Anamnese und der klinischen Untersuchung, nützlich. Neben einer Ruheuntersuchung sollte immer auch eine Untersuchung in Belastung durchgeführt werden, um in Ruhe nicht apparente Befunde zu demaskieren und die klinische Relevanz der Befunde bewerten zu können. Diese Literaturübersicht soll einen Einblick in den Wissenstand über Ursachen, Manifestationsformen und Diagnostik unter Feldbedingungen von Leistungsinsuffizienz beim Pferd, mit besonderem Fokus auf Warmblutsporthorse, welche in den Disziplinen Springen, Dressur und Vielseitigkeit eingesetzt werden, geben.

**Schlüsselwörter:** Leistungsabfall, Sporthorse, Belastungstest, Erkrankungen, Diagnostik

---

## Review: Poor performance in the Warmblood sport horse – causes and diagnostic approach

Poor performance is a common complaint in equine veterinary practice and can pose a diagnostic challenge to the equine practitioner as the triggering pathology can be located in almost every organ system and very often more than one problem causes the performance deficit. Most studies regarding this topic have been conducted on racehorses with poor racing performance. Due to the very different demands the Olympic disciplines present to the equine athlete compared to racing, performance limiting medical conditions manifest in different ways. For example, sport horses rather present with problems under the rider as difficulties to collect or to keep contact with the bit or difficulties performing specific manoeuvres in dressage or making distances or sharp turns in the show-jumping ring. The most common medical conditions affecting horses with a complaint of performance problems are respiratory diseases and orthopedic problems like subtle lameness or back pain. However, also cardiac, neurologic and muscular problems, as well as metabolic and hormonal imbalances can limit the performance potential of the equine athlete. For diagnosing the cause of poor performance, a detailed anamnesis and thorough clinical examination are of utmost importance. Further diagnosis is then based on the results of the anamnesis and the clinical exam. Besides an examination at rest an examination during and after exercise is important to detect any abnormalities that may not be present at rest and to evaluate the clinical significance of any findings. This review shall give an overview about the causes and manifestations of poor performance in the horse with special focus on warmblood sport horses competing in dressage, show jumping and eventing. Moreover, diagnostic possibilities in the field are discussed.

**Keywords:** poor performance, sporthorse, exercise testing, diagnostics

---

**Zitation:** Hövener J., Barton A. K., Merle R., Gehlen H. (2020) Leistungsinsuffizienz beim Warmblutsporthorse – Ursachen und diagnostische Möglichkeiten: Eine Literaturübersicht. *Pferdeheilkunde* 36, 511–530; DOI 10.21836/PEM20200604

**Korrespondenz:** Prof. Dr. Heidrun Gehlen, Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie des Fachbereiches Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin; [heidrun.gehlen@fu-berlin.de](mailto:heidrun.gehlen@fu-berlin.de)

**Eingereicht:** 2. Juli 2020 | **Akzeptiert:** 18. August 2020

## Einleitung

Leistungsinsuffizienz ist ein häufiger Vorbericht in der pferdetierärztlichen Praxis und immer eine Herausforderung für den untersuchenden Tierarzt, da sehr viele Erkrankungen als Ursache in Frage kommen. Der Wert einer ausführlichen

Anamnese kann nicht genug betont werden. Anschließend ist eine gründliche tierärztliche Untersuchung notwendig, um die Ursachen individuell zu ermitteln.

Eine verminderte Leistungsfähigkeit begünstigt die Entstehung von Verletzungen (Munsters et al. 2014) und ist ein häufiger

Grund, weshalb Pferde aus dem Sport ausscheiden. Neben eventuellen wirtschaftlichen Konsequenzen können auch tier-schutzrechtliche Aspekte relevant sein (Thomson et al. 2014). Der FEI Code of Conduct for the Welfare of the Horse Absatz 2b besagt, „dass kein Pferd, welches körperlich nicht voll leistungsfähig ist, an einem Wettbewerb teilnehmen darf und dass tierärztlicher Rat gesucht werden muss, sobald irgendein Zweifel an der Fitness des Tieres besteht“. Demzufolge ist es absolut unverzichtbar, der Ursache für eine mangelhafte Leistung auf den Grund zu gehen. Dabei ist es für den untersuchenden Tierarzt wichtig, die Leistungsschwäche zu charakterisieren und das diagnostische Vorgehen angemessen zu planen. Kenntnisse über mögliche weiterführende diagnostische Schritte und vor allem über die (z.T. rasse- und nutzungsabhängigen) relevanten, leistungsminderten Erkrankungen und ihre klinische Ausprägung sind dabei dringend erforderlich.

### Charakterisierung der Leistungsschwäche

Leistungsinsuffizienz bezeichnet eine Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit des Pferdes (Niederhofer und Müller 2017), wobei zu beachten ist, dass dies zunächst in der Regel durch die individuelle Beobachtung des Reiters erkannt wird und Pferde in der Regel mit unspezifischen Symptomen, die vom Besitzer nicht einem Organ zugeordnet werden können (z.B. Bewegungsunlust, vorzeitige Ermüdung oder Unrüttigkeit), vorstellig werden (Niederhofer und Müller 2017). Einige Reiter definieren dabei Leistungsschwäche darüber, dass das Pferd nicht mehr das tut, wozu der Reiter es auffordert und sich widersetzlich zeigt (Buckley et al. 2004). Dabei muss nicht immer ein medizinisches Problem die Ursache für die vom Reiter wahrgenommene Leistungsschwäche sein. Diese kann auch in einem unzureichenden Trainingszustand, Überforderung, Verhaltensproblemen oder falscher Fütterung begründet sein (Pilsworth et al. 1998, Niederhofer und Müller 2017). Nicht zuletzt kann auch der Reiter (mit) verantwortlich für eine ungenügende Leistung sein (Pilsworth et al. 1998, Dyson 2016, Hines 2018). Dies muss also erst einmal ausgeschlossen und klar von medizinisch begründeter, durch den Tierarzt diagnostizierbarer Leistungsschwäche abgegrenzt werden (Lilich und Gaughan 1996), um die der Leistungsschwäche zugrunde liegende medizinische Ursache zu erkennen. Die Leistungsfähigkeit eines Pferdes kann durch Schmerzen, mangelhafte Sauerstoffversorgung oder allgemeine Schwäche beeinträchtigt werden (Niederhofer und Müller 2017), so dass fast jedes Organsystem als Auslöser für eine vorberichtliche Leistungsinsuffizienz in Frage kommt. Sowohl orthopädische Probleme als auch Magenulzera können chronische Schmerzen verursachen und Störungen der sauerstofftransportierenden Organsysteme, wie Herz und Lungen, können die Leistungsfähigkeit des Organismus deutlich negativ beeinflussen (Niederhofer und Müller 2017, Hines 2018). Als häufigste Auslöser für Leistungsminderungen oder Leistungsschwäche sind beim Pferd Erkrankungen des Respirationstraktes und des Bewegungsapparates beschrieben. Jedoch führen auch in einer Vielzahl von Fällen mehrere klinische Befunde bzw. mehrere Organbeteiligungen zur Leistungsschwäche (Moore 1996, Parente 1996, Richard et al. 2010, Fraipont et al. 2011, Dyson 2016, Niederhofer und Müller 2017, Hines 2018). Die Ursachenforschung in diesem Bereich ist daher auch für den erfahrenen Tierarzt nicht ein-

fach und erfordert eine klar strukturierte Vorgehensweise sowie tiefes Wissen über die verschiedenen Organsysteme (Parente 1996). Auch ist es wichtig, die Anforderungen der einzelnen Pferdesportdisziplinen zu kennen (Dyson 2016), um eine tatsächliche medizinische bedingte Leistungsschwäche von anderen, eher verhaltens- oder reiterlich bedingten Problemen, abzugrenzen (Pilsworth et al. 1998, Dyson 2016) und die zu Grunde liegende Pathologie korrekt zu diagnostizieren (Niederhofer und Müller 2017, Hines 2018).

### Diagnostische Vorgehensweise

#### Anamnese

Eine detaillierte Anamnese ist die Grundlage, um eine zielgerichtete Untersuchung durchzuführen und medizinisch bedingte Leistungsschwäche von anderen Ursachen abzugrenzen (Lilich und Gaughan 1996, Parente 1996, Birks et al. 2004, Evans 2007, Niederhofer und Müller 2017). Dazu zählen grundlegende Informationen wie Rasse, Alter, Geschlecht, Nutzung/ Disziplin und Leistungsklasse. Die Rasse und das Alter des Patienten können wertvolle Informationen liefern, da bestimmte Erkrankungen vor allem bei bestimmten Pferdetypen und Altersgruppen auftreten (Hines 2018). So ist beispielsweise bei jungen Pferden eher mit kongenitalen Erkrankungen oder grundlegendem Mangel an Potential zu rechnen, während man bei älteren Pferden, welche vorher bessere Leistung gezeigt haben, eher Neoplasien oder Verschleißerscheinungen erwartet (Pilsworth et al. 1998, Hines 2018). Disziplin und Leistungsklasse werden ebenfalls erfragt, um die gewünschte Leistung bzw. den beklagten Leistungsmangel besser zu beurteilen und mit Befunden der eigenen Untersuchungen in Relation zu setzen. So können bei einem Renn- oder Vielseitigkeitspferd schon geringfügige Pathologien zu Leistungseinschränkungen führen, die bei Dressur- oder Springpferden noch problemlos toleriert werden können (Niederhofer und Müller 2017).

Fütterungsmanagement und Ernährungszustand werden ebenfalls evaluiert, da Mangel- oder Überernährung die Leistungsfähigkeit des Organismus negativ beeinflussen können. Auch die Haltungsbedingungen sollten erfragt werden, da beispielsweise Stallhaltung das Auftreten von Atemwegsproblemen fördern kann (Birks et al. 2004, Evans 2007, Hines 2018, Couetil et al. 2020). Trainingspensum, -umgebung, und -ablauf, sowie Wettkampfergebnisse können ebenfalls wichtige Informationen liefern. So sollte beispielsweise erfragt werden, ob das Problem immer auftritt oder erst bei Abfrage von höherer Leistung oder bei einer bestimmten Lektion. Falls vorzeitige Ermüdung auftritt, ist es wichtig zu wissen, ob diese plötzlich oder schleichend auftritt, ob das Pferd dann Kurzatmigkeit, Steifheit oder ähnliches zeigt und ob es zu einer verzögerten Beruhigung nach Belastung kommt.

Wichtig zu wissen ist außerdem, wie lange das Problem schon besteht. Falls das Pferd schon immer Symptome von Leistungsschwäche zeigte, muss auch in Erwägung gezogen werden, ob die Erwartungen des Besitzers, in Bezug auf die körperlichen und konditionellen Möglichkeiten sowie die mentale Einstellung des Pferdes unrealistisch sind (Lilich und Gaughan 1996, Parente 1996, Pilsworth et al. 1998, Birks et al. 2004, Evans 2007, Hines 2018).

Es ist ebenfalls wichtig herauszufinden, ob das Pferd bekannte chronische oder akute Vorerkrankungen hat und medikamentös vorbehandelt wurde (z.B. mit Schmerzmitteln) und ob dies eine Verbesserung der Probleme bewirkte (Birks et al. 2004, Hines 2018). Auch sämtliche weiteren Voruntersuchungen sollten eruiert werden (Lilich und Gaughan 1996).

Des Weiteren sollten Impf- und Entwurmungsstatus und Auslandsaufenthalte hinsichtlich diverser Infektionskrankheiten ermittelt werden (Lilich und Gaughan 1996, Couetil et al. 2020). Zu guter Letzt sollte der Reiter ausführlich befragt werden, ob ihm in letzter Zeit Auffälligkeiten wie Lahmheit, Hinterhandsschwäche, Muskelatrophie, Gang-Inkoordination oder Probleme bei bestimmten Bewegungsmustern aufgefallen sind oder kürzlich Beschlagsänderungen, intraartikuläre Injektionen oder Operationen stattgefunden haben. Außerdem sollte erfasst werden, ob etwa Husten, Atemnot, Atemnebengeräusche, Ermüdung zu ungewöhnlichen Zeiten, Synkopen oder ähnliches aufgefallen sind, was auf Erkrankungen des Atmungs- oder Herz-Kreislaufapparates hindeuten könnte (Lilich und Gaughan 1996, Evans 2007, Hines 2018, Jago und Keen 2019, Couetil et al. 2020).

### Klinische Untersuchung

Da eine Leistunginsuffizienz in jedem Organsystem und durch mehr als eine Erkrankung entstehen kann, ist eine gründliche klinische Untersuchung des Patienten wichtig, auch wenn das Pferd bereits von einem überweisenden Tierarzt untersucht wurde (Lilich und Gaughan 1996, Parente 1996, Birks et al. 2004, Martin et al. 2004, Fraipont et al. 2011, Niederhofer und Müller 2017, Hines 2018). Dafür sollte auf jeden Fall die körperliche Verfassung inklusive Pflege- und Ernährungszustand sowie die allgemeine Konstitution und der Habitus untersucht werden (Lilich und Gaughan 1996). Des Weiteren werden die Vitalparameter erhoben und eine gründliche Auskultation des Herzens und der Lunge durchgeführt (Lilich und Gaughan 1996, Birks et al. 2004). Das Maul wird untersucht und auffälliger Geruch, pathologische Abnutzungen der Zähne oder Ulzerationen der Schleimhaut werden notiert (Lilich und Gaughan 1996). Bei Leistungsschwäche erfolgt immer eine gründliche Lahmheitsuntersuchung. Diese sollte eine Adspektion und Palpation des gesamten Körpers, insbesondere des Rückens, im Ruhezustand umfassen und eine Untersuchung in Bewegung auf der Geraden und auf dem Zirkel sowie unter Belastung auf weichem Boden beinhalten (Parente 1996, Martin et al. 2004). Tritt die Leistungsschwäche bei bestimmten Lektionen auf, ist eine Untersuchung unter dem Reiter hilfreich. Bei gehobenen Sportpferden spielen andere möglicherweise leistungsbeeinträchtigende Ursachen, wie reiterliche Mängel oder unpassendes Equipment (z.B. Sattel) meistens keine Rolle. Sie sollten aber gegebenenfalls mitberücksichtigt werden, falls der Reiter/Besitzer mit mangelnder Fachkenntnis auffällt.

Welche weiteren Untersuchungen im Anschluss noch durchgeführt werden, ist stark abhängig von der Anamnese und den bereits erhobenen klinischen Befunden, wobei beachtet werden muss, dass das Vorhandensein eines klinischen Befundes andere Pathologien, die zur Leistungsschwäche beitragen können nicht ausschließt. Oft tragen mehrere Ursachen zur

Leistunginsuffizienz bei (Morris und Seeherman 1991, Parente 1996, Knight und Evans 2000, Birks et al. 2004, Martin et al. 2004, Melkova et al. 2016, Wysocka und Kluciński 2018).

### Belastungstests

Standardisierte Belastungstests ermöglichen eine Evaluierung verschiedener Organsysteme unter vergleichbaren Bedingungen und werden vielseitig eingesetzt, um Trainingsfortschritte zu beurteilen. Sie können aber auch bei der Diagnostik von Pferden mit Leistunginsuffizienz eine sinnvolle zusätzliche Untersuchung darstellen, sofern die Ergebnisse des Leistungstests mit Anamnese und Befunden der klinischen Untersuchung in Verbindung gebracht werden (Evans 2004, Evans 2007, Bitschnau et al. 2010, Fraipont et al. 2011). Eine wichtige Rolle spielen Belastungstests in der Bewertung der klinischen Signifikanz von Befunden, die bei vorherigen Untersuchungen festgestellt wurden und um Befunde festzustellen, die während der Ruheuntersuchung nicht auffällig waren (Parente 1996, Evans 2004, Evans 2007, Hines 2018). So können vor allem kardio-respiratorische und metabolische Messwerte, die während der Belastung genommen werden, wichtige Rückschlüsse auf eine Reihe von Organsystemen liefern, die bei der Bereitstellung von Energie eine wichtige Rolle spielen. Subklinische Lahmheiten können ebenfalls durch einen Belastungstest provoziert werden (Fraipont et al. 2011, Hines 2018). Ein gut durchgeführter Belastungstest sollte die vom Pferd im Regelfall erbrachte Arbeit so gut wie möglich replizieren, also eine hohe Validität besitzen (Allen et al. 2016). Neben Belastungstests auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband sind auch solche unter Feldbedingungen gut geeignet, da hier die Bedingungen, unter denen das Pferd im Alltag trainiert, wie Boden, Reitergewicht und Geschwindigkeit besser wiedergegeben werden können (Evans 2004, Evans 2007). Möglich machen dies tragbare Geräte, welche Herzfrequenz und Geschwindigkeit des Pferdes anzeigen können (Evans 2004). Für die verschiedenen Disziplinen werden unterschiedliche Tests empfohlen, da man nicht ohne weiteres Protokolle, die etwa für Rennpferde aussagekräftig sind, auf Sportpferde übertragen kann (Maré et al. 2017) und es wichtig ist, dass die Bedingungen unter denen das Pferd im Alltag Leistung erbringen muss, so gut wie möglich repliziert werden (Munsters et al. 2014, Maré et al. 2017).

