

Klinisch relevante Erkrankungen des Distanzsportpferdes

Heidrun Gehlen¹, Lena Bollinger², Selina Kuban¹ und Juliette Mallison³

¹ Klinik für Pferde, Allgemeine Chirurgie und Radiologie, Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin

² Tierärztliche Praxis, Am Heidefeld 22, 15378 Herzfelde

³ Hainbundstraße 15, 37085 Göttingen

Zusammenfassung: Distanzsportpferden wird eine Leistung abverlangt, die über das übliche Maß der sportlichen Belastung deutlich hinausgeht. Die Streckenlängen liegen im nationalen Bereich zwischen 25 und 162 km, im internationalen Bereich ab 2020 zwischen 100–160 km, die an einem Tag zurückgelegt werden müssen. Trotz guter Vorbereitung kann es bei Distanzritten dazu kommen, dass Pferde bis zu ihrer Leistungsgrenze und auch darüber hinaus gefordert werden. Dies führt als Konsequenz zu akuten und chronischen Erkrankungen, die vor allem den muskuloskeletalen Apparat aber auch das Herz-/Kreislaufsystem und andere Organe betreffen. Um die Pferde während des Rittes vor einer Überbelastung und den damit verbundenen Problemen zu schützen, werden in regelmäßigen Abständen tierärztliche Kontrollen zwecks weiterer Teilnahmefähigkeit durchgeführt. Trotz dieser Kontrollen gibt es einige Pferde, die nach dem Ausscheiden während und nach einem Wettkampf tierärztlich betreut werden müssen. Treten während des Rittes oder bei den tierärztlichen Verfassungskontrollen Beanstandungen auf, können betroffene Pferde vom Rennen ausgeschlossen werden. Mit einem Anteil von 59–65% der ausgeschiedenen Pferde sind Gangunregelmäßigkeiten bzw. Lahmheiten der häufigste Grund für das Ausscheiden von Pferden während eines Distanzrittes, diese Pferde müssen wegen unregelmäßigem Gang vom Rennen ausgeschlossen werden (NQ-GA.) International: Fail to Qualify, irregular Gait, (FTQ-GA). Eine Entzündung der Fesselträger, der oberflächlichen Beugesehnen und Hufsohlenquetschungen an den Vordergliedmaßen sowie generalisierte oder lokale Muskelerkrankungen und Rückenprobleme inkl. ISG Problemen kommen dabei am häufigsten vor. Chronische Lahmheiten sind häufig durch Osteoarthritis der Fessel- und Sprunggelenke verursacht. Knochenfrakturen sind eher selten, können aber ebenfalls vorkommen. Alle stark abweichenden Befunde des Herz-Kreislauf Apparates, das nicht-Erreichen der vorgegebenen Herzfrequenz innerhalb von 20 Minuten (national) oder 15 Minuten (international) in einem Vet-Check, stark verminderte Darmgeräusche, Anzeichen von starker Dehydration oder der subjektive Eindruck von Erschöpfung führen zum Ausscheiden des Pferdes aus metabolischen Gründen (NQ-ME national, FTQ-ME international). Diese sind mit einem Anteil von 15–17% der ausgeschiedenen Pferde der zweithäufigste Grund für ein vorzeitiges Beenden des Distanzrittes. Eine der am häufigsten vorkommenden metabolischen Störungen während eines Distanzrittes ist Kolik (20–40% der metabolisch ausgeschiedenen Pferde). Weitere häufige Erkrankungen sind die belastungsinduzierte Rhabdomyolyse/Kreuzerschlag (engl. exertional rhabdomyolysis), Dehydration/Exikose, Durchfall, Erschöpfung, Zwerchfellflattern (Synchronous diaphragmatic Flutter/SDF) und Hufrehe. Das belastungsinduzierte Lungenbluten (engl. exercise-induced pulmonary hemorrhage = EIPH) kommt bei Distanzpferden relativ selten vor. Metabolische Probleme können schwerwiegend und ohne Behandlung zu Tode führen. Neben dem Ausscheiden aufgrund orthopädischer und metabolischer Ursachen, gibt es noch andere Gründe für das Ausscheiden wie z.B. Läsionen durch das Gebiss oder den Sattel sowie Verletzungen und kleinere Wunden.