Verschiedene Parameter können dann vor, während und nach der Belastung erhoben werden, wobei die wichtigsten, im Feld anwendbaren Tests, die Herzfrequenzmessung und die Messung der Blutlaktatkonzentration im Verhältnis zur Arbeitsbelastung sind (Evans 2004, Lelev et al. 2005, Bitschnau et al. 2010, Twele 2019).

Die Messung der Herzfrequenz erlaubt Rückschlüsse auf die Funktion und Kapazität des kardiovaskulären Systems und den Grad der akuten Belastung (Twele 2019), denn das Herz auswurfvolumen vergrößert sich nicht wesentlich, so dass die Herzfrequenz Rückschlüsse auf das tatsächliche Herzminutenvolumen erlaubt. Generell steigt die Herzfrequenz mit steigender Beanspruchung an, bis ihr Maximum erreicht ist und es trotz steigender Belastung zu einem Plateau kommt (Allen et al. 2016, Hines 2018, Twele 2019). Die maximale Herzfrequenz ist ein individuell festgelegter Wert und nur die

Geschwindigkeit, mit der die maximale Herzfrequenz erreicht wird, und die Größe des Herzens und somit sein Auswurfvolumen sind durch Training zu modifizieren (Allen et al. 2016, Hines 2018, Twele 2019). Die Messung der Herzfrequenz kann entweder mittels Auskultation erfolgen, was jedoch leicht zu Messungenauigkeiten führt, oder es können Elektrokardiogramme oder Sportuhren mit integriertem GPS-Modul und Herzfrequenzmessung benutzt werden (Reef et al. 2014, Allen et al. 2016, Maré et al. 2017, Twele 2019). Als klinisch nutzbarer Messwert, um die Fitness eines Pferdes zu beurteilen, werden, je nach Disziplin der V200, der V170 und der V140 beschrieben, also die Geschwindigkeit, bei der die Herzfrequenz bei 200, 170 oder 140 Schlägen pro Minute liegt, wobei ein fitteres Pferd diese Werte erst bei höherer Belastung erreicht (Evans 2004, Leleu et al. 2005, Fraipont et al. 2011, Munsters et al. 2014, Allen et al. 2016, Maré et al. 2017, Hines 2018, Twele 2019). Außerdem wird die Beruhigung der Herzfrequenz nach Belastung häufig zur Erstein-schätzung bei Pferden mit Leistungsintoleranz in praxi verwendet (Bitschnau et al. 2010, Reef et al. 2014), wobei ein fittes Pferd etwa 30 bis 45 Minuten nach Ende der intensiven Belastung wieder seine Ruheherzfrequenz aufweisen sollte (Reef 2018). Als pathologisch zu betrachten ist eine relativ erhöhte Herzfrequenz, ungewöhnlich hohe maximale Herzfrequenzen von über 250 Schlägen pro Minute, ungewöhnlich niedrige Herzfrequenzen und eine stark verlängerte Beruhigungsphase (Allen et al. 2016). Gerade eine erhöhte Herzfrequenz muss keine kardiologische Ursache haben, sondern kann auch auf andere Probleme hindeuten, wie etwa ungenügende Fitness, Dehydratation, hohe Temperaturen, respiratorische oder vas-kuläre Erkrankungen, Aufregung oder auch Schmerzen, wie etwa subklinische Lahmheit (Evans 2004, Evans 2007, Allen et al. 2016). Dies sollte vor allem in Betracht gezogen werden, wenn die Herzfrequenz stark ansteigt, der Blutlaktatwert, welcher als Indikator für anaerobe Glykolyse ebenfalls Rück-schlüsse auf die kardiovaskuläre Fitness des Pferdes zulässt, sich hingegen wenig verändert (Maré et al. 2017, Hines 2018). Verglichen mit anderen Indikatoren für Trainingsintensität ist die Herzfrequenz insgesamt einfach, schnell und günstig zu erfassen und kann in vielen Szenarien verwendet werden und Abweichungen können auf viele mögliche Pathologien hindeuten. Andererseits ist die Frequenz, wie kaum ein anderer Wert, auch von psychologischen Faktoren wie Stress oder Aufregung (evtl. auch situativ oder umgebungsbedingt) beeinflussbar, und Messwerte können so verfälscht werden (Allen et al. 2016).

Laktat als ein Produkt des anaeroben Glukosestoffwechsels, wird mit steigender Belastung vermehrt ausgeschüttet, so dass mit Erhöhung der körperlichen Belastung auch die Blutlaktatkonzentration exponentiell ansteigt. Die Zunahme der Laktatkonzentration im Blut kann als ein Indikator für die kardio-vaskuläre und metabolische Fitness des Pferdes betrachtet werden (Piccione et al. 2010, Hines 2018). Von besonderem Interesse zur Evaluation der Leistungsfähigkeit des Organismus ist die sogenannte aerob-anaerobe Laktatschwelle, also jener Grad an Belastung, bei der sich Laktatauf- und -abbau im Gleichgewicht befinden. Bei weiterer Erhöhung der Belastung übersteigt dann die Laktatproduktion den Laktatabbau, so dass es zu einem exponentiellen Anstieg der Laktatkonzentration kommt (Twele 2019). In der Humanmedizin und auch beim Pferd wird der Wert von 4 mmol/l häufig als aerob-an-

aerobe Schwelle definiert (Twele 2019). Dementsprechend ist die aerobe Kapazität eines Athleten größer, je höher die Belastung ist, bei der eine Blut- oder Plasmalaktatkonzentration von 4 mmol/l gemessen wird. Untrainierte Pferde oder solche mit respiratorischen Problemen erreichen diese Werte schon bei deutlich niedrigeren Belastungen als fitte Pferde (Parente 1996, Evans 2004, Leleu et al. 2005, Piccione et al. 2010, Fraipont et al. 2011, Hines 2018). Zur Messung der Laktatkonzentration sind Blutgasanalysegeräte und portable Blutlaktat-Messgeräte geeignet (Twele 2019).

Auch die arterielle Blutgasanalyse kann Aufschlüsse über die Fitness/Kondition eines Pferdes geben. Vor allem bei Pferden mit Verdacht auf kardiorespiratorische Erkrankungen erlaubt diese Untersuchung in Ruhe oder unter Belastung eine Aussage über die Lungenfunktion, aber auch über sonstige obstruktive Atemwegsverlegungen oder kardiologische Probleme und sollte immer in Zusammenhang mit anderen Untersuchungsergebnissen betrachtet werden (Parente 1996, Martin et al. 2004, Meyer et al. 2004, Hines 2018). Die Durchführung der arteriellen Blutgasanalyse kurz nach Belastung ist hingegen wenig aussagekräftig, da sich die Werte innerhalb von Sekunden verändern (Gehlen 2010). Es erfordert daher eine entsprechende technische Ausstattung, um unter maximaler Belastung, z.B. auf dem Hochgeschwindigkeitslaufband, intraarterielle Blutproben über einen liegenden Arterienzugang zu gewinnen. Daher ist in der Praxis die Nutzung des Laktatwertes nach Belastung gebräuchlicher.

Insgesamt sollte die Diagnose nicht aufgrund eines einzelnen Messwertes getroffen werden, sondern es sollten sowohl der Vorbericht als auch alle Ergebnisse der klinischen Untersuchung und des Belastungstestes gemeinsam zur Beurteilung und Diagnosefindung herangezogen werden (Evans 2007).

## Weiterführende Diagnostik und leistungsmindernde Erkrankungen

In den Tabellen 1 und 2 sind die leistungsmindernden Erkrankungen und Vorberichte aufgelistet.

### Erkrankungen der Atemwege

Erkrankungen der Atemwege werden als „die häufigste internistische Ursache für Leistungsschwäche beim Pferd“ beschrieben (Niederhofer und Müller 2017).

Dementsprechend wichtig ist eine ausführliche Untersuchung der Atemwege bei allen Patienten, die mit Leistunginsuffizienz vorstellig werden (Lilich und Gaughan 1996, Hines 2018). Die Anamnese ist auch hier die Grundlage für das weitere klinische Vorgehen. Symptome, wie Husten, Atemgeräusche oder Kurzatmigkeit können vorliegen und wertvolle Hinweise liefern, ob die Erkrankung zum Beispiel eher im Bereich der oberen oder der tiefen Atemwege lokalisiert ist. Häufig werden diese Symptome aber vom Besitzer nicht als leistunginsuffizienzverursachendes Problem erkannt (Niederhofer und Müller 2017).

Eine ausführliche Auskultation des gesamten Lungenfeldes sollte bei Ruheatmung und auch unter forcierter Atmung er-

**Tab. 1** Leistungsschwäche als Vorbericht | Complaint of poor Performance

Autor und Jahr	Pferde	Anzahl der Pferde	Nutzung	Erkrankungen	Untersuchungen
Marfin et al. 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 198 Vollblüter</li> <li>• 140 Traber</li> <li>• 10 andere</li> </ul>	348	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 Galopprennen</li> <li>• 140 Trabrennen</li> <li>• 28 Hindernisrennen</li> <li>• 7 Dressur</li> <li>• 10 Vielseitigkeit</li> <li>• 10 Springen</li> <li>• 3 Distanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 26,5% keine Diagnose</li> <li>• 42,8% Erkrankungen der oberen Atemwege (DDSP, dyn. Pharynxkollaps, RLN)</li> <li>• 9,5% Herzrhythymien</li> <li>• 6,3% obere Atemwege + Herzrhythymien</li> <li>• 5,5% verminderte Herzkontraktion (fractional shortening)</li> <li>• 2,9% exertionale Rhabdomyolyse</li> <li>• 4,3% Lahmheit</li> <li>• 2,6% anderes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeinuntersuchung inkl. Auskultation von Herz und Lunge</li> <li>• Hochgeschwindigkeitslaufband</li> <li>• Endoskopie der oberen und unteren Atemwege</li> <li>• Echokardiographie vor, während und nach Belastung</li> </ul>
Melkova et al. 2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 18 Vollblüter</li> </ul>	18	Galopprennen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16,7% keine Diagnose</li> <li>• 66,6% obere Atemwege (44,4% DDSP, 11,1% Deviation der Plica aryepiglottica, 11,1% Hemiplegia laryngis sinistra)</li> <li>• 1,1% IAD</li> <li>• 5,5% EIPH</li> <li>• 11,1% subkl. Myopathie</li> <li>• 55,6% mehr als ein Problem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeinuntersuchung</li> <li>• Laboruntersuchung: Hämatologie, Serum Biochemie, Creatinkinase nach Belastung</li> <li>• Endoskopie der oberen Atemwege in Ruhe und Belastung</li> <li>• Kardiolog. Untersuchung: Auskultation, Echokardiographie, EKG in Ruhe und Belastung</li> <li>• Hochgeschwindigkeitslaufband</li> </ul>
Frapport et al. 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 Araber</li> <li>• 8 Araber Kreuzungen</li> <li>• 2 franz. Traber</li> <li>• 2 Apaloosa Kreuzungen</li> <li>• 1 Selle français</li> <li>• 1 Palomino</li> </ul>	27	Distanzrennen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 85,2% Erkrankungen der unteren Atemwege (IAD, EIPH, bakterielle Infektion, milde RAO)</li> <li>• 25,9% Rhabdomyolyse</li> <li>• 14,8% Lahmheiten</li> <li>• 7,4% Kardiologische Erkrankungen</li> <li>• 100% mehr als ein Problem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeinuntersuchung</li> <li>• Lahmheitsuntersuchung</li> <li>• Belastungstest inkl. V160, V200 und VLa4</li> <li>• Blutuntersuchung: Hämatologie und Biochemie</li> <li>• BelastungsEKG</li> <li>• Echokardiographie</li> <li>• SerumLaktatkonzentration</li> <li>• Oszillometrie</li> <li>• Endoskopie der oberen und tiefen Atemwege inkl. Trachealspülprobe und BALFZytologie</li> </ul>
Richards et al. 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 38 Traber</li> </ul>	38	Trabrennen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 11% keine Diagnose</li> <li>• 78% mehr als ein Problem</li> <li>• 42% obere Atemwege (24% Deviation der Plica aryepiglottica, 11% Pharynxkollaps, 5% DDSP, 3% Stimmfaltenkollaps)</li> <li>• 84% untere Atemwege (65% IAD, 52% EIPH, 52% tracheale Inflammation)</li> <li>• 21% Lahmheit</li> <li>• 24% muskuläre Probleme</li> <li>• 10% mangelnder Trainingszustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeinuntersuchung</li> <li>• Blutuntersuchung: Hämatologie und Biochemie</li> <li>• Enzyme (CK, AST, LDH)</li> <li>• Fibrinogen, Eisen und SAA</li> <li>• Echokardiographie</li> <li>• Standardisierter Belastungstest mit EKG (V200) und Blutlaktatbestimmung (VLa4)</li> <li>• Ruheendoskopie der oberen und tiefen Atemwege und BALFZytologie und Trachealspülprobe</li> <li>• Belastungsendoskopie der OAW</li> <li>• Lahmheitsuntersuchung</li> </ul>

Autor und Jahr	Pferde	Anzahl der Pferde	Nutzung	Erkrankungen	Untersuchungen
Knight and Evans 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>542 Traber unmittelbar nach dem Rennen untersucht</li> </ul>	541	Trabrennen	<ul style="list-style-type: none"> <li>bei 49,5% Diagnosen gestellt, davon</li> <li>26,6% akute Verletzungen</li> <li>11,1% Lahmheit</li> <li>5,4% Iliosakralgelenk</li> <li>4,8% schlechte Erholungswerte</li> <li>4,6% EIPH</li> <li>2,6% Atemwegsentzündung</li> <li>2,3% gluteale Schmerzen</li> <li>1,5% Maulverletzungen</li> <li>1,6% einseitiges Nasenbluten</li> <li>ca. 6% sonstiges</li> <li>bei 50,5% keine Diagnose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allgemeine und klinische Untersuchung inkl. Auskultation von Herz und Lunge unmittelbar nach Beendigung des Rennens</li> <li>dann abhängig vom klinischen Erscheinungsbild: Lahmheitsuntersuchung, Palpation der Muskulatur und/ oder Blut und Urinuntersuchung</li> </ul>
Van Erck et al. 2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>40 Traber</li> </ul>	40	Trabrennen	<ul style="list-style-type: none"> <li>60% obere und untere Atemwege</li> <li>50% Lahmheit</li> <li>10% kardiologische Probleme</li> <li>10% Belastungsmyopathie</li> <li>11,5% ungenügender Trainingszustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>klinische Untersuchung inkl. Auskultation von Herz und Lunge und orthopädische Untersuchung</li> <li>Belastungstest mit Herzfrequenzmessung (V200) und Messung der Blutlaktatkonzentration (VLA4)</li> <li>Endoskopie der oberen &amp; unteren Atemwege vor &amp; nach Belastung</li> <li>Blutuntersuchung vor und nach Belastung</li> </ul>

folgen, da viele Befunde bei Ruheatmung subklinisch bleiben (Lilich und Gaughan 1996, Niederhofer und Müller 2017, Hines 2018). Diese Forcierung der Atmung sollte nicht durch Belastung erfolgen, da dies durch den Sympathikotonus zu einer Bronchodilatation führt und die Sekretmobilisation fördert. Daher sind Maßnahmen in Ruhe, etwa die CO<sub>2</sub>-Rückatmung in einen Atembeutel besser geeignet, um Auskultationsbefunde zu verdeutlichen (Fey und Venner 2017). Zusätzlich können die Lungengrenzen und eventuelle hyper- oder hyporesonante Areale oder pleurale Schmerzen mittels Perkussion ermittelt werden (Hines 2018).

### Erkrankungen der oberen Atemwege

Erkrankungen des oberen Respirationstraktes sind vielfältig und ein häufiger Befund bei leistungsinsuffizienten Rennpferden (Sánchez et al. 2005, Van Erck et al. 2006, Richard et al. 2010, Davidson et al. 2011, Van Erck 2011, Melkova et al. 2016), da Abnormalitäten der oberen Atemwege hinsichtlich Anatomie und Funktion die Ventilation der Lunge während der Belastung behindern und so zu einer Hypoxämie führen können, was die Leistungsfähigkeit der Muskulatur beeinträchtigt (Birks et al. 2004, Evans 2007, Davidson et al. 2011). Dabei ist zu beachten, dass die klinische Bedeutsamkeit stark von der Disziplin abhängt (Parente 2018). So können Befunde, die bei einem Renn- oder Vielseitigkeitspferd schon zu deutlichen Leitungsminderungen führen würden, bei einem Dressur- oder Springpferd eventuell noch problemlos toleriert werden (Van Erck-Westergren et al. 2013, Niederhofer und Müller 2017). Dennoch sind Erkrankungen der oberen Atemwege beim Sportpferd als häufige Ursache von Leistungsinsuffizienz beschrieben (Davidson und Martin 2003, Davidson et al. 2011, Van Erck 2011, Van Erck-Westergren et al. 2013).

Die wichtigsten Erkrankungen mit meist deutlicher Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Pferdes sind (neben anderen selten beobachteten Erkrankungen) die Dorsalverlagerung des Gaumensegels (DDSP) beim Rennpferd (Davidson und Martin 2003) und die Neuropathie des Nervus laryngeus recurrens (RLN; Recurrent laryngeal neuropathy) mit assoziierter Kehlkopflähmung beim Warmblutpferd (Davidson und Martin 2003, Fey et al. 2017). Sehr viel seltener sind der dynamische Pharynxkollaps und die Deviation der Plica aryepiglottica (Beard 1996, Davenport-Goodall und Parente 2003, Hackett und Parente 2003, Sullivan und Parente 2003, Holcombe und Ducharme 2004, Martin et al. 2004, Brown et al. 2005, Fey et al. 2017, Hines 2018). Andere Studien fanden dagegen pharyngeale Instabilität als häufigsten Befund (Van Erck 2011), wobei die Bedeutung dieses belastungsendoskopischen Befundes fraglich bleibt. Es wurde vermutet, dass Dressurpferde häufiger DDSP und Larynxkollaps entwickeln als Springpferde, vermutlich aufgrund des höheren Versammlungsgrades und der damit verbundenen engeren Kopf-Hals-Haltung der Dressurpferde, was wiederum zu einem höheren Luftwiderstand in den oberen Atemwegen führen soll. Letzteres wurde jedoch in einer Studie, in der der Grad der Kehlkopflähmung in verschiedenen Koppositionen belastungsendoskopisch verglichen wurde, widerlegt (Go et al. 2014). Insgesamt weisen viele Pferde mehr als eine Pathologie in diesem Bereich auf (Van Erck 2011).

**Tab. 2** Leistungsschwäche kombiniert mit anderem Vorbericht | *Complaint of Poor Performance associated to respiratory or musculoskeletal problems*

Autor und Jahr	Pferde	Anzahl Pferde	Nutzung	Erkrankungen	Untersuchungen
Davidson et al. 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 Vollblüter</li> <li>• 15 Vollblut Kreuzungen</li> <li>• 26 Warmblüter</li> <li>• 9 Kaltblüter</li> <li>• 13 Ponies</li> <li>• 5 Quarter Horses</li> <li>• 5 Morgan/ American Saddlebred</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 35 mit Atemnebengeräusch und Leistungsschwäche</li> <li>• 17 nur mit Leistungsschwäche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 33 Springen</li> <li>• 19 Vielseitigkeit</li> <li>• 25 Dressur</li> <li>• 8 Fuchs Jagd</li> <li>• 13 Fahren</li> <li>• 5 Freizeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• insgesamt 72% Erkrankungen der oberen Atemwege (dynamischer Pharynxkollaps, DDSP, Hemiplegia laryngis sinistra)</li> <li>• 81% bei Pferden mit Atemnebengeräuschen</li> <li>• 24% bei Pferden ohne Atemnebengeräusche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hochgeschwindigkeitslaufband</li> <li>• Endoskopie in Ruhe und Belastung</li> </ul>
Dabareiner et al. 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 110 Quarter Horses,</li> <li>• 8 QH Vollblut Kreuzungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 46 Pferde wegen Leistungsschwäche (Probleme bei engen Wendungen und weniger schnell), 72 Pferde wegen Lahmheit untersucht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barrel Racing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100% orthopädische Probleme (v.a. Probleme im distalen Zehenbereich, Sprunggelenk und Fesselträger)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeinuntersuchung</li> <li>• Lahmheitsuntersuchung</li> <li>• diagnostische Anästhesien</li> <li>• Röntgen</li> <li>• orthopädischer Ultraschall</li> </ul>
Dabareiner et al. 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 118 Quarter Horses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 75% mit Vorbericht Lahmheit</li> <li>• 25% mit Vorbericht Leistungsschwäche (Probleme bei Stopps und engen Wendungen und Unwilligkeit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Team Roping</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 86% orthopädische Probleme (v.a. Hufrolle und Tarsalgelenk betroffen)</li> <li>• 14% unbekannt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeinuntersuchung</li> <li>• Lahmheitsuntersuchung</li> <li>• diagnostische Anästhesien</li> <li>• Röntgen</li> <li>• orthopädischer Ultraschall</li> </ul>
Mirazo et al. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 52 Vollblüter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 52 Vollblüter mit Vorbericht Leistungsschwäche (17%), Atemgeräusch (66%) oder beidem (17%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Galopprennen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 77% mit Abnormalitäten der OAW (29% ein Befund und 48% mehrere Befunde)</li> <li>• 40% Deviation der Plica aryepiglottica), 35% Stimmfaltenkollaps</li> <li>• 33% Hemiplegia laryngis 33%)</li> <li>• 25% Gaumensegelverlagerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belastungsendoskopie der oberen Atemwege auf der Rembahn</li> </ul>
Van Erck 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 49 Warmblutportpferde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 149 Warmblutpferde, davon:</li> <li>• 41 wegen Leistungsschwäche</li> <li>• 70 wegen Atemgeräusch 38 wegen Routineuntersuchung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei den leistungsschwachen Pferden:</li> <li>• 16 Dressur</li> <li>• 20 Springen</li> <li>• 2 Fahren</li> <li>• 2 Vielseitigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbericht Leistungsschwäche:</li> <li>• 71% mit Abnormalitäten der oberen Atemwege bei Belastung</li> <li>• Vorbericht Atemnebengeräusch:</li> <li>• 91% mit Abnormalitäten der oberen Atemwege bei Belastung</li> <li>• 32 mit einer und 74 mit zwei oder mehr Abnormalitäten</li> <li>• häufigste Befunde: pharyngeale Instabilität, Hemiplegia laryngis, Gaumensegelverlagerung, Stimmfaltenkollaps, Deviation der Plica aryepiglottica, Pharyngeale lymphoide Hyperplasie und Inflammatory Airway Disease</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruheendoskopie</li> <li>• Belastungsendoskopie unter dem Reiter</li> </ul>

Die Ruheendoskopie kann zur Diagnostik belastungsassoziierter Atemgeräusche eingesetzt werden (Davison et al. 2017), jedoch haben viele Pferde, welche weder ein Atemgeräusch unter Belastung noch Ruhebefunde aufweisen, trotzdem eine Erkrankung der oberen Atemwege und das Vorhandensein eines Geräusches oder eines Ruhebefundes erlaubt keine exakte Diagnose (Witte et al. 2011, Davison et al. 2017). Eine wirkliche Beurteilung der klinischen Relevanz ist nicht hundertprozentig möglich (Kannegieter und Dore 1995, Martin et al. 2000, Franklin et al. 2006, Davidson et al. 2010, Davidson und Parente 2011, Van Erck-Westergren et al. 2013), da die Korrelation zwischen Ruhe- und Belastungsbefunden an Larynx und Pharynx recht schwach ist (Sullivan und Parente 2003, Martin et al. 2004, Lane et al. 2006, Pollock et al. 2009, Van Erck 2011, Barakzai und Cheetham 2012, Davison et al. 2017). Ein einzelner Befund in Ruhe schließt zudem ein Vorhandensein von anderen dynamischen Stenosen der oberen Atemwege unter Belastung nicht aus, da, wie gesagt, nicht selten mehrere Pathologien gleichzeitig bestehen (Allen et al. 2006, Lane et al. 2006, Davidson und Parente 2011, Van Erck 2011, Mirazo et al. 2014).

Daher sollte für die Bewertung der klinischen Relevanz eine endoskopische Untersuchung unter Belastung durchgeführt werden (Parente 1996, Martin et al. 2004, Franklin et al. 2006, Lane et al. 2006, Pollock et al. 2009, Davidson et al. 2010, Davidson und Parente 2011, Van Erck 2011, Barakzai und Cheetham 2012, Van Erck-Westergren et al. 2013, Melkova et al. 2016, Parente 2018, Wysocka und Kluciński 2018).

Dafür besteht die Möglichkeit der endoskopischen Untersuchung mithilfe eines Hochgeschwindigkeitslaufbandes oder mit der „Overground“ Endoskopie (Abb. 1 und 2), welche den Vorteil hat, dass sie unter Feldbedingungen leichter durchzuführen ist und die individuellen Anforderungen der jeweiligen Disziplin leichter widerspiegelt (Desmaizieres et al. 2009, Allen und Franklin 2010, Gehlen et al. 2010, Van Erck-Westergren et al. 2013, Davison et al. 2017, Niederhofer und Müller 2017). Dies ist vor allem beim Warmblut-Sporthorse von hoher Relevanz, da hier die Belastung in der Regel submaximal ist und komplexere Abläufe beinhaltet. So hat die



**Abb. 1** Mobiles System für die Endoskopie unter Belastung, „Overground“ Endoskop, Firma Optomed, Frankreich | Mobile system for dynamic endoscopy during exercise, „overground“ scope, Optomed, France

Kopf-Hals-Haltung und die Einwirkungen des Reiters über die Zügel einen signifikanten Einfluss auf die Morphologie der oberen Atemwege und auf die Stömungsverhältnisse der Luft (Franklin et al. 2006, Strand et al. 2009, Cehak et al. 2010, Van Erck 2011, Go et al. 2014) und kann somit auch bestimmte Pathologien der oberen Atemwege beeinflussen (Van Erck 2011, Van Erck-Westergren et al. 2013). Auch das Reiten von Übergängen und engen Wendungen kann Instabilitäten der Atemwege provozieren (Van Erck 2011). Dies nachzuvollziehen ist natürlich auf dem Laufband nicht möglich. Zudem ist die Overground Endoskopie deutlich preisgünstiger, leichter verfügbar und schneller durchzuführen (Pollock et al. 2009, Pollock und Reardon 2009, Gehlen et al. 2010, Barakzai und Cheetham 2012).

#### Erkrankungen der tiefen Atemwege

Erkrankungen der Lunge sind einer der häufigsten Gründe für Leistungsschwäche (Moore 1996). Dies zeigt sich in Studien, bei denen über 80% der wegen Leistunginsuffizienz untersuchten Pferde Befunde im Bereich der tiefen Atemwege aufwiesen (Richard et al. 2010, Fraipont et al. 2011), beziehungsweise 68% der wegen Leistungsschwäche untersuchten Pferde Mukusansammlungen in der Trachea hatten und bei 70% Anzeichen einer neutrophilen Entzündung nachgewiesen wurde (Allen et al. 2006).

Sowohl die Präsenz von Schleim (MacNamara et al. 1990, Holcombe et al. 2006, Couetil et al. 2007, Couetil et al. 2020), als auch entzündliche Prozesse in den Atemwegen (Fogarty und Buckley 1991, Couetil et al. 2007, Evans et al. 2011, Lavoie et al. 2011) wurden schon mit Leistungsschwäche bei Pferden in Verbindung gebracht. Es gibt Hinweise, dass entzündliche Lungenerkrankungen zu Veränderungen der Compliance der Lunge, zu Erhöhung der viskosen Lungenresistenz und zu Veränderungen in der dynamischen Belastung der Atmung führen. Dadurch ist der Energieaufwand der Atmung erhöht, die Luftstromgeschwindigkeit verlangsamt, der Gasaustausch beeinträchtigt und somit die Leistungsfähigkeit limitiert (Holcombe et al. 2006, Couetil et al. 2007, Pirrone et al. 2007, Evans et al. 2011, Van Erck-Westergren et al. 2013). Dies kann aufgrund der mangelhaften Sauerstoffver-



**Abb. 2** „Overground“ Endoskop im Einsatz an zwei Galopprennpferden auf dem Weg zur Trainingsbahn | „Overground“ scope in use on two Thoroughbreds on their way to the training track

sorgung der peripheren Muskulatur zur schnelleren Muskelermüdung beitragen (Art et al. 1999), während auch eine Mukusansammlung in den tiefen Atemwegen die Leistungswilligkeit von Sportpferden negativ beeinflussen kann (Widmer et al. 2009).

Die häufigsten leistungslimitierenden Lungenerkrankungen sind das Equine Asthma in seiner milden-moderaten Form (ehemals Inflammatory Airway Disease, IAD) und der schweren Form (ehemals Recurrent Airway Obstruction, RAO), sowie das belastungsinduzierte Lungenbluten (EIPH) (Moore 1996, Mazan 2018), wobei equines Asthma vor allem bei Rennpferden auch in Kombination mit EIPH auftreten kann.

Während die schwere Form des equinen Asthmas in der Regel mit deutlichen klinischen Symptomen, wie Husten oder Atemnot einhergeht, zeigen Pferde mit der milden-moderaten Form häufig keinerlei klinische Symptomatik in Ruhe und das einzige Symptom ist oft Leistungsschwäche (Van Erck-Westergren et al. 2013, Mazan 2018), kombiniert mit vermehrter Schleimansammlung in der Trachea und Entzündungszellen in den Atemwegen sowie Husten (Martin et al. 2004, Sánchez et al. 2005, Allen et al. 2006, Couetil et al. 2007, Van Erck-Westergren et al. 2013, Burnheim et al. 2016, Laus et al. 2018), wobei nur 38% der Pferde mit mildem Asthma auch Husten als Symptom zeigen (Christley et al. 2001, Couetil et al. 2020). Auf dem letzten Havemeyer Workshop wurde eine weitere Differenzierung des Equinen Asthmas in drei verschiedene Schweregrade vorgeschlagen, wobei die milde oder asymptomatische Form sich lediglich in einer Leistungsschwäche ohne jegliche respiratorische Symptome äußert, während bei der moderaten Form Leistungsinsuffizienz mit milder Atemwegssymptomatik, wie gelegentlichem Husten oder Nasenausfluss, einhergeht, jedoch ohne Perioden von Dyspnoe, wie es bei der schweren Form des Equinen Asthmas der Fall ist (Couetil et al. 2020).

Auch EIPH kann bei Spring- und Vielseitigkeitspferden gelegentlich Leistungsschwäche bedingen (Moore 1996, Van Erck-Westergren et al. 2013).