Schlüsselwörter: Distanzritt, Leistungsabfall, Pferd, Belastung, Erkrankungen

Diseases of clinical relevance in endurance horses

Endurance horses have to perform at a level that often exceeds the performance level of pleasure riding horses. Ridden distances per day are between 25–162 km nationally and as from 2020, 100–160 km, internationally. Despite good training for the event, demands on the horse may exceed their performance limit and as a consequence, this may lead to acute or chronic conditions affecting the musculoskeletal system, the cardiovascular system or other systems. In order to prevent horses from being overexerted, regular vet checks have to be carried out and passed during an endurance ride. In spite of these checks, some horses require veterinary care after not qualifying to continue the ride. Problems that occur during the ride or during the vet checks may lead to the horse not being able to qualify for the next loop or be not fit to continue at the final vet. check. Irregular gait/lameness account for 59–65% of cases („fail to qualify - irregular gait“, FTQ-GA). Inflammatory lesions of the suspensory ligament, the superficial flexor tendon, bruised front hoof soles, as well as generalized or local muscle conditions and iliosacral joint problems are relatively common. Chronic lameness is most likely to be caused by osteoarthritis of the fetlock and tarsal joints. Limb fractures can occur but are uncommon. All severe cardiovascular findings, such as not reaching the correct heart rate within 20 minutes in the vet check at national events or 15 min at international events; severely reduced gut sounds, clinical signs of severe dehydration or the subjective impression of fatigue, lead to the horse not qualifying due to metabolic reasons („fail to qualify - metabolic“, FTQ-ME) accounting for 15–17% of cases, second after musculoskeletal problems. One of the most common metabolic conditions during an endurance ride is colic (20–40% of horses fail to qualify during the race for this reason). Further common problems are exertional rhabdomyolysis, dehydration, diarrhoea, exhaustion, synchronous diaphragmatic flutter (SDF) and laminitis. Exercise-induced pulmonary hemorrhage (EIPH) occurs rarely in endurance horses. Metabolic problems may be severe and fatal without treatment. Further reasons for not qualifying to continue include bit or the saddle lesions, soft tissue injuries and wounds.

Keywords: endurance ride, overexertion, failure to qualify, loco-motor and metabolic problems

Zitation: Gehlen H., Bollinger L., Kuban S., Mallison J. (2021) Klinisch relevante Erkrankungen des Distanzsportpferdes. *Pferdeheilkunde* 37, 108–117; DOI 10.21836/PEM20210201

Korrespondenz: Prof. Dr. Heidrun Gehlen, Oertzenweg 19b, 10163 Berlin; heidrun.gehlen@fu-berlin.de

Eingereicht: 11.11.2020 | **Angenommen:** 4.1.2021

Einleitung

Der Distanzsport ist eine sowohl nationale, als auch internationale Disziplin des Pferdesportes, die von Pferd und Reiter neben einer guten Kondition auch Willensstärke und eine gute Einteilung der Ressourcen verlangt. Während eines Tages werden bei Wettkämpfen bis zu 162 km auf dem Rücken des Pferdes zurückgelegt. Dabei müssen die Pferde und Reiter neben unterschiedlichen Terrains auch Temperaturschwankungen und je nach Austragungsort, auch einige Höhenmeter bewältigen. In Deutschland ist der VDD (Verein Deutsche Distanzreiter und Fahrer e. V.) als Anschluss Verband der FN (nationale Föderation) für Distanzreiten, international ist die FEI (Federation Equestre Internationale) zuständig. Nationale und internationalen Regeln sind nicht in allen Punkten übereinstimmend.

In den letzten Jahren hat sich der Distanzsport durch eine zunehmende Popularität und Kommerzialisierung gewandelt. Der Sport war in den Medien zunehmend von negativen Ereignissen und Berichten geprägt. Immer mehr Reiter bringen ihre Pferde bis über die Belastungsgrenzen hinaus. Das führt neben dem vermehrten Ausscheiden der Tiere zu vereinzelt Todesfällen. Zuletzt wurde ein ausländischer Reiter, aufgrund des Todes seines Pferdes während eines Rittes im Ausland, für 20 Jahre von weiteren Wettkämpfen ausgeschlossen.