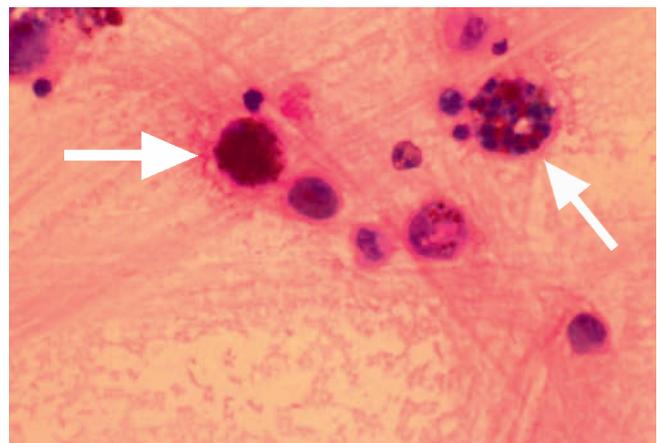
Während lange angenommen wurde, dass subklinische Infektionen des Respirationstraktes nicht in direktem Zusammenhang mit Leistungsschwäche stehen (Back et al. 2015), wird mittlerweile davon ausgegangen, dass ein Zusammenhang zwischen viralen oder bakteriellen Lungenerkrankungen und der Entwicklung von Equinem Asthma mit einhergehender Leistungsminderung besteht (Couetil et al. 2020). Auch ein Lungenwurmbefall kann sich wohl klinisch durchaus in Leistungsschwäche äußern (Couetil et al. 2007).

Bei einem Vorbericht von Leistungsinsuffizienz können weitere klinische Zeichen wie etwa Husten, erschwerte Atmung während der Belastung und verlängerte Beruhigungszeit der Atmung nach Belastung Hinweise auf die Lunge als Auslöser der Leistungsinsuffizienz liefern und Anlass zur weiteren Diagnostik in diesem Bereich liefern (Couetil et al. 2007, Evans 2007), wobei, wie gesagt, Lungenerkrankungen auch als leistungsmindernd in Betracht gezogen werden müssen, wenn keine offensichtlichen respiratorischen Symptome vorliegen (Couetil et al. 2020). Zur weiteren Diagnostik gehört neben der klinischen eine bronchoskopische Untersuchung (Parente 1996, Birks et al. 2004, Sánchez et al. 2005, Coue-

til et al. 2007). Dabei können etwa Mukusakkumulationen in den Atemwegen hinweisend sein, dass die Lunge Auslöser für die Leistungsschwäche sein könnte (Couetil et al. 2007, Fraipont et al. 2011, Secombe et al. 2019). Trachealschleim ist ein verlässlicher Indikator für das Vorhandensein von infektiösen und nichtinfektiösen entzündlichen Prozessen in der Luftröhre und vor allem auch den Bronchien (Martin et al. 2004, Allen et al. 2006, Laus et al. 2018), wobei beim Sportpferd eine Schleimansammlung von mehr als Grad 3 von 5 als ausreichend zur Diagnose von mildem bis moderatem equinen Asthma betrachtet wird (Couetil et al. 2020). Jedoch gibt es auch Pferde ohne Trachealsekret, die trotzdem vermehrte Entzündungszellen aufweisen, weshalb eine zytologische Untersuchung mittels BALF, Trachealspülprobe oder Absaugen des Tracheobronchialsekretes immer erfolgen sollte, um Lungenerkrankungen zu diagnostizieren (Malikides et al. 2003, Sánchez et al. 2005, Allen et al. 2006, Couetil et al. 2020). Pferde mit IAD weisen in der Regel einen milden Anstieg an neutrophilen und eosinophilen Granulozyten, sowie Lymphozyten oder Mastzellen auf (Parente 1996, Sánchez et al. 2005, Couetil et al. 2007, Fraipont et al. 2011, Lavoie et al. 2011, Secombe et al. 2019).

EIPH wird durch das Auffinden von Blut, Erythro- oder Hämosiderophagen nachgewiesen (Abb. 3) (Couetil et al. 2007, Crispe et al. 2017).

Leistungsschwache Pferde mit entzündlichen Veränderungen der Atemwege zeigen in der Regel außerdem eine Verschlechterung in Belastungstests in Bezug auf Messwerte, wie etwa den VL4, also die aerob-anaerobe Laktatschwelle, und einen schnelleren Anstieg der Herzfrequenz bei Belastung bzw. eine höhere Pulsfrequenz bei Belastung im Vergleich zu gesunden Pferden (Couetil et al. 2007). Oft zeigen betroffene Pferde auch eine milde Hyperkapnie und Hypoxämie in der arteriellen Blutgasanalyse, was insgesamt auf ein Missverhältnis zwischen Ventilation und Perfusion hindeutet (Ferro et al. 2002, Holcombe et al. 2006, Van Erck-Westergren et al. 2013). Obwohl in Einzelfällen also durchaus sinnvoll, hat die Bestimmung der arteriellen Blutgaswerte nach Belastung



**Abb. 3** Makrophagen mit phagozytierten Erythrozyten (Erythrophagen) nach frischem Lungenbluten (EIPH), May-Grünwald-Färbung, 1000-fache Vergrößerung | Macrophages containing phagocytosed erythrocytes (erythrophages) visible shortly after exercised induced pulmonary hemorrhage (EIPH), May-Gruenwald-staining, 1000x.

insgesamt jedoch einen relativ geringen Wert zur Diagnostik subklinischer Lungenerkrankungen (Gehlen 2010).

Insgesamt ist eine gründliche klinische und bronchoskopische Untersuchung und Zytologie der Atemwege nach aktuellem Stand die beste Methode, um Erkrankungen der unteren Atemwege, die sich in Leistungsschwäche äußern, unter Praxisbedingungen zu diagnostizieren (Evans 2004, Couetil et al. 2007, Couetil et al. 2020). Eine röntgenologische Untersuchung der Lunge, sowie Lungenfunktionstests können als Ergänzung dienen (Evans 2007, Burnheim et al. 2016, Niederhofer und Müller 2017, Hines 2018, Couetil et al. 2020).

### Erkrankungen des Herzens

Insgesamt kommen Herzbefunde beim Pferd eher selten vor (Martin et al. 2004, Allen et al. 2016), spielen jedoch als Ursache für Leistungsschwäche durchaus eine wichtige Rolle (Martin et al. 2004, Gehlen et al. 2007). Aufgrund struktureller und funktionaler Veränderungen im kardiovaskulären System durch intensives Training und der Größe des Pferdeherzens, können Abweichungen des Herzrhythmus und Herzgeräuschen, in Folge von Klappenrückflüssen entstehen (Zucca et al. 2010, Reef et al. 2014). Dabei kann es schwierig sein, diese physiologischen Vorgänge von Herzerkrankungen abzugrenzen (Zucca et al. 2010, Allen et al. 2016, Jago und Keen 2019). Daher ist es nicht immer möglich, auch mit weiterführende Untersuchungen, zwischen klinisch relevanten und irrelevanten Befunden zu unterscheiden (Birks et al. 2004, de Solis 2016, Jago und Keen 2019) und die klinische Relevanz von einzelnen Arrhythmien und Herzgeräuschen ist umstritten (Reef et al. 2014, Schwarzwald 2016).

Abhängig vom Schweregrad (Reef 2018) werden Erkrankungen des Herzens jedoch als mögliche Auslöser für Leistunginsuffizienz beschrieben (Birks et al. 2004, Meyer et al. 2004, van Erck et al. 2006). So wurden signifikante Arrhythmien als alleiniger Befund bei 9% der wegen Leistungsschwäche untersuchten Pferde und bei 6% in Kombination mit anderen Befunden diagnostiziert (Martin et al. 2000). In anderen Studien wiesen 36 von 182 Pferden, welche mit Herzbefunden diagnostiziert wurden, eine vorberichtliche Leistunginsuffizienz auf (Gehlen et al. 2007) oder es wurden klinisch signifikante Arrhythmien und Klappenrückflüsse bei leistungs-

insuffizienten Pferden festgestellt (Meyer et al. 2004, Fraipont et al. 2011).

Leistungsmindernde Herzerkrankungen sind beispielsweise Klappenrückflüsse, kongenitale Herzdefekte, myokardiale Dysfunktionen, Erkrankungen des Perikards, Arrhythmien, wie Vorhofflimmern oder ventrikuläre Tachykardien und auch Gefäßthrombosen (Mitten 1996, Hines 2018). Eine Myokarditis äußert sich in der Regel mit deutlicheren Symptomen, es gibt jedoch Fälle in denen auch Myokarditiden sich in Leistungsschwäche äußern können (Martin et al. 2004).

Bei den Herzklappenrückflüssen haben solche an der Aortenklappe die größte klinische Relevanz beim Sportpferd. Bei 72% der Pferde mit Aortenklappenrückflüssen wurden klinische Symptome, wie Leistungseinbußen oder verlängerte Erholungszeiten festgestellt. Dies war bei 60% der Pferde mit Rückflüssen an der Trikuspidalklappe und nur bei 39% der Pferde mit Mitralklappenrückflüssen der Fall (Gehlen et al. 2007). Auch Ventrikelseptumdefekte können, abhängig von ihrer Größe, einen negativen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben (Zucca et al. 2010, Reef et al. 2014).

Rhythmusstörungen können die Leistungsfähigkeit ebenfalls beeinträchtigen, indem sie die Herzauswurfleistung verringern oder hämodynamische Veränderungen bedingen (Martin et al. 2004, Gehlen et al. 2006, Allen et al. 2016).

Als wichtigste leistungsmindernde Arrhythmie wird beim Pferd das Vorhofflimmern beschrieben (Gehlen und Stadler 2002, Martin et al. 2004, Reef et al. 2014, Allen et al. 2016, de Solis 2016). Allerdings können sich gerade Warmblutsporthferde mit Vorhofflimmern klinisch auch ohne Leistungseinschränkungen präsentieren (Gehlen und Stadler 2002, Gehlen et al. 2007), so dass eine Korrelation zwischen Vorhofflimmern und Leistungsabfall in der Regel nur dann vorliegt, wenn es mit anderen zu Grunde liegenden Herzerkrankungen verbunden ist (Gehlen und Stadler 2002). (Abb. 4)

Bei anderen Arrhythmien wie Atrioventrikular- oder Sinusblöcken, Vorhof- oder Ventrikelextrasystolen ist der Effekt auf die Leistungsfähigkeit weniger gut untersucht und es ist schwierig von den Ergebnissen aus Studien mit Rennpferden Rückschlüsse auf Warmblutsporthferde zu ziehen, da es sich um andere Pferderassen mit anderer Belastung handelt (Buhl et



**Abb. 4** Vorhofflimmern, zu erkennen an der undulierenden Nulllinie und den unregelmäßigen QRS-Abständen, ist die wichtigste, leistungslimitierende Arrhythmie beim Sportpferd. | Atrial fibrillation, characterized by missing p-waves and irregular QRS intervals is the most common arrhythmia limiting performance in sports horses

al. 2010). Grundsätzlich wird angenommen, dass vereinzelte Extrasystolen während der Belastung keinen negativen Effekt auf die Leistung des Pferdes haben (Martin et al. 2000, Jose-Cunilleras et al. 2006, Ryan et al. 2010, Reef et al. 2014, Allen et al. 2016). Warmblutsporthferde mit Vorhofextrasystolen, Atrioventrikularblöcken zweiten Grades, Extrasystolen und Sinuspausen können normale Leistung erbringen (Barbesgaard et al. 2010, Buhl et al. 2010). (Abb. 5)

Auch wenn klinisch relevante Bradyarrhythmien selten sind, können sie zur Leistungsschwäche führen, wenn sie unter Belastung nicht verschwinden, und können hinweisend auf myokardiale Erkrankungen oder Elektrolytimbalancen sein (Martin et al. 2004). Viele Pferde können auch Herzbefunde aufweisen, die ohne große klinische Signifikanz zu sein scheinen (Martin et al. 2000, Barbesgaard et al. 2010, Buhl et al. 2010, Reef 2018). In zahlreichen Studien wurde keine Assoziation zwischen dem Vorhandensein von Herzbefunden und der Leistungsfähigkeit des Pferdes festgestellt (Gehlen et al. 2007, Zucca et al. 2010, Fraipont et al. 2011, Melkova et al. 2016). Obwohl die meisten Arrhythmien und Klappenrückflüsse also von niedriger klinischer Bedeutung zu sein scheinen, können sie in Einzelfällen, abhängig von Ausprägung und Schweregrad, eine Leistungsinsuffizienz verursachen (Zucca et al. 2010, Hines 2018).

Zur diagnostischen Abklärung des Herzens sollte zunächst eine gründliche klinische Untersuchung (Birks et al. 2004, Hines 2018, Jago und Keen 2019), gefolgt von einer ausführlichen Auskultation der linken und rechten Thoraxseite erfolgen, um Arrhythmien und Herzgeräusche festzustellen (Birks et al. 2004, Martin et al. 2004). Dies ist immer noch eine sehr wichtige klinische Diagnostikmöglichkeit und kann in 94% der Fälle zur Aufdeckung eines pathologischen Herzbefundes führen (Gehlen et al. 2007). Auch eine Auskultation nach Belastung ist sinnvoll, um eventuelle Arrhythmien oder Herzgeräusche, die in Ruhe nicht apparent sind zu diagnostizieren oder zu beurteilen, ob eine Ruhearrhythmie oder ein Herzgeräusch unter Belastung verschwindet, sich verstärkt oder von gleichbleibender Intensität ist (Gehlen 2010).

Idealerweise sollte dann noch ein Elektrokardiogramm (EKG) durchgeführt werden (Birks et al. 2004, Jago und Keen 2019). Prinzipiell ist es angeraten, bei Pferden, welche unter einer nicht erklärbaren Leistungsinsuffizienz leiden, immer auch ein Belastungs-EKG und ein Langzeit-EKG durchzuführen (Reef 2018). Dies dient zur Klärung, ob etwa in Ruhe festgestellte Arrhythmien bei Belastung verschwinden, um atriale und ventrikuläre Extrasystolen, ventrikuläre Tachykardien und paroxysmales Vorhofflimmern zu diagnostizieren und um festzustellen, ob die generelle Reaktion des Herzens auf Belastung angemessen ist (Parente 1996, Scheffer und Van Oldruitenborgh-Oosterbaan 1996, Buhl et al. 2010, Reef et al. 2014,

Allen et al. 2016, Niederhofer und Müller 2017, Jago und Keen 2019).

Eine Echokardiographie des Herzens in Ruhe (und evtl. auch unmittelbar nach Belastung) sollte ebenfalls erfolgen und ist am besten geeignet, um Ursachen von Herzgeräuschen, Arrhythmien und Tachykardien sowie angeborene Herzdefekte festzustellen, sowie die Herzfunktion zu beurteilen. Die Ultraschalluntersuchung des Herzens dient der Einschätzung des Schweregrades einer Herzerkrankung und ermöglicht Hinweise auf bereits vorhandene hämodynamische Folgen am Herz (z.B. Herzhypertrophie oder -dilatationen) (Parente 1996, Birks et al. 2004, Gehlen 2010, Reef et al. 2014, Reef 2018, Jago und Keen 2019).

Um myokardiale Erkrankungen, wie etwa eine akute Myokarditis oder eine Endokarditis zu diagnostizieren, kann zusätzlich eine hämatologische Untersuchung und die Bestimmung von kardialen Enzymen, wie herzspezifischer Creatinkinase (CK), herzspezifischer Lactatdehydrogenase (LDH) mit ihrem Isoenzym  $\alpha$ -Hydroxybutyratdehydrogenase ( $\alpha$ -HBDH) und Troponin (T und/oder I) durchgeführt werden (Birks et al. 2004, Hines 2018), wobei allein die Troponinbestimmung wirklich herzspezifisch ist (Gehlen 2010).