Die bei einem Distanzritt abverlangte Leistung ist mit der Belastung von humanen Extremausdauersportlern, wie zum Beispiel Ultramarathonläufern, vergleichbar. Ultramarathonläufer legen eine Strecke an einem Tag zurück, die über die normale Marathondistanz von 42 Kilometer hinausgeht. Es ist naheliegend, beim Menschen bekannte pathologische Veränderungen, die durch übermäßigen Ausdauersport entstehen, auf ein Vorkommen beim Distanzpferd zu untersuchen. Dabei wird diskutiert, ob ein beim humanen Ausdauersportler vorkommendes Phänomen der Herzmuskelermüdung (die sogenannte „exercise induced cardiac fatigue“) auch bei leistungsschwachen Distanzpferden eine Rolle spielt. Fälle sind selten. Vor allem bei der „Königsdisziplin“ – 160 km – kommt es zu einer vermehrten Anzahl an Ausfällen von Pferden durch metabolische Probleme, obwohl die Pferde entsprechend vorbereitet und auch während des Rittes versorgt (z.B. gekühlt) werden (Abb. 1). Diese machen sich durch zu hohe Herzfrequenzen in der tierärztlichen Verfassungskontrolle, durch Dehydratation und durch verminderte Darmgeräusche bemerkbar. In wie fern die Herzmuskelermüdung dabei eine Rolle spielt ist noch nicht abschließend geklärt. Neben metabolischen Problemen treten zunehmend auch muskulo-skelettale Erkrankungen beim Distanzpferd auf. Um die Pferde während des Rittes vor einer Überbelastung und den damit verbundenen Problemen zu schützen, werden in regelmäßigen Abständen tierärztliche Kontrollen zwecks weiterer Teilnahmefähigkeit durchgeführt. Trotz dieser Kontrollen gibt es einige Pferde, die nach Ausscheidung während eines Wettkampfes oder nachher tierärztlich betreut werden müssen.

Die Kenntnis über die physiologischen und pathophysiologischen Abläufe während und nach einem Distanzritt, sowie die Kenntnisse über die durch die Ausdauerbelastung eines Distanzrittes entstandenen Veränderungen am Herz-Kreislauf-System (z.B. Herzmuskelermüdung) erleichtert es dem Tierarzt, Überbelastung der Pferde in einem möglichst frühen Stadium zu erkennen und somit einer Erschöpfung und der damit verbundenen orthopädischen und metabolischen Probleme vorzubeugen.

Reglement und Abläufe während eines Distanzrittes

Distanzritte sind laut dem Verein deutscher Distanzreiter- und Fahrer e.V. (VDD) „Ausdauerprüfungen für Pferde auf einer Geländestrecke von bestimmter Länge...“ (VDD, 2019). Die *Fédération Equestre Internationale* (FEI) – die internationale Dachorganisation des Pferdesports – ist die Kontrollinstanz für internationale Distanzritte. Sie beschreibt in ihren Regeln zu Veranstaltungen des Distanzsportes diese Disziplin als einen Test für den Teilnehmer, die Ausdauerfähigkeit und Fitness seines Pferdes über eine Ausdauerstrecke gegen das Geläuf, die Distanz, das Klima, das Gelände und die Uhr sicher zu bewältigen ohne das Wohlergehen des Pferdes zu gefährden (*Fédération Equestre Internationale* 2020).

Die Streckenlängen liegen im nationalen Bereich zwischen 25 und 162 km, die an einem Tag zurückgelegt werden müssen



Abb. 1 Kühlen des Pferdes während des Distanzrittes (Fotograf: Magdalena Jabłońska). | Cooling during the endurance ride (Photograph: Magdalena Jabłońska).

(Tabelle 1). Die zurückzulegenden Strecken sind dabei in ähnlich lange Abschnitte/Schleifen (Englisch „loops“) eingeteilt, die bis zu 40 km lang sein können (Younes et al. 2015). Auf



Abb. 2 Tierärztliche Kontrolle der Muskulatur im Rahmen des Vet Check vor dem Distanzritt (Fotograf: Magdalena Jabłońska). | Examination of back muscles during Vet Check (Photograph: Magdalena Jabłońska)



Abb. 3 Tierärztliche Kontrolle des Herz-/Kreislaufapparates im Rahmen des Vet Check vor dem Distanzritt. (Fotograf: Magdalena Jabłońska). | Heart examination during vet check. (Photograph: Magdalena Jabłońska).