Insgesamt lässt sich abschließend sagen, dass nicht jeder Herzbefund klinisch relevant sein muss oder als Auslöser für Leistungsinsuffizienz in Frage kommt (Birks et al. 2004, Gehlen et al. 2007, Buhl et al. 2010). Befunde am Herz sollten immer in Relation zu dem klinischen Erscheinungsbild des Pferdes und unter Berücksichtigung der Umstände, unter denen die Befunde auftreten (Allen et al. 2016, Jago und Keen 2019), bewertet werden und eine Untersuchung unter Belastung sollte die vom Pferd im Normalfall erbrachte Leistung so gut wie möglich replizieren (Reef 2018).

#### Erkrankungen des Bewegungsapparates

Eine hohe Anzahl von Pferden, wenn nicht sogar die meisten, die mit Leistungsinsuffizienz vorstellig werden, sind lahm, obwohl vorberichtlich nicht von Lahmheit die Rede war (Lilich und Gaughan 1996, Knight und Evans 2000, Navas De Solis et al. 2018). Bei 4,3% (Martin et al. 2000), 11% (Knight und Evans 2000), 86% (Dabareiner et al. 2005) oder sogar 100% (Swor et al. 2019) der Pferde, welche wegen Leistungsschwäche untersucht wurden, konnte eine Lahmheit diagnostiziert werden. So schließt die mangelnde Erkennung der Lahmheit durch den Reiter diese nicht als Grund für die Leistungsschwäche aus, da viele lahme Pferde mit dem Vorbericht Leistungsschwäche beim Tierarzt vorstellig werden oder Leistungsschwäche oder Unrittigkeit ein erstes Symptom für Schmerzen darstellen kann, bevor eine sichtbare Lahmheit deutlich wird (Pilsworth et al. 1998, Dyson 2016, Swor et al. 2019).



**Abb. 5** Ventrikuläre Extrasystolen werden nicht durch eine P-Welle eingeleitet und führen zu einer kompensatorischen Pause durch die Refraktärzeit des Ventrikels. | *Ventricular premature complexes have no relationship to P waves and are often followed by a compensatory pause due to the refractory time of the ventricle.*

Bewegung ist eine der Schlüsselkomponenten für athletische Leistungsfähigkeit, so dass muskuloskeletale, neurologische oder neuromuskuläre Probleme zur Leistungsschwäche führen können, entweder durch Schmerz, mechanische Restriktionen, Unkoordination oder Schwäche (Hines 2018) und schon geringgradige Lahmheiten können quantifizierbare Veränderungen im Energieverbrauch verursachen (Parente et al. 2002). Dabei treten neben einfacher oder multipler Lahmheit auch Probleme im Hals, Rücken oder Beckenbereich auf, welche zu Leistungsschwäche führen können (Dyson 2016, Hines 2018).

Muskuloskeletale Erkrankungen beeinflussen die Leistung oft durch die Auslösung von Schmerzen (Pilsworth et al. 1998, Dyson 2016), worauf Pferde sehr unterschiedlich reagieren, so dass einige Pferde eher fehlende Kraft oder Leistungsfähigkeit als Symptom zeigen, während andere eher hektisch werden, buckeln, unangemessen schwitzen oder sich der Anlehnung entziehen (Dyson 2016). Die klinische Manifestation und die Art der Verletzungen können dabei sehr disziplinspezifisch sein (Dyson 2002). Bei Dressurpferden äußern sich leistungslimitierende Schmerzen in der Regel etwa in der Unwilligkeit, in Anlehnung zu gehen, Steifheit, Problemen bei lateralen Manövern, Piaffe, Passage oder der Trabverstärkung, Unfähigkeit zur Versammlung oder Probleme bei fliegenden Wechseln, sowie Taktprobleme (Dyson 2002). Bei Springpferden werden eher ein nicht gleichmäßiges Abdrücken am Sprung, Unwilligkeit, in enge Wendungen zu gehen, Schwierigkeiten mit Distanzen zwischen Kombinationen oder Tempowechseln, Verweigern oder auch Kreuzgalopp gesehen (Dyson 2002). Bei Vielseitigkeitspferden können sich geringgradige orthopädische Probleme natürlich einerseits, wie bereits für Dressur- und Springpferde beschrieben, äußern. Andererseits können aber auch im Gelände Probleme, wie etwa Unwilligkeit bergab zu galoppieren, auftreten (Dyson 2002).

Weitere, subtile Hinweise auf zugrundeliegende Schmerzen können Muskelverspannungen, unregelmäßig abgenutzte Hufeisen sowie ein rutschender Sattel sein (Dyson 2016).

Auch schmerzhaft Zustände im Rückenbereich werden oft als Auslöser für Leistunginsuffizienz beschrieben (Findley und Singer 2015, Burns et al. 2018, Mayaki et al. 2019, van Zadelhoff et al. 2019). Verminderte Leistungsfähigkeit oder Unwilligkeit zu arbeiten ist einer der häufigsten Vorberichte bei Rückenschmerzen (Girodroux et al. 2009). Dabei müssen primäre, schmerzhaft Rückenerkrankungen von Folgeerscheinungen anderer Erkrankungen unterschieden werden (Findley und Singer 2015, Dyson 2016, Burns et al. 2018). Schon eine geringgradige Lahmheit kann zu Veränderungen im Bewegungsablauf und damit zu Rückenschmerzen führen (Girodroux et al. 2009, Burns et al. 2018). Das bedeutet, dass Rückenschmerzen auch in anderen Körperregionen ihren Ursprung haben können und oft mit Lahmheit vergesellschaftet sind (Girodroux et al. 2009, Dyson 2016). Deshalb sollte immer eine gründliche Lahmheitsuntersuchung erfolgen (Burns et al. 2018).

Häufige primäre Ursachen für Schmerzen im Rückenbereich sind Verengungen im interspinalen Raum, aber auch Spondylosen, Osteoarthritis der Facettengelenke, Osteoarthritis des Iliosakralgelenkes, kongenitale Defekte der Wirbelkörper oder Frakturen der Dornfortsätze. Aber auch Weichteilschäden, wie etwa Läsionen des Ligamentum supra- oder interspinale, des

Musculus multifidus oder auch eine Rhabdomyolyse können ursächlich sein (Girodroux et al. 2009, Quiroz-Rothe et al. 2010, Findley und Singer 2015, Burns et al. 2018, Mayaki et al. 2019, van Zadelhoff et al. 2019).

Schmerzhafte Zustände im Iliosakralgelenk betreffen vor allem große, schwere Warmblüter, die im Spring- oder Dressur-sport genutzt werden und sich dann oft mit einem Vorbericht von subtilen Symptomen wie Leistunginsuffizienz neben Anlehnungsproblemen, Hinterhandschwäche, Verhaltensänderungen oder Schwierigkeiten bei bestimmten Lektionen präsentieren (Knight und Evans 2000, Dyson und Murray 2010, Barstow und Dyson 2015). Wahrscheinlich sind schmerzhaft Zustände im Iliosakralgelenk aufgrund der fehlenden Spezifität der Symptome tendenziell unterdiagnostiziert und häufiger als bisher angenommen Auslöser von Leistunginsuffizienzen (Dyson und Murray 2010).

Auch Läsionen im Halsbereich können die Ursache für Leistungsschwäche sein (Dyson 2011). Ursachen umfassen etwa Osteoarthrosen bzw. -arthritiden der Facettengelenke, Frakturen und Fissuren, Subluxation eines Halswirbels, Diskospondylitis, Muskelfaserrisse, Läsionen oder Insertionsdesmopathien des Ligamentum nuchae, Bursitis der Bursa nuchalis, aber auch Thrombophlebitis der Vena jugularis (Dyson 2011). Die Pferde zeigen häufig unspezifische Symptome wie Anlehnungs-, Stellungsprobleme oder Hinterhandschwäche und Stolpern, wobei viele dieser Symptome auch in Lahmheiten oder Rückenschmerzen begründet sein können (Dyson 2011).

Zur Ergründung der Ursachen einer Leistungsschwäche sollte in jedem Fall eine eingehende Lahmheitsuntersuchung (Parente 1996), inklusive einer gründlichen Adspektion und Palpation in Ruhe (Lilich und Gaughan 1996, Findley und Singer 2015, Dyson 2016) erfolgen. Um weiterhin orthopädische und neurologische Probleme auszuschließen, sollte das Pferd in verschiedenen Gangarten auf geraden und gebogenen Linien auf hartem und weichem Boden und nach Möglichkeit an der Longe und unter dem Reiter vorgeführt werden, da viele orthopädische Probleme, die Leistungsschwäche als primäres Symptom zeigen, sehr undeutlich und vielleicht nur unter Belastung zu erkennen sein können (Lilich und Gaughan 1996, Dyson 2016, Hines 2018). Dabei sollte immer berücksichtigt werden, welches Bewegungspotential man von dem untersuchten Pferd erwartet, da viele Lahmheitsbilder, gerade bilaterale, sich in Verkürzung der Bewegungen oder mildem Wendeschmerz und nicht unbedingt in deutlich sichtbarer Lahmheit äußern (Dyson 2016). Auch die Bewertung unter dem Reiter ist von entscheidender Bedeutung, da Lahmheit oft nur beim Reiten in bestimmten Situationen oder in bestimmten Haltungen deutlich wird. Darüber hinaus sollte das gesamte Equipment gründlich auf Passform überprüft und die Reaktion des Pferdes beim Satteln beobachtet werden (Findley und Singer 2015, Dyson 2016, Burns et al. 2018). Um Lahmheit und andere muskuloskeletale leistungsmindernde Ursachen wie Rückenschmerzen weiter zu differenzieren, können anschließend zusätzliche diagnostische Möglichkeiten genutzt werden, wobei die anschließende Vorgehensweise von den Ergebnissen der Lahmheitsuntersuchung abhängig ist (Lilich und Gaughan 1996, Dyson 2016).

Zum Auffinden der schmerzauslösenden Pathologie sind Leitungsanästhesien ein wertvolles Diagnostikum. Diese können

jedoch viel Zeit in Anspruch nehmen, da Lahmheit, welche sich nur in Leistunginsuffizienz äußert oft in mehreren Gliedmaßen lokalisiert ist, und möglicherweise schmerzhaft Zustände im thorakolumbalen oder iliosakralen Bereich eine zusätzliche Rolle spielen können (Dyson 2016). Wie diagnostische Anästhesien eingesetzt werden ist, wie immer, abhängig von den Ergebnissen der klinischen Untersuchung und ein allgemeingültiges Vorgehen ist nicht beschrieben. Wichtig ist, den gesamten Bewegungsablauf des Pferdes vor und nach der Anästhesie zu beurteilen. Dies erfolgt bei geringgradiger Lahmheit, wie sie beim Vorbericht Leistunginsuffizienz zu erwarten wäre, am besten unter dem Reiter. Dabei sollte auf subtile Hinweise für eine Minderung der Schmerzen, wie verbesserte Wendigkeit, Veränderungen in der Anlehnung und Beweglichkeit der Rückenlinie geachtet werden und auch das Reitgefühl vor und nach der Analgesie erfragt werden. Bei bilateraler Lahmheit ist es auch möglich, dass nach lokaler Anästhesie die Lahmheit auf der kontralateralen Seite deutlicher wird (Dyson 2016). Solche Diagnostik erfordert viel Zeit und Erfahrung, wobei die Veränderungen im Bewegungsablauf, nach Ausschaltung aller Schmerzquellen, oft deutlich sind (Dyson 2016). Sobald die Lokalisation des leistungsmindernden Schmerzes gefunden ist, kann die entsprechende Region mittels einer Vielzahl von bildgebenden Verfahren wie Röntgen, Ultraschall, Magnetresonanztomographie oder Computertomographie weitergehend untersucht werden, um möglicherweise den Grund für die Schmerzen aufzufindig zu machen (Parente 1996, Dyson 2016).

Auch die szintigraphische Untersuchung kann sinnvoll sein, um die Lokalisation der Lahmheitsursachen, welche durch klinische Untersuchung und Lokalanästhesien nur schwer festzustellen sind, zu finden. Dieses Diagnostikum ist jedoch keinesfalls als Ersatz für eine sorgfältige klinische Untersuchung zu betrachten, da es auch häufig falsch positive oder negative Resultate gibt (Gorgas et al. 2009, Dyson 2016, Quiney et al. 2018).

Wenn Dolenz bei Palpation und Manipulation, abnormale Muskelspannung oder -atrophie auftreten, oder die Beweglichkeit limitiert ist, sollte der Rücken genauer untersucht werden (Findley und Singer 2015, Dyson 2016, Burns et al. 2018). Dabei haben sich die Anwendung von Röntgen- und Ultraschalluntersuchung, sowie Szintigraphie und diagnostische Analgesie als Untersuchungsmethoden bewährt, wobei Auffälligkeiten in der Bildgebung nicht unbedingt mit klinischer Symptomatik einhergehen müssen und mit lokaler Anästhesie bestätigt werden sollten (Zimmerman et al. 2012, Findley und Singer 2015, Dyson 2016, Burns et al. 2018, van Zadelhoff et al. 2019). Bei Pferden mit Verdacht auf Iliosakralgelenksprobleme zeigen bis zu 99% der Pferde eine vermehrte Aufnahme radioaktiven Materials im Bereich des Iliosakralgelenkes und es besteht direkte Korrelation zwischen szintigraphischen Befunden und positiver Lokalanästhesie. Die Szintigraphie scheint also ein geeignetes Diagnostikum für Iliosakralproblematik zu sein, vor allem in Kombination mit der Anwendung von Lokalanästhesien, welche zur deutlichen Verbesserung von Gangabnormalitäten führt (Dyson et al. 2010). Läsionen im Halsbereich sollten bedacht werden, wenn die Lahmheitsuntersuchung keine Ergebnisse brachte oder die klinische Symptomatik direkt hinweisend auf Nackenschmerzen ist (Dyson 2011). Dabei sind neben der klinischen Untersuchung in Bewegung und in verschiedenen

Stellungen Röntgen, Computertomographie und Ultraschall geeignet und auch die Szintigraphie kann verwendet werden, um Halsläsionen zu diagnostizieren (Dyson 2011).

### Erkrankungen der Muskeln

Verschiedenste Muskelerkrankungen werden mit verminderter Leistung assoziiert. Jedoch können die wenigsten schon in der klinischen Untersuchung in Ruhe festgestellt werden, weshalb auch hier wieder eine detaillierte Anamnese von essentieller Bedeutung ist, wenn vorberichtliche Bewegungsanomalien, Steifheit, vermehrtes Liegen, Muskelzittern und -abbau Hinweise auf muskuläre Erkrankungen liefern (Martin et al. 2004, Niederhofer und Müller 2017). Als häufiger Vorbericht wird auch von Bewegungsunwilligkeit und Versammlungsproblemen berichtet (Hunt et al. 2008, Valberg 2018).

So kann zum Beispiel die milde oder moderate Form der belastungsinduzierten Myopathie, auch subklinische Myopathie genannt, zu unspezifischen klinischen Symptomen führen und ist ein häufiger Grund für Leistungsschwäche (Martin et al. 2000, Martin et al. 2004, Hunt et al. 2008, Richard et al. 2010, Fraipont et al. 2011, Dyson 2016, Melkova et al. 2016, Hines 2018).

Auch die Polysaccharid-Speicher-Myopathie (PSSM) kann sich, neben vielen anderen möglichen Symptomen, in Leistunginsuffizienz äußern und ist beim Warmblutpferd die häufigste Myopathie (Hunt et al. 2008, Quiroz-Rothe et al. 2010, Dyson 2016, Schusser 2017, Hines 2018, Valberg 2018).

Weitere mögliche muskuläre Ursachen für Leistunginsuffizienz sind neurogene oder myogene Muskelatrophie (Hunt et al. 2008) oder auch ein Muskelfaserriss, Muskelkater oder -krämpfe (Valberg 2018). Traumatische Muskelläsionen können prinzipiell in jeder Muskelgruppe auftreten, betreffen jedoch meistens die Muskeln der Kruppe und die kaudale Oberschenkelmuskulatur (Schusser 2017, Hines 2018).

In seltenen Fällen kann die durch Hypoglycin-A verursachte atypische Myopathie oder ein nutritiver Vitamin E Mangel, welche in der Regel durch einen schweren Verlauf gekennzeichnet sind, zu solch milden Symptomen wie Leistunginsuffizienz führen, wobei bei diesen Erkrankungen in der Regel mehrere Pferde einer Herde betroffen sind (Jones 1987, Hines 2018, McGuire 2018).

Auch eine mitochondriale Myopathie, welche sich durch deutliche Leistungsschwäche und starke Laktatakkumulation äußert (Valberg et al. 1994, Nollet und Deprez 2005) oder eine myofibrillare Myopathie (Valberg et al. 2017, Valberg 2018) können in seltenen Fällen der Auslöser sein.

Falls der Verdacht besteht, dass die Leistungsschwäche in einer muskulären Erkrankung begründet liegt, sollten zielgerichtete weiterführende Untersuchungen durchgeführt werden. Dazu gehört eine klinische Untersuchung mit Palpation und Adspektion der verschiedenen Muskelgruppen in Ruhe und Bewegung und auch die Messung der Enzyme Creatinkinase (CK), Aspartat-Aminotransferase (AST) und Laktatdehydrogenase (LDH), sowie die Bestimmung von Vitamin E und

Selen im Serum (Parente 1996, Martin et al. 2004, Nollet und Deprez 2005, Valberg 2018). Dabei ist einzig die CK muskelspezifisch, jedoch kann auch eine permanente Erhöhung der AST auf zurückliegende Episoden von Rhabdomyolyse oder aber auch übertriebenes Training hindeuten (Jones 1987, Mack et al. 2014, Dyson 2016, Schusser 2017). Zudem besteht die Möglichkeit, einen submaximalen Belastungstest durchzuführen, wobei 30 Minuten vor und eine halbe bis 4 Stunden nach der Belastung die Konzentration von CK im Serum gemessen wird (Parente 1996, Martin et al. 2000, Birks et al. 2004, Martin et al. 2004, Evans 2007, Valberg 2018). Sollte diese sich deutlich über die Referenzwerte hinaus erhöht haben, kann man von einer Belastungsmiopathie ausgehen, wobei mit PSSM betroffene Warmblüter trotz Leistungsschwäche manchmal keine Erhöhung der CK aufweisen (Valberg 2018). Zu guter Letzt stellt noch die histopathologische Untersuchung einer Muskelbiopsie ein geeignetes Diagnostikum dar, um etwa PSSM, myofibrilläre Myopathie oder Kreuzverschlag zu diagnostizieren (Nollet und Deprez 2005, Hunt et al. 2008, Dyson 2016, Niederhofer und Müller 2017, Schusser 2017, Valberg et al. 2017, Valberg 2018).

### Neurologische Erkrankungen

Neurologische Erkrankungen des Pferdes können zu Ataxie und Schwäche führen und damit natürlich auch die Leistungsfähigkeit des athletischen Pferdes beeinflussen und können immer, entweder allein oder gemeinsam mit Lahmheit, zu Leistunginsuffizienz führen (Dyson 2016, Bedenice und Johnson 2018, Hines 2018). Die häufigste neurologische Erkrankung bei Sportpferden ist die Cervikale Vertebrale Stenotische Myelopathie (CVSM), welche sich häufig durch sehr subtile Zeichen wie leicht hypermetrische Bewegungsmuster, propriozeptive Defizite, geringgradige Ataxie und Schwäche äußert. Die Erkrankung bleibt vom Reiter oft lange unerkannt und äußert sich erst ab einem gewissen sportlichen Niveau als Leistunginsuffizienz (Bedenice und Johnson 2018). Differentialdiagnostisch können auch sehr milde Formen der Equinen Degenerativen Myeloencephalopathie sowie Shivering in Frage kommen, welche sich ebenfalls in Leistungsschwäche äußern können, aber nur sehr schwer intra vitam zu diagnostizieren sind (Bedenice und Johnson 2018). Oft fallen neurologische Befunde wie Koordinationsdefizite, mangelnde Propriozeption oder übertriebene oder steife Bewegungen schon in Ruhe oder bei der Lahmheitsuntersuchung auf. Sollte dies der Fall sein, ist eine weitere Abklärung inklusive kompletter neurologischer Untersuchung, Röntgen und ggf. Computertomographie der Halswirbelsäule in verschiedenen Projektionsrichtungen, Halspositionen, mit/ohne Kontrastmittel und in seltenen Fällen die Analyse der Cerebrospinalflüssigkeit zum Ausschluss infektiöser Erkrankungen zu empfehlen (Lilich und Gaughan 1996). Bei sehr subtilen Symptomen kann auch eine klinische Untersuchung unter dem Reiter nötig sein, um geringgradige neurologische Auffälligkeiten festzustellen (Bedenice und Johnson 2018).

### Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes

In einigen Fällen können auch Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes, wie das „Equine Gastric Ulcer Syndrome“ (EGUS)

mit seinen beiden Ausprägungsformen „Equine Squamous Gastric Disease (ESGD)“ und Equine Glandular Gastric Disease (EGGD) sich unter anderem oder ausschließlich in Leistungsschwäche äußern (Vatistas et al. 1999, Niederhofer und Müller 2017, Banse und Andrews 2019). Insbesondere beim EGGD sind das endoskopische Bild und ein Zusammenhang zu einer Leistunginsuffizienz aber wenig verlässlich (Sykes et al. 2015) (Abb.6).

Jedoch wurden bei 4 bzw. 12 Rennpferden, welche mit Leistunginsuffizienz vorstellig wurden, nach gründlicher klinischer Untersuchung Magengeschwüre als einziger Befund festgestellt. Eine Behandlung mit Omeprazol führte bei allen Pferden zu einer Verbesserung der Leistung und der festgestellten Läsionen (Franklin et al. 2008, Çetinkaya et al. 2013).

Auch Warmblutpferde, welche intensiv trainiert wurden oder an nationalen Turnieren teilnehmen, sind sehr häufig von Magengeschwüren betroffen (Pedersen et al. 2018). Pferde, welche international starteten, sind hingegen seltener betroffen, woraus die Autoren schließen, dass betroffene Pferde weniger leistungsfähig sind (Pedersen et al. 2018).

Falls das klinische Erscheinungsbild und der Vorbericht auf Erkrankungen im Bereich des Gastrointestinaltraktes hindeuten, wird eine gründliche Untersuchung des Magen-Darm Traktes empfohlen (Niederhofer und Müller 2017). Die Diagnostik von Magengeschwüren erfolgt standardmäßig mittels Gastroskopie und einer Klassifizierung der Läsionen nach Grad und Verteilungsmuster (Becker et al. 2017).

### Metabolische Erkrankungen

Metabolische Erkrankungen können entweder durch Entgleisungen des endokrinen Systems, des Säure-Basen-Gleichgewichts oder der Elektrolyte oder durch thermische Effekte zu Leistunginsuffizienz führen (Foreman 1996). Metabolische und respiratorische Alkalosen oder Azidosen, die bei intensi-



**Abb. 6** Läsionen der kutanen (Equine squamous gastric disease, ESGD) und der glandulären Magenschleimhaut (Equine glandular gastric disease, EGGD) als mögliche Ursache von Leistunginsuffizienz. | Lesions of the squamous (Equine squamous gastric disease, ESGD) and glandular gastric mucosa (Equine glandular gastric disease, EGGD) as a possible etiology of exercise insufficiency.

ver sportlicher Belastung zustande kommen können, können zu Leistungsschwäche führen, genauso wie Hyperkaliämie und Hypocalzämie oder die Effekte von Überhitzung (Foreman 1996).

Bei einem entsprechenden Habitus des Patienten sollte bei schleichendem Leistungsverlust immer auch an endokrinologische Erkrankungen, wie Pituitary Pars Intermedia Dysfunction (PPID) oder Equines Metabolisches Syndrom (EMS) gedacht werden, da bei diesen Erkrankungen ein langsamer Verlust der Leistungsfähigkeit ein erstes Anzeichen sein kann (Niederhofer und Müller 2017). Warmblutsporthferde und vor allem Ponies sind deutlich anfälliger für Insulindysregulationen und damit EMS und endokriner Hufrehe als Vollblüter, da sie im Durchschnitt deutlich älter und öfter übergewichtig sind. Hufrehe als schmerzhafte Erkrankung kann wiederum die Leistungsfähigkeit limitieren (Frank 2018).

PPID ist bei mittelalten Pferden ein relativ häufiger Grund für Leistungsschwäche (Frank 2018), da die Erkrankung sich aufgrund des ausgelösten Muskelkatabolismus und durch Verhaltensänderungen wie etwa ruhigeres Verhalten negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirken kann, sowie die Pferde für Verletzungen der Fesselträger prädisponiert (Foreman 1996, Frank 2018, Winter 2018). Auch Hypothyreoidismus kann zu Leistungsschwäche führen, indem der Mangel an Schilddrüsenhormonen etwa die Leistungsfähigkeit von Herz und Muskulatur verringert (Foreman 1996).

#### Erkrankungen des Urogenitaltraktes

Rosseerscheinungen können in einigen Fällen Leistungsschwäche bedingen, und zwar weniger aus körperlichen Gründen als eher durch Verhaltensprobleme (Foreman 1996, Pryor und Tibary 2005). Jedoch gibt es Hinweise, dass die Hormonschwankungen während des Zyklus tatsächlich auch schmerzhafte Zustände auslösen oder verstärken können, sowie zu Konzentrationsschwierigkeiten, Launigkeit und Muskelschwäche und somit zu Leistungsinsuffizienz betroffener Stuten führen können (Pryor und Tibary 2005). Auch die sogenannte Nymphomanie bei der Stute, welche durch Granulosazelltumoren oder rossebedingte Verhaltensänderungen ausgelöst werden kann, äußert sich in Hypersensitivität der Haut der Hinterhand, häufigem Harnabsatz, hengstartigem Verhalten und Schweifschlagen, was wiederum die Leistungsfähigkeit stark einschränken kann (Pryor und Tibary 2005, Christoffersen et al. 2007, Ennen et al. 2017).

Andere Erkrankungen des weiblichen Genitaltrakts, wie etwa Vaginitis, Cervicitis oder Endometritis können durch Schmerzhaftigkeit ebenfalls zu Leistungsschwäche führen (Pryor und Tibary 2005, Christoffersen et al. 2007).

Zur Diagnostik von möglicherweise leistungslimitierenden Erkrankungen der Geschlechtsorgane sollte eine ausführliche Anamnese über das Auftreten der Symptome während des Östrus und eine gründliche klinische Untersuchung erfolgen, auch um andere Ursachen für Leistungsschwäche auszuschließen. Die Diagnostik von Erkrankungen der Geschlechtsorgane sollte eine Adspektion der Vulva und des

Vestibulums, sowie eine Vaginoskopie und eventuell auch Hysteroskopie beinhalten. Des Weiteren sollte eine rektale palpatorische und ultrasonographische Untersuchung des Geschlechtstraktes erfolgen, um etwa Ovarialtumoren zu diagnostizieren. Eventuell sollte zusätzlich eine Hormonbestimmung durchgeführt werden, um zu bestimmen, ob die beobachteten Symptome tatsächlich zusammen mit dem Östrus auftreten (Pryor und Tibary 2005, Christoffersen et al. 2007, Ennen et al. 2017).

Auch Erkrankungen des Harnapparates, wie etwa chronische Niereninsuffizienz oder Urolithiasis können, etwa infolge chronischer Schmerzzustände, zu einer Leistungsinsuffizienz führen. Meist stehen bei diesen Erkrankungen andere, spezifischere Symptome, wie Harnabsatzbeschwerden, Polyurie oder Ödeme im Vordergrund, jedoch kann gerade im Anfangsstadium der Leistungsabfall das einzige Symptom sein (Niederhofer und Müller 2017, Schusser und Scheidemann 2017). Zur klinischen Abklärung kann eine rektale Untersuchung inklusive Sonographie, eine hämatologische und eine blutchemische Untersuchung im Bezug auf die Nierenparameter Kreatinin und Harnstoff, sowie eine Urinanalyse zielführend sein, um leistungsmindernde Erkrankungen des Harnapparates zu diagnostizieren (Niederhofer und Müller 2017).

#### Sonstige Erkrankungen

Tumoröse Umfangsvermehrungen können durch Kompartmentsyndrom oder paraneoplastische Effekte ebenfalls zu Leistungsschwäche führen (Held et al. 1985, May und Howard 2010).

#### Fazit für die Praxis

Insgesamt sind Erkrankungen des Bewegungsapparates zusammen mit Pathologien der oberen und vor allem auch der tiefen Atemwege und seltener auch neurologische Erkrankungen, sowie Herz- und Muskelprobleme häufig beschriebene Ursachen für verminderte Leistung beim Warmblutsporthferd. Die Untersuchung dieser Organsysteme sollte deshalb im Fokus stehen. Sollten diese Untersuchungen ergebnislos bleiben, können andere seltenerer Erkrankungen Auslöser für die Leistungsschwäche sein.

Alle Befunde sollten immer kritisch hinsichtlich ihrer klinischen Relevanz für die Leistungsfähigkeit des Pferdes überprüft werden. Dafür eignet sich die Untersuchung unter Belastung bevorzugt unter den normalen Trainingsbedingungen des Pferdes. Denn anders als beim Rennpferd, äußert sich Leistungsschwäche beim Warmblutsporthferd vermehrt in Verhaltensänderungen oder Problemen bei bestimmten Lektionen und kann auf dem Laufband nur schwer nachvollzogen werden. Alles in allem kann die Ursachenforschung bei Leistungsinsuffizienz kompliziert und langwierig sein und erfordert eine strukturierte gründliche Herangehensweise, um diesem in der Pferdepopulation häufigen und wirtschaftlich wichtigen Problem auf den Grund zu gehen. Eine im Vorfeld durchgeführte, ausführliche Besitzerkommunikation bezüglich des diagnostischen Umfangs und der damit verbundenen Kosten ist ratsam.