Tab. 1 Einteilung der Rittlängen von Eintageswettkämpfen sowie Anzahl der mindestens vorgeschriebenen Verfassungskontrollen zwischen den Loops national (Deutschland, VDD, 2019). | Riding distances and numbers of vet checks during national endurance rides (Germany, VDD, 2019).

Rittlänge	Bezeichnung	Mindestanzahl an Verfassungskontrollen
25–40 km	Einführungsrith (ER)	1
41–60 km	kurzer Distanzritt (KDR)	1
61–80 km	mittlerer Distanzritt (MDR)	2
81–162 km	langer Distanzritt (LDR)	3
	81–120 km	3
	> 120 km	4

nationaler Ebene werden auf Strecken von kurzer und mittlerer Distanz Pferde und Ponys aller Rassen geritten. Bei internationalen Ritten findet man vor allem Araber und Kreuzungen aus Arabern, die aufgrund ihrer Züchtung auf Ausdauerfähigkeit besonders für den Distanzsport geeignet sind (Nagy et al. 2012).

Um sicher zu stellen, dass die teilnehmenden Pferde körperlich und gesundheitlich in der Lage sind die geplante Strecke zurückzulegen, erfolgt vor jedem Ritt eine Voruntersuchung durch einen pferde- oder distanzwettbewerbserfahrenen Tierarzt (Abb. 2, 3). Die Untersuchung beinhaltet eine vollständige klinische Untersuchung inklusive Vortraben des Pferdes an der Hand. Besonderen Wert wird neben einer anstandslosen Herz-Kreislaufuntersuchung, auf ein reguläres Gangbild gelegt (VDD, 2019). Des Weiteren müssen die Pferde zwischen jeder Loop in sogenannten Vet-Checks/Vet Gates tierärztlich untersucht werden, um auf dem nächsten Loop starten zu dürfen. Die Anzahl der Zwischenuntersuchungen pro Wettkampf richtet sich dabei nach der zurückzulegenden Strecke (Tabelle 1). Durch die Verfassungskontrollen während des Rittes soll sichergestellt werden, dass die Pferde, die noch vor ihnen liegende Strecke ohne körperlichen Schaden zurücklegen können (VDD, 2019). Der Untersuchungsumfang umfasst während der Vet-Checks die Messung der Pulsfrequenz, die Beurteilung der Herz-Kreislauf Funktionen und die Untersuchung des Dehydrationsstatus (Untersuchung der Farbe und Feuchtigkeit der Maulschleimhaut, der kapillären Rückfüllungszeit, Untersuchung des Hauturgors), sowie das Vortraben an der Hand zur Beurteilung des Gangbildes (VDD, 2019, Fédération Equestre Internationale 2020).

Verfassungskontrollen

Während eines Distanzrittes werden durchschnittliche Herzfrequenzen zwischen 120–160 Schlägen/Min. gemessen (Holbrook 2020). Die Herzfrequenz muss jedoch vor jeder Verfassungskontrolle auf einen vorher festgelegten maximalen Höchstwert (meist 64 Schlägen/Min.) abgefallen sein (VDD, 2019, Fédération Equestre Internationale 2020). Der Zeitraum bis zum Erreichen der Höchstherzfrequenz wird zur Gesamtzeit gezählt (VDD, 2019). Ein schnelle Erholungszeit (Zeit bis zum Erreichen der geforderten Höchstherzfrequenz) ist für den Erfolg des Pferd-Reiter-Paares daher maßgebend (Younes et al. 2015).

Nach dem Zieleinlauf findet eine letzte tierärztliche Untersuchung statt. Bei dieser erfolgen die gleichen Untersuchungen, die zuvor bei den Vet-Checks durchgeführt wurden (Abb. 2, 3). Erst wenn die abschließende Untersuchung ohne größere Beanstandungen erfolgt ist, ist der Ritt erfolgreich beendet. Das Pferd soll in der Lage sein weitere ca. 20 km zu laufen ohne dabei Schaden oder Schmerzen zu erleiden. Das entspricht der Definition von „fit to continue“ (VDD, 2019).

Treten während des Rittes oder bei den tierärztlichen Verfassungskontrollen Beanstandungen auf, können betroffene Pferde aufgrund dessen vom Rennen ausgeschlossen werden. Es gibt drei verschiedene Kategorien, in die Pferde mit abweichenden Befunden während der Untersuchungen eingeteilt werden. Eine Unregelmäßigkeit im Gangbild führt zum Aus-

scheiden des Pferdes („fail to qualify - irregular gait“, FTQ-GA) (*Fédération Equestre Internationale* 2020). Mit einem Anteil von 59–65% der ausgeschiedenen Pferde sind Gangunregelmäßigkeiten der häufigste Grund für das Ausscheiden von Pferden während eines Distanzrittes (Nagy et al. 2014, Younes et al. 2015).

Alle stark abweichenden Befunde des Herz-Kreislauf Apparates, das Nichterreichen der vorgegebenen Herzfrequenz innerhalb von 20 Minuten (national) oder 15 Minuten (international) in einem Vet-Check, stark verminderte Darmgeräusche, Anzeichen von starker Dehydratation oder der subjektive Eindruck von Erschöpfung führen zum Ausscheiden des Pferdes aus metabolischen Gründen („fail to qualify - metabolic“, FTQ-ME) (VDD, 2019, *Fédération Equestre Internationale* 2020). Diese sind mit einem Anteil von 15–17% der ausgeschiedenen Pferde der zweithäufigste Grund für ein vorzeitiges Beenden des Distanzrittes (Nagy et al. 2014, Younes et al. 2015). Unter einem dritten Punkt werden andere Gründe für das Ausscheiden zusammengefasst (Younes et al. 2015). Hierzu gehören Läsionen durch das Gebiss oder den Sattel, Verletzungen und Wunden (Bennet und Parkin 2018).

Es ist auch möglich, dass ein Reiter den Ritt freiwillig vorzeitig beendet oder, dass Reiter aufgrund von Regelverstößen wie unfaire Verhalten gegenüber anderen Reitern oder Pferden disqualifiziert werden (Nagy et al. 2014, VDD 2019). Die Gründe des Ausscheidens unterscheiden sich in ihrem Anteil durch das Klima, das Alter des Pferdes, die Streckenlänge, das Geschlecht des Reiters und die durchschnittliche Geschwindigkeit des Pferdes während des Rennens (Bennet und Parkin 2018). Pferde, die aufgrund von Gangunregelmäßigkeiten ausgeschieden waren, waren meistens > 9 Jahre alte Wallache, hatten männliche Reiter und es waren Distanzritte in Klimazonen Nord- und Osteuropas (dort z.B. mehr als 61 teilnehmende Pferde, Bennet und Parkin 2018). Faktoren, die verstärkt mit einem metabolischen Ausscheiden korrelierten waren Ritte in Klimazonen Nordafrikas und des mittleren Ostens, eine Rittlänge von mehr als 100 km und mit einem männlichen Reiter. Insgesamt beträgt bei internationalen Rennen die durchschnittliche Rate an Ausscheidern je nach Studie zwischen 39% und 51,4% aller teilnehmenden Pferde (Younes et al. 2015).

Nach dem Beenden des Rittes beginnt eine vorgeschriebene Rittsperre-Zeit (mandatory rest period/mandatory out of competition period – MOOCP), in der das Pferd nicht an weiteren Distanzritten teilnehmen darf (Tabelle 2) (VDD, 2019, *Fédération Equestre Internationale* 2020). Diese Rittsperre-Zeit dient zum Schutz vor Überbelastung der Pferde durch häufige Teilnahme an Distanzwettbewerben innerhalb einer zu kurzen Zeitperiode. Bei internationalen Wettbewerben der FEI gilt diese MOOCP sowohl für Pferde, die erfolgreich den Ritt beendet haben als auch für Pferde, die aufgrund von Gang oder metabolischen Problemen aus dem Wettkampf ausgeschieden sind. Die Pausenzeit zwischen zwei Rennen ist nach FEI-Regularen für die ausgeschiedenen Pferde je nach Grund länger als für Pferde, die den Distanzritt erfolgreich beendet haben. Einen Einfluss auf die Zeit zwischen zwei Ritten hat ebenfalls die Streckenlänge des Distanzrittes. Muss ein Pferd nach dem Ausscheiden mittels Injektionen oder Infusionen behandelt werden („invasive Behandlung“), wird die MOOCP ebenfalls verlängert (*Fédération Equestre Internationale* 2020). Die na-