## Literatur

- Allen K. J., Franklin S. H. (2010) Comparisons of overground endoscopy and treadmill endoscopy in UK Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 42, 186–191; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00033.x
- Allen K. J., Tremaine W. H., Franklin S. H. (2006) Prevalence of inflammatory airway disease in national hunt horses referred for investigation of poor athletic performance. *Equine Vet. J. Suppl.* 529–534; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05599.x
- Allen K. J., van Erck-Westergren E., Franklin S. H. (2016) Exercise testing in the equine athlete. *Equine Vet. Educ.* 28, 89–98; DOI 10.1111/eve.12410
- Allen K. J., Young L. E., Franklin S. H. (2016) Evaluation of heart rate and rhythm during exercise. *Equine Vet. Educ.* 28, 99–112; DOI 10.1111/eve.12405
- Art T., Kirschvink N., Smith N., Votion D., Lekeux P. (1999) Cardiorespiratory measurements and indices of oxidative stress in exercising COPD horses. *Equine Vet. J. Suppl.* 83–87; DOI 10.1111/j.2042-3306.1999.tb05194.x
- Back H., Penell J., Pringle J., Isaksson M., Roneus N., Treiberg Berndtsson L., Stahl K. (2015) A longitudinal study of poor performance and subclinical respiratory viral activity in Standardbred trotters. *Vet. Rec. O.* 2, e000107–e000107; DOI 10.1136/vetreco-2014-000107
- Banse H. E., Andrews F. M. (2019) Equine glandular gastric disease: prevalence, impact and management strategies. *Vet. Med. Res. Rep.* 10, 69–76; DOI 10.2147/vmr.s174427
- Barakzai S. Z., Cheetham J. (2012) Endoscopic examination of exercising horses: Effects on diagnosis and treatment of upper respiratory tract disorders. *Equine Vet. J.* 44, 501–503; DOI 10.1111/j.2042-3306.2012.00625.x
- Barbesgaard L., Buhl R., Meldgaard C. (2010) Prevalence of exercise-associated arrhythmias in normal performing dressage horses. *Equine Vet. J.* 42, 202–207; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00223.x
- Barstow A., Dyson S. (2015) Clinical features and diagnosis of sacroiliac joint region pain in 296 horses: 2004–2014. *Equine Vet. Educ.* 27, 637–647; DOI 10.1111/eve.12377
- Beard W. (1996) Upper respiratory causes of exercise intolerance. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 435–455; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30266-3
- Becker M., Hiepe T., von Samson-Himmelsternja G., Scheidemann W., Schusser G.-F., Stadtbäumer G., Huskamp B., Kopf N. (2017). 14 Krankheiten des Verdauungstrakts (IV). *Handbuch Pferdepraxis*. W. Brehm, H. Gehlen, B. Ohnesorge and A. Wehrend. Stuttgart, Georg Thieme Verlag
- Bedenice D., Johnson A. L. (2018) Neurologic Conditions Affecting the Equine Athlete. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 277–297; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.006
- Birks E. K., Durando M. M., Martin B. B. (2004) Chapter 2 - Clinical exercise testing: evaluation of the poor performing athlete, *Equine Sports Medicine and Surgery*, K. W. Hinchcliff, A. J. Kaneps, R. J. Geor and W. Bayly. W.B. Saunders. Oxford 9–18
- Bitschnau C., Wiestner T., Trachsel D. S., Auer J. A., Weishaupt M. A. (2010) Performance parameters and post exercise heart rate recovery in Warmblood sports horses of different performance levels. *Equine Vet. J. Suppl.* 17–22; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00260.x
- Brown J. A., Hinchcliff K. W., Jackson M. A., Dredge A. F., O'Callaghan R. A., McCaffrey J. R., Slocombe R. F., Clarke A. F. (2005) Prevalence of pharyngeal and laryngeal abnormalities in Thoroughbreds racing in Australia, and their association with performance. *Equine Vet. J.* 37, 397–401; DOI 10.2746/042516405774480021
- Buckley P., Dunn T., More S. J. (2004) Owners' perceptions of the health and performance of Pony Club horses in Australia. *Prev. Vet. Med.* 63, 121–133; DOI 10.1016/j.prevetmed.2004.01.013
- Buhl R., Meldgaard C., Barbesgaard L. (2010) Cardiac arrhythmias in clinically healthy showjumping horses. *Equine Vet. J.* 42, 196–201; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00185.x
- Burnheim K., Hughes K. J., Evans D. L., Raidal S. L. (2016) Reliability of breath by breath spirometry and relative flow-time indices for pulmonary function testing in horses. *BMC Vet. Res.* 12, 268; DOI 10.1186/s12917-016-0893-3
- Burns G., Dart A., Jeffcott L. (2018) Clinical progress in the diagnosis of thoracolumbar problems in horses. *Equine Vet. Educ.* 30, 477–485; DOI 10.1111/eve.12623
- Cehak A., Rohn K., Barton A. K., Stadler P., Ohnesorge B. (2010) Effect of head and neck position on pharyngeal diameter in horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* 51, 491–497; DOI 10.1111/j.1740-8261.2010.01701.x
- Çetinkaya M. A., Demirutku A., Kaya M. (2013) Gastroscopic evaluation of gastric ulcer syndrome in sport horses with poor performance. *Turk. J. V. Anim. Sci.* 37, 541–545; DOI 10.3906/vet-1209-38
- Chope K. B. (2018) Cardiac/Cardiovascular Conditions Affecting Sport Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 409–425; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.001
- Christley R. M., Hodgson D. R., Rose R. J., Hodgson J. L., Wood J. L., Reid S. W. (2001) Coughing in thoroughbred racehorses: risk factors and tracheal endoscopic and cytological findings. *Vet. Rec.* 148, 99–104; DOI 10.1136/vr.148.4.99
- Christoffersen M., Lehn-Jensen H., Bagh I. B. (2007) Referred Vaginal Pain: Cause of Hypersensitivity and Performance Problems in Mares? A Clinical Case Study. *J. Equine Vet. Sci.* 27, 32–36; DOI 10.1016/j.jevs.2006.11.009
- Couetil L., Cardwell J. M., Leguillette R., Mazan M., Richard E., Binzle D., Bullone M., Gerber V., Ivester K., Lavoie J.-P., Martin J., Moran G., Niedźwiedz A., Pusterla N., Swiderski C. (2020) Equine Asthma: Current Understanding and Future Directions. *Front. Vet. Sci.* 7; DOI 10.3389/fvets.2020.00450
- Couetil L. L., Hoffman A. M., Hodgson J., Buechner-Maxwell V., Viel L., Wood J. L. N., Lavoie J. P. (2007) Inflammatory airway disease of horses. *J. Vet. Int. Med.* 21, 356–361; DOI 10.1892/0891-6640(2007)21[356:ladoh]2.0.Co;2
- Crispe E. J., Lester G. D., Secombe C. J., Perera D. I. (2017) The association between exercise-induced pulmonary haemorrhage and race-day performance in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 49, 584–589; DOI 10.1111/evj.12671
- Dabareiner R. M., Cohen N. D., Carter G. K., Nunn S., Moyer W. (2005) Lameness and poor performance in horses used for team roping: 118 cases (2000–2003). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226, 1694–1699; DOI 10.2460/javma.2005.226.1694
- Davenport-Goodall C. L., Parente E. J. (2003) Disorders of the larynx. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 19, 169–187; DOI 10.1016/s0749-0739(02)00072-x
- Davidson E. J., Harris M., Martin B. B., Nolen-Walston R., Boston R. C., Reef V. (2011) Exercising Blood Gas Analysis, Dynamic Upper Respiratory Tract Obstruction, and Postexercising Bronchoalveolar Lavage Cytology – A Comparative Study in Poor Performing Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 31, 475–480; DOI 10.1016/j.jevs.2011.03.003
- Davidson E. J., Martin B. B. (2003) Diagnosis of upper respiratory tract diseases in the performance horse. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 19, 51–62; DOI 10.1016/s0749-0739(02)00066-4
- Davidson E. J., Martin B. B., Rieger R. H., Parente E. J. (2010) Exercising Videoendoscopic Evaluation of 45 Horses with Respiratory Noise and/or Poor Performance After Laryngoplasty. *Vet. Surg.* 39, 942–948; DOI 10.1111/j.1532-950x.2010.00746.x
- Davidson E. J., Parente E. J. (2011) Exercising videoendoscopic evaluation of 7 horses with abnormal respiratory noise and poor performance following partial arytenoidectomy. *Equine Vet. Educ.* 23, 626–629; DOI 10.1111/j.2042-3292.2011.00229.x
- Davison J. A., Lumsden J. M., Boston R. C., Ahern B. J. (2017) Overground endoscopy in 311 Thoroughbred racehorses: findings and correlation to resting laryngeal function. *Aust. Vet. J.* 95, 338–342; DOI 10.1111/avj.12620
- de Solis C. N. (2016) Exercising arrhythmias and sudden cardiac death in horses: Review of the literature and comparative aspects. *Equine Vet. J.* 48, 406–413; DOI 10.1111/evj.12580

- Desmaizieres L. M., Serraud N., Plainfosse B., Michel A., Tamzali Y. (2009) Dynamic respiratory endoscopy without treadmill in 68 performance Standardbred, Thoroughbred and saddle horses under natural training conditions. *Equine Vet. J.* 41, 347–352; DOI 10.2746/042516409x427169
- Dyson S. (2002) Lameness and poor performance in the sport horse: Dressage, show jumping and horse trials. *J. Equine Vet. Sci.* 22, 145–150; DOI 10.1016/S0737-0806(02)70139-1
- Dyson S. (2016) Evaluation of poor performance in competition horses: A musculoskeletal perspective. Part 1: Clinical assessment. *Equine Vet. Educ.* 28, 284–293; DOI 10.1111/eve.12426
- Dyson S. (2016) Evaluation of poor performance in competition horses: A musculoskeletal perspective. Part 2: Further investigation. *Equine Vet. Educ.* 28, 379–387; DOI 10.1111/eve.12498
- Dyson S., Murray R. (2010) Pain associated with the sacroiliac joint region: a clinical study of 74 horses. *Equine Vet. J.* 35, 240–245; DOI 10.2746/042516403776148255
- Dyson S., Murray R., Branch M., Harding E. (2010) The sacroiliac joints: evaluation using nuclear scintigraphy. Part 2: Lameness horses. *Equine Vet. J.* 35, 233–239; DOI 10.2746/042516403776148282
- Dyson S. J. (2011) Lesions of the equine neck resulting in lameness or poor performance. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 27, 417–437; DOI 10.1016/j.cveq.2011.08.005
- Ennen S., Handler J., Hospes R., Sieme H., Wehrend A. (2017). 16 Reproduktionsstörungen (I). *Handbuch Pferdepraxis*. W. Brehm, H. Gehlen, B. Ohnesorge and A. Wehrend. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Evans D. (2004) Chapter 3 – Exercise testing in the field, *Equine Sports Medicine and Surgery*, K. W. Hinchcliff, A. J. Kaneps, R. J. Geor and W. Bayly. W.B. Saunders. Oxford 19–31
- Evans D. L. (2007) Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine Vet. J.* 39, 373–383; DOI 10.2746/042516407x206418
- Evans D. L., Kiddell L., Smith C. L. (2011) Pulmonary function measurements immediately after exercise are correlated with neutrophil percentage in tracheal aspirates in horses with poor racing performance. *Res. Vet. Sci.* 90, 510–515; DOI 10.1016/j.rvsc.2010.07.003
- Ferro E., Ferrucci F., Zucca E., Di Fabio V., Castoldi S. (2002) Arterial blood gas analysis in 53 racehorses with a diagnosis of Small Airway Inflammatory Disease (SAID). *J. Equine Vet. Sci.* 22, 165–168; DOI 10.1016/S0737-0806(02)70142-1
- Fey K., Ohnesorge B., Venner M. (2017). 13 Krankheiten der Atmungsorgane (I). *Handbuch Pferdepraxis*. W. Brehm, H. Gehlen, B. Ohnesorge and A. Wehrend. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Fey K., Venner M. (2017). 13 Krankheiten der Atmungsorgane (II). *Handbuch Pferdepraxis*. W. Brehm, H. Gehlen, B. Ohnesorge and A. Wehrend. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Findley J., Singer E. (2015) Equine back disorders 1. Clinical presentation, investigation and diagnosis. *In Pract.* 37, 456–467; DOI 10.1136/inp.h4854
- Fogarty U., Buckley T. (1991) Bronchoalveolar lavage findings in horses with exercise intolerance. *Equine Vet. J.* 23, 434–437; DOI 10.1111/j.2042-3306.1991.tb03756.x
- Foreman J. H. (1996) Metabolic causes of equine exercise intolerance. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 537–554; DOI 10.1016/S07490739(17)30271-7
- Fraipont A., Van Erck E., Ramery E., Richard E., Denoix J. M., Lekeux P., Art T. (2011) Subclinical diseases underlying poor performance in endurance horses: diagnostic methods and predictive tests. *Vet. Rec.* 169, 154; DOI 10.1136/vr.d4142
- Frank N. (2018) Endocrine Disorders of the Equine Athlete. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 299–312; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.003
- Franklin S. H., Brazil T. J., Allen K. J. (2008) Poor performance associated with equine gastric ulceration syndrome in four Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. Educ.* 20, 119–124; DOI 10.2746/095777308x282363
- Franklin S. H., Naylor J. R. J., Lane J. G. (2006) Videoendoscopic evaluation of the upper respiratory tract in 93 sport horses during exercise testing on a high-speed treadmill. *Equine Vet. J.* 38, 540–545; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05601.x
- Gehlen H. (2010). *Pferdekardiologie*. Hannover, Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG.
- Gehlen H., Bubeck K., Rohn K., Stadler P. (2006) Pulmonary artery wedge pressure during treadmill exercise in warmblood horses with atrial fibrillation. *Res. Vet. Sci.* 81, 134–139; DOI 10.1016/j.rvsc.2005.09.008
- Gehlen H., Goltz A., Rohn K., Stadler P. (2007) A survey of the frequency and development of heart disease in riding-horses - Part 1: Retrospective evaluation (1992–2003) and questionnaires. *Pferdeheilkunde* 23, 369–377; DOI 10.21836/PEM20070408
- 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. *Pferdeheilkunde Equine Med.* 23, 378–387; DOI 10.21836/PEM20070409
- Gehlen H., Stadler P. (2002) Atrial fibrillation in warmblood horses – Echocardiography, therapy, prognosis and outcome in 72 cases. *Pferdeheilkunde* 18, 530–536; DOI 10.21836/PEM20020603
- Gehlen H., Zebisch A., Schuette A., Oel C., May A. (2010) Overground exercise endoscopy of upper airways in standardbreds, thoroughbreds and warmblood riding horses under normal training conditions. *Pferdeheilkunde* 26, 344–352; DOI 10.21836/PEM20100303
- Girodroux M., Dyson S., Murray R. (2009) Osteoarthritis of the thoracolumbar synovial intervertebral articulations: Clinical and radiographic features in 77 horses with poor performance and back pain. *Equine Vet. J.* 41, 130–138; DOI 10.2746/042516408x345099
- Go L. M., Barton A. K., Ohnesorge B. (2014) Pharyngeal diameter in various head and neck positions during exercise in sport horses. *BMC Vet. Res.* 10, 117; DOI 10.1186/1746-6148-10-117
- Gorgas D., Luder P., Lang J., Doherr M. G., Ueltschi G., Kircher P. (2009) Scintigraphic and radiographic appearance of the sacroiliac region in horses with gait abnormalities or poor performance. *Vet. Radiol. Ultrasound* 50, 208–214; DOI 10.1111/j.1740-8261.2009.01519.x
- Hackett E., Parente E. (2003) Disorders of the pharynx. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Pract.* 19, 159–167, vii; DOI 10.1016/S0749-0739(02)00071-8
- Held J. P., Patton C. S., Toal R. L., Geiser D. R. (1985) Work intolerance in a horse with thyroid carcinoma. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 187, 1044–1045
- Hines M. T. (2018) Chapter 7 – Clinical Approach to Commonly Encountered Problems, *Equine Internal Medicine (Fourth Edition)*, S. M. Reed, W. M. Bayly and D. C. Sellon. W.B. Saunders 232–310
- Holcombe S. J., Ducharme N. G. (2004) Chapter 27 – Abnormalities of the upper airway, *Equine Sports Medicine and Surgery*, K. W. Hinchcliff, A. J. Kaneps, R. J. Geor and W. Bayly. W. B. Saunders. Oxford 559–598
- Holcombe S. J., Robinson N. E., Derksen F. J., Bertold B., Genovese R., Miller R., de Feiter Rupp H., Carr E. A., Eberhart S. W., Boruta D., Kaneene J. B. (2006) Effect of tracheal mucus and tracheal cytology on racing performance in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 38, 300–304; DOI 10.2746/04251640677749191
- Hunt L. M., Valberg S. J., Steffenhagen K., McCue M. E. (2008) An epidemiological study of myopathies in Warmblood horses. *Equine Vet. J.* 40, 171–177; DOI 10.2746/042516408x244262
- Jago R., Keen J. (2019) Identification of common equine cardiac murmurs. *In Practice* 41, 222–232; DOI 10.1136/inp.j1769
- Jones W. E. (1987) Muscular causes of exercise intolerance. *J. Equine Vet. Sci.* 7, 312–316; DOI 10.1016/S0737-0806(87)80054-0
- Jose-Cunilleras E., Young L. E., Newton J. R., Marlin D. J. (2006) Cardiac arrhythmias during and after treadmill exercise in poorly performing Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 38, 163–170; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05534.x