tionalen Regeln in Deutschland sind weniger streng. Es gibt nur für ausgeschiedene Pferde sowie für junge Pferde im Alter von fünf bis sechs Jahren eine Sperrfrist zwischen zwei Distanzritten (VDD, 2019). Dabei hat die Länge der MOOCP zwischen den Rennen nach einer retrospektiven Studie von Bennet und Parkin (2019) einen statistisch signifikanten Einfluss auf das Ergebnis des folgenden Rennens. Mit steigender Anzahl der Tage zwischen den Ritten, sinkt die Wahrscheinlichkeit beim folgenden Ritt auszuschneiden. Durch die Zeit zwischen den Rennen wird dem Bewegungsapparat und dem Stoffwechsel der Pferde genug Möglichkeit gegeben, sich entsprechend zu regenerieren und daraufhin erfolgreich beim nächsten Ritt zu starten. Bennet und Parkin (2018) sehen in diesem Punkt aber weiterhin Verbesserungsmöglichkeiten für das Wohlergehen der Pferde. Dazu würden generell längere oder an die zurückgelegte Geschwindigkeit gekoppelte MOOCPs zwischen den Ritten zählen. Auch Nagy et al. (2014) empfehlen nach ihrer Studie mindestens einen Zeitabstand von 90 Tagen zwischen zwei Ritten, um die Gefahr des Ausscheidens aufgrund von Lahmheit zu reduzieren.

Besondere Leistungsanforderungen an Distanzsportpferde

Pferde besitzen durch verschiedene angeborene physiologische Eigenschaften eine besondere Leistungsfähigkeit für Ausdauerbelastungen (Votion et al. 2012). Die physiologischen und anatomischen Besonderheiten sorgen zum größten Teil

Tab. 2 MOOCPs im Vergleich zwischen deutscher Regelung des VDD und internationalen Regeln der FEI (VDD, 2019, *Fédération Equestre Internationale*, 2020). | Differences between German MOOCPs (VDD) and international rules of the FEI (VDD, 2019, *Fédération Equestre Internationale*, 2020).

	Dauer MOOCP [Tage]	Bedingung
VDD	15	alle nicht qualifizierten Pferde
	5	alle 5-jährigen zwischen ER
	5	alle 6-jährigen zwischen KDR
FEI	5	alle Pferde nach 0–54 km
	12	alle Pferde nach 55–106 km
	19	alle Pferde nach 107–126 km
	26	alle Pferde nach 127–146 km
	33	alle Pferde nach > 146 km
	zusätzlich 7	durchschnittlich > 20 km/h bei einer Loop
	zusätzlich 14	FTQ-GA (1. Vorfall) oder FTQ-ME (2. Vorfall)
	zusätzlich 21	FTQ-GA (2. Vorfall)
zusätzlich 60	FTQ-ME (3 oder mehr Vorfälle) oder schwerer metabolischer Vorfall	
zusätzlich 180	FTQ-GA (3 oder mehr Vorfälle) oder schwere muskuloskeletale Verletzung	

MOOCP = mandatory out of competition period; ER = Einführungsritt; FTQ-GA = fail to qualify – irregular gait/Ausscheidung aufgrund von Gangunregelmäßigkeiten; FTQ-ME = fail to qualify – metabolic/Ausscheidung aufgrund metabolischer Gründe; KDR = kurzer Distanzritt

durch verschiedene Mechanismen für einen besseren Sauerstofftransport in das Gewebe und die Organe. Zudem wird für einen besseren Abtransport von Stoffwechselmetaboliten gesorgt, sodass Pferde durch diese Optimierungen eine besonders gute aerobe Leistungsfähigkeit haben (von Engelhardt 2015). Pferde können unter Belastung eine maximale Herzfrequenz von 210–240 Schlägen/Min. erreichen und sie können ihre Ruheherzfrequenz um den Faktor zehn erhöhen (Vincent et al. 2006). Dabei kommt es bei hohen Herzfrequenzen nur zu einer sehr kurz andauernden Versorgung des Myokards mit sauerstoffreichem Blut, da die Versorgung des Herzmuskels zum großen Teil nur in der Diastole über die Herzkranzgefäße (Arteriae coronales) erfolgt. Diese dauert während einer hohen Herzfrequenz von 240 Schlägen/Min. nur 60 Millisekunden an. Eine andauernde stark erhöhte Herzfrequenz geht daher zu Lasten der Versorgung des Myokards mit Sauerstoff (von Engelhardt 2015). Dieser Faktor könnte bei der zunehmenden Geschwindigkeit der Distanzritte eine Rolle spielen, da die Herzfrequenz während Belastungen mit steigender Geschwindigkeit linear zunimmt (Madsen et al. 2014). Nach Belastungen spielt die Zeit bis zum Erreichen der Ruheherzfrequenz, die sogenannte Herzfrequenzerholungszeit (cardiac recovery time – CRT), bei Distanzpferden eine entscheidende Rolle für den Erfolg bei Wettkämpfen. Sie kann als ein Parameter verwendet werden um einzuschätzen, ob das Pferd-Reiter Paar die folgenden Loops erfolgreich zurücklegen können. Pferde mit einer längeren CRT zwischen den Runden haben eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit das Rennen nicht erfolgreich zu beenden (Younes et al. 2015). Bei humanen Athleten wurde ein schnelleres Erreichen der Ruheherzfrequenz ermittelt, wenn sie sehr gut trainiert waren (Hagberg et al. 1980).

Eine weitere Anpassung des Herz-Kreislaufapparates von Pferden stellt ihre Herzgröße dar. Je größer das Herz im Verhältnis zum Körper ist, desto mehr Blutvolumen kann bei einem Herzschlag über die abführenden Gefäße in den Körper transportiert werden, was wiederum zu einer besseren Sauerstoffversorgung der Organe und der Muskulatur führt (Poole 2003). Young et al. (2002) fanden einen Zusammenhang zwischen der Herzgröße und der maximalen Sauerstoffaufnahmekapazität bei Rennpferden. Mit steigender Größe der Herzens konnte eine Zunahme der Sauerstoffaufnahme beobachtet werden. Eine Steigerung der Herzgröße ist durch Training möglich. Dies wurde von Gehlen und Schlaga (2019) in einer Studie mit Rennpferden nachgewiesen. Auch Sleeper et al. (2014) wiesen eine signifikant größere linksventrikuläre Größe bei Elitedistanzpferden im Vergleich zu weniger erfolgreichen Tieren nach. Allerdings kann diese Anpassung der Herzgröße auch zu Problemen führen, da es zu einer Hypertrophie der Herzmuskulatur kommen kann (Maron et al. 1980, Young 1999). Die Verdickung der Herzmuskulatur kann wiederum beim Pferd zu einer Prädisposition für Klappeninsuffizienzen mit nachfolgender Entwicklung von belastungsinduzierten Arrhythmien führen (Allen et al. 2016). Auch Distanzpferde zeigten in einer Studie zur belastungsinduzierten Herzhypertrophie zum großen Teil dopplersonographische milde Klappeninsuffizienzen. Ein Pferd dieser Studie zeigte bereits klinisch relevante ventrikuläre Arrhythmien (Sleeper et al. 2014).

Neben den Anpassungen des Herz-Kreislaufapparates ermöglichen physiologische Veränderungen der Muskulatur

Pferden eine besonders gute Ausdauerleistung. Die für Distanzritte bevorzugt verwendeten Araber besitzen zusätzlich im Vergleich zu anderen Pferderassen einen höheren Anteil an Typ I Muskelfasern. Dieser Typ von Muskelfaser kontrahiert langsamer und ist fähig zum großen Teil Energie aus dem aeroben Stoffwechsel zu gewinnen. Diese Pferde haben durch die vermehrte Anzahl an Typ I Muskelfasern eine verbesserte Ausdauerleistung (López-Rivero et al. 1989).

Die für einen Distanzritt benötigte Energie wird bevorzugt aus dem aeroben Stoffwechsel von Glykogen und Fettsäuren gewonnen (Robert 2013). Bei Distanzpferden liegt der Anteil der auf aerobem Weg gewonnenen Energie bei 94% (von Engelhardt 2015). Aufgrund der größtenteils aeroben Energiegewinnung fällt bei Distanzpferden meistens nur eine geringe Menge an Laktat an. Dadurch entwickelt auch nur ein sehr geringer Teil der Pferde eine metabolische Azidose (Le Moyec et al. 2019, Flaminio et al. 1996). Häufiger entsteht hingegen eine metabolische Alkalose, die zusätzlich durch eine erhöhte Atemfrequenz und damit einhergehender vermehrter Abatmung von Kohlenstoffdioxid eine respiratorische Komponente haben kann (Foreman 1998). Der größte Teil (75–80%) der vom Muskel umgesetzten Energie wird während des Rittes als Wärme freigesetzt (Feldman 1994). Zur Kühlung produziert der Körper eine große Menge an Schweiß. Bei Distanzritten mit einer Länge von 80 km wurde eine Schweißproduktion für ein Pferd mit 500 kg Lebendmasse von 37 Liter berechnet (circa 7–8 Liter Schweiß pro Stunde) (McCutcheon und Geor 1996). Trotz eines höheren Elektrolytverlustes bei der Absonderung von Schweiß bei Pferden im Vergleich zum Menschen führt Schwitzen nicht zu einer Veränderung der Osmolarität des Blutes (von Engelhardt 2015). Die Aufnahme von Elektrolyten und Wasser nach oder während dem Rennen ist unabhängig davon für die Funktionalität der Muskulatur, sowie für den Ausgleich von Dehydration essentiell (Duren 1998).

Erkrankungen des muskuloskelettalen Systems beim Distanzpferd

Obwohl der häufigste Grund für das Ausscheiden bei einem Distanzritt eine auftretende Gangunregelmäßigkeit (Lahmheit) ist, wird selten eine vollständige Diagnose der Ursache gestellt (Nagy et al. 2010, Robert 2013). Die meisten Gangunregelmäßigkeiten erfordern keine weiterführende Untersuchung, da sie in den folgenden Tagen nach dem Ritt verschwinden (Robert 2013). Trotzdem gibt es Erkrankungen des Bewegungsapparates, welche gehäuft auftreten und weiterführende Untersuchungen und Behandlungen erfordern (Tab. 3).

Grundsätzlich kann man die Ursachen von auftretenden Gangunregelmäßigkeiten während Distanzritten in drei Untergruppen aufteilen. Zur ersten Gruppe kann man Gangunregelmäßigkeiten durch Sehnen- und Bändererkrankungen zählen. Darunter fallen Veränderungen des Fesseltrageapparates. Eine Entzündung des Fesselträgers (Musculus interosseus medius) kommt am häufigsten vor. Beim Distanzpferd treten diese vorwiegend an den proximalen Abschnitten, sowie an den Fesselträgerschenkeln des M. interosseus medius auf. Meistens sind die Vordergliedmaßen betroffen (Robert 2013). Als weitere häufige Lahmheitsursache treten Tendini-

tiden der oberflächlichen Beugesehne (superficial digital flexor tendinitis – SDFT) auf. Diese kommen ebenfalls häufiger an den Vordergliedmaßen vor. Beide Erkrankungen können nicht nur während des Rennens, sondern auch nach harten Trainingsritten auftreten. Zu den Symptomen zählen Lahmheit, Schwellungen im Bereich des palmaren oder plantaren Röhrens und eine Schmerzhaftigkeit in diesem Bereich (Misheff 2011).

Zum zweiten Ursachenkomplex von Gangunregelmäßigkeiten bei Distanzpferden gehören Erkrankungen der Muskulatur. Die am häufigsten auftretenden muskulären Gründe für eine Lahmheit bei Distanzpferden sind Schmerzen im Bereich der Rücken-oder Glutealmuskeln. Häufig kommen diese im Rückenbereich durch unpassende Sättel oder schlecht bzw. falsch sitzende Reiter zustande (Robert 2013). Die