- Kannegieter N. J., Dore M. L. (1995) Endoscopy of the upper respiratory tract during treadmill exercise: a clinical study of 100 horses. *Aust. Vet. J.* 72, 101–107; DOI 10.1111/j.1751-0813.1995.tb15020.x
- Knight P., Evans D. (2000) Clinical abnormalities detected in post-race examinations of poorly performing Standardbreds. *Aust. Vet. J.* 78, 344–346; DOI 10.1111/j.1751-0813.2000.tb11790.x
- Lane J. G., Bladon B., Little D. R., Naylor J. R., Franklin S. H. (2006) Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 1: observations during high-speed treadmill endoscopy of 600 Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 38, 393–399; DOI 10.2746/042516406778400583
- Lane J. G., Bladon B., Little D. R. M., Naylor J. R. J., Franklin S. H. (2006) Dynamic obstructions of the equine upper respiratory tract. Part 2: Comparison of endoscopic findings at rest and during high-speed treadmill exercise of 600 Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 38, 401–407; DOI 10.2746/042516406778400619
- Laus F., Attili A. R., Cerquetella M., Spaterna A., Tesi B., Cuteri V. (2018) Endoscopic findings, microbiological and cytological evaluation of tracheal aspirates in a population of Standardbred horses with poor performances. *Veterinärn Med.* 54, 444–450; DOI 10.17221/3/2009-vetmed
- Lavoie J. P., Cesarini C., Lavoie-Lamoureux A., Moran K., Lutz S., Picandet V., Jean D., Marcoux M. (2011) Bronchoalveolar lavage fluid cytology and cytokine messenger ribonucleic Acid expression of racehorses with exercise intolerance and lower airway inflammation. *J. Vet. Intern. Med.* 25, 322–329; DOI 10.1111/j.1939-1676.2010.0664.x
- Leleu C., Cotrel C., Courouge-Malblanc A. (2005) Relationships between physiological variables and race performance in French standardbred trotters. *Vet. Rec.* 156, 339–342; DOI 10.1136/vr.156.11.339
- Lilich J. D., Gaughan E. M. (1996) Diagnostic approach to exercise intolerance in racehorses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 555–564; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30272-9
- Mack S. J., Kirkby K., Malalana F., McGowan C. M. (2014) Elevations in serum muscle enzyme activities in racehorses due to unaccustomed exercise and training. *Vet. Rec.* 174, 145–145; DOI 10.1136/vr.101669
- MacNamara B., Bauer S., Iafe J. (1990) Endoscopic evaluation of exercise-induced pulmonary hemorrhage and chronic obstructive pulmonary disease in association with poor performance in racing Standardbreds. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 196, 443–445;
- Malikides N., Hughes K., Hodgson D., Hodgson J. (2003) Comparison of tracheal aspirates and bronchoalveolar lavage in racehorses 2. Evaluation of the diagnostic significance of neutrophil percentage. *Aust. Vet. J.* 81, 685–687; DOI 10.1111/j.1751-0813.2003.tb12540.x
- Maré L., Boshuizen B., Plancke L., De Bruijn M., Delesalle C. (2017) Standardized exercise tests in horses: Current situation and future perspectives. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 86, 63–72; DOI 10.21825/vdt.v86i2.16290
- Martin B., Reef V., Parente E., Sage A. (2000) Causes of poor performance of horses during training, racing, or showing: 348 cases (1992–1996). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216, 554–558; DOI 10.2460/javma.2000.216.554
- Martin B. B., Davidson E. J., Durando M. M., Birks E. K. (2004) Chapter 4 – Clinical exercise testing: overview of causes of poor performance, *Equine Sports Medicine and Surgery*, K. W. Hinchcliff, A. J. Kaneps, R. J. Geor and W. Bayly. W.B. Saunders. Oxford 32–41
- May K. A., Howard R. D. (2010) Exercise intolerance secondary to parotid melanomas in a mare. *Equine Vet. Educ.* 13, 195–197; DOI 10.1111/j.2042-3292.2001.tb00089.x
- Mayaki A. M., Intan-Shameha A. R., Noraniza M. A., Mazlina M., Adamu L., Abdullah R. (2019) Clinical investigation of back disorders in horses: A retrospective study (2002–2017). *Vet. World* 12, 377–381; DOI 10.14202/vetworld.2019.377-381
- Mazan M. R. (2018) Lower Airway Disease in the Athletic Horse. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 443–460 DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.010
- McGuire C. J., Piercy R. J., Gonzalez-Medina S., Massey C., Robinson K., McGovern K. F. (2018) Exercise-associated atypical myopathy in five adult horses. *Equine Vet. J.* 50, 29–29; DOI 10.1111/evj.53\_13008
- Melkova P., Jahn P., Bodecek S., Dobesova O., Hanak J. (2016) Evaluation of poor performance in racehorses using a high-speed treadmill. *Veterinärn Med.* 61, 243–248; DOI 10.17221/8878-vetmed
- Meyer C., Gerber R., Guthrie A. J. (2004) The use of the standard exercise test to establish the clinical significance of mild echocardiographic changes in a Thoroughbred poor performer: clinical communication. *J. South. Afr. Vet. Assoc.* 75, 100–102; DOI 10.4102/jsava.v75i2.461
- Mirazo J. E., Page P., Rubio-Martinez L., Marais H. J., Lyle C. (2014) Dynamic upper respiratory abnormalities in Thoroughbred racehorses in South Africa. *J. South African Vet. Assoc.* 85, 1140; DOI 10.4102/jsava.v85i1.1140
- Mitten L. A. (1996) Cardiovascular causes of exercise intolerance. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 473–494; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30268-7
- Moore B. R. (1996) Lower respiratory tract disease. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 457–472; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30267-5
- Morris E. A., Seeherman H. J. (1991) Clinical evaluation of poor performance in the racehorse: the results of 275 evaluations. *Equine Vet. J.* 23, 169–174; DOI 10.1111/j.2042-3306.1991.tb02749.x
- Munsters C. C. B. M., van Iwaarden A., van Weeren R., Sloet van Oolhuizenborgh-Oosterbaan M. M. (2014) Exercise testing in Warmblood sport horses under field conditions. *Vet. J.* 202, 11–19; DOI 10.1016/j.tvjl.2014.07.019
- Navas De Solis C., Sampson S. N., McKay T., Whitfield-Cargile C. (2018) Standardised exercise testing in 17 reining horses: Musculoskeletal, respiratory, cardiac and clinicopathological findings. *Equine Vet. Educ.* 30, 262–267; DOI 10.1111/evj.12775
- Niederhofer M., Müller A. (2017). 33 Leistungsschwäche. Differenzialdiagnosen Innere Medizin beim Pferd. H. Gehlen. Stuttgart, Enke Verlag.
- Nollet H., Deprez P. (2005) Hereditary skeletal muscle diseases in the horse. A review. *Vet. Quart.* 27, 65–75; DOI 10.1080/01652176.2005.9695187
- Parente E. J. (1996) Testing methods for exercise intolerance in horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 421–433; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30265-1
- Parente E. J. (2018) Upper Airway Conditions Affecting the Equine Athlete. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34, 427–441; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.008
- Parente E. J., Russau A. L., Birks E. K. (2002) Effects of mild forelimb lameness on exercise performance. *Equine Vet. J. Suppl.* 34, 252–256; DOI 10.1111/j.2042-3306.2002.tb05428.x
- Pedersen S. K., Cribb A. E., Windeyer M. C., Read E. K., French D., Banse H. E. (2018) Risk factors for equine glandular and squamous gastric disease in show jumping Warmbloods. *Equine Vet. J.* 50, 747–751; DOI 10.1111/evj.12949
- Piccione G., Messina V., Casella S., Giannetto C., Caola G. (2010) Blood lactate levels during exercise in athletic horses. *Comp. Clin. Path.* 19, 535–539; DOI 10.1007/s00580-010-0965-x
- Pilsworth R., Rosedale P. D., Wood J. L. N. (1998) Is it poor or loss of performance?: The science of explanation. *Equine Vet. J.* 30, 364–365; DOI 10.1111/j.2042-3306.1998.tb04502.x
- Pirrone F., Albertini M., Clement M. G., Lafortuna C. L. (2007) Respiratory mechanics in Standardbred horses with sub-clinical inflammatory airway disease and poor athletic performance. *Vet. J.* 173, 144–150; DOI https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2005.07.020
- Pollock P. J., Reardon R. J., Parkin T. D., Johnston M. S., Tate J., Love S. (2009) Dynamic respiratory endoscopy in 67 Thoroughbred racehorses training under normal ridden exercise conditions. *Equine Vet. J.* 41, 354–360; DOI 10.2746/042516409x407107
- Pollock P. J., Reardon R. J. M. (2009) Dynamic respiratory endoscopy without a treadmill: Initial experiences. *Equine Vet. Educ.* 21, 367–370; DOI 10.2746/095777309x459933

- Pryor P., Tibary A. (2005) Management of Estrus in the Performance Mare. *Clin. Tech. Equine Pract.* 4, 197–209; DOI 10.1053/j.ctep.2005.07.001
- Quiney L. E., Ireland J. L., Dyson S. J. (2018) Evaluation of the diagnostic accuracy of skeletal scintigraphy in lame and poorly performing sports horses. *Vet. Radiol. Ultrasound* 59, 477–489; DOI 10.1111/vru.12626
- Quiroz-Rothe E., Novales M., Aguilera-Tejero E., Rivero J. L. L. (2010) Polysaccharide storage myopathy in the M. longissimus lumborum of showjumpers and dressage horses with back pain. *Equine Vet. J.* 34, 171–176; DOI 10.2746/042516402776767259
- Reef V. B., Bonagura J., Buhl R., McGurrin M. K. J., Schwarzwald C. C., Van Loon G., Young L. E. (2014) Recommendations for Management of Equine Athletes with Cardiovascular Abnormalities. *J. Vet. Int. Med.* 28, 749–761; DOI 10.1111/jvim.12340
- Richard E. A., Fortier G. D., Pitel P. H., Dupuis M. C., Valette J. P., Art T., Denoix J. M., Lekeux P. M., Van Erck E. (2010) Sub-clinical diseases affecting performance in Standardbred trotters: Diagnostic methods and predictive parameters. *Vet. J.* 184, 282–289; DOI 10.1016/j.tvjl.2009.04.016
- Ryan N., Marr C. M., McGladdery A. J. (2010) Survey of cardiac arrhythmias during submaximal and maximal exercise in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 37, 265–268; DOI 10.2746/0425164054530713
- Sánchez A., Couëtil L. L., Ward M. P., Clark S. P. (2005) Effect of Airway Disease on Blood Gas Exchange in Racehorses. *J. Vet. Int. Med.* 19, 87–92; DOI 10.1111/j.1939-1676.2005.tb02663.x
- Scheffer C. J. W., Van Oldruitenborgh-Oosterbaan M. M. S. (1996) Computerized ECG recording in horses during a standardized exercise test. *Vet. Quart.* 18, 2–7; DOI 10.1080/01652176.1996.9694601
- Schusser G. F. (2017). 21 Krankheiten des Bewegungsapparats (II). *Handbuch Pferdepraxis*. W. Brehm, H. Gehlen, B. Ohnesorge and A. Wehrend. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Schusser G. F., Scheidemann W. (2017). 15 Krankheiten der Harnorgane. *Handbuch Pferdepraxis*. W. Brehm, H. Gehlen, B. Ohnesorge and A. Wehrend. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- Schwarzwald C. (2016) Herzerkrankungen beim Sporthferd: Aktuelle Empfehlungen des 2014 ACVIM/ECEIM Consensus Statement. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 677–689; DOI 10.17236/sat00086
- Secombe C. J., van Eps A. W., Bruce M., Lester G. D. (2019) The relationship between bronchoalveolar lavage fluid cytology and airway hyper-reactivity in a population of Australian horses presented for poor performance. *Aust. Vet. J.* 97, 343–350; DOI 10.1111/avj.12861
- Strand E., Fjordbakk C. T., Holcombe S. J., Risberg A., Chalmers H. J. (2009) Effect of poll flexion and dynamic laryngeal collapse on tracheal pressure in Norwegian Coldblooded Trotter racehorses. *Equine Vet. J.* 41, 59–64; DOI 10.2746/042516408x330392
- Sullivan E. K., Parente E. J. (2003) Disorders of the pharynx. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 19, 159–167; DOI 10.1016/s0749-0739(02)00071-8
- Swor T. M., Dabareiner R. M., Honnas C. M., Cohen N. D., Black J. B. (2019) Musculoskeletal problems associated with lameness and poor performance in cutting horses: 200 cases (2007–2015). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 254, 619–625; DOI 10.2460/javma.254.5.619
- Thomson P., Hayek A., Jones B., Evans D., McGreevy P. (2014) Number, causes and destinations of horses leaving the Australian Thoroughbred and Standardbred racing industries. *Aust. Vet. J.* 92, 303–311; DOI 10.1111/avj.12204
- Twele L. (2019) Leistungsdiagnostik unter Feldbedingungen – Parameter, praktische Anwendung und Ergebnisinterpretation. *Pferdespiegel* 22, 155–163; DOI 10.1055/a-1013-2027
- Valberg S. (2018) Muscle Conditions Affecting Sport Horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 34; DOI 10.1016/j.cveq.2018.04.004
- Valberg S. J., Carlson G. P., Cardinet G. H., Birks E. K., Jones J. H., Chomyn A., Dimauro S. (1994) Skeletal muscle mitochondrial myopathy as a cause of exercise intolerance in a horse. *Muscle Nerve* 17, 305–312; DOI 10.1002/mus.880170308
- Valberg S. J., Nicholson A. M., Lewis S. S., Reardon R. A., Finno C. J. (2017) Clinical and histopathological features of myofibrillar myopathy in Warmblood horses. *Equine Vet. J.* 49, 739–745; DOI 10.1111/evj.12702
- Van Erck-Westergren E., Franklin S. H., Bayly W. M. (2013) Respiratory diseases and their effects on respiratory function and exercise capacity. *Equine Vet. J.* 45, 376–387; DOI 10.1111/evj.12028
- Van Erck E. (2011) Dynamic respiratory videoendoscopy in ridden sport horses: effect of head flexion, riding and airway inflammation in 129 cases. *Equine Vet. J. Suppl.* 18–24; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00492.x
- van Erck E., Jakesova V., Lekeux P., Art T. (2006) Field evaluation of poor performance in Standardbred trotters. *Pferdeheilkunde* 22, 625–631; DOI 10.21836/PEM20060516
- van Zadelhoff C., Ehrle A., Merle R., Jahn W., Lischer C. (2019) Thoracic processi spinosi findings agree among subjective, semiquantitative, and modified semiquantitative scintigraphic image evaluation methods and partially agree with clinical findings in horses with and without thoracolumbar pain. *Vet. Radiol. Ultrasound* 60, 210–218; DOI 10.1111/vru.12695
- Vatistas N. J., Snyder J. R., Carlson G., Johnson B., Arthur R. M., Thurmond M., Zhou H., Lloyd K. L. (1999) Cross-sectional study of gastric ulcers of the squamous mucosa in thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J. Suppl.* 34–39; DOI 10.1111/j.2042-3306.1999.tb05166.x
- Widmer A., Doherr M. G., Tessier C., Koch C., Ramseyer A., Straub R., Gerber V. (2009) Association of increased tracheal mucus accumulation with poor willingness to perform in show-jumpers and dressage horses. *Vet. J.* 182, 430–435; DOI 10.1016/j.tvjl.2008.08.015
- Winter J. C. (2018) Ein Update zu PPID beim Pferd. *Pferdespiegel* 21, 115–123; DOI 10.1055/a-0579-8807
- Witte S. H., Witte T. H., Harriss F., Kelly G., Pollock P. (2011) Association of owner-reported noise with findings during dynamic respiratory endoscopy in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 43, 9–17; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00152.x
- Wysocka B., Kluciński W. (2018) The occurrence of dynamic structural disorders in the pharynx and larynx, at rest and during exercise, in horses diagnosed with mild and moderate Equine Asthma (Inflammatory Airway Disease). *Polish J. Vet. Sci.* 21, 203–211; DOI 10.24425/119042
- Zimmerman M., Dyson S., Murray R. (2012) Close, impinging and overriding spinous processes in the thoracolumbar spine: the relationship between radiological and scintigraphic findings and clinical signs. *Equine Vet. J.* 44, 178–184; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00373.x
- Zucca E., Ferrucci F., Stancari G., Saporiti T., Ferro E. (2010) The prevalence of cardiac murmurs among standardbred racehorses presented with poor performance. *J. Vet. Med. Sci.* 72, 781–785; DOI 10.1292/jvms.09-0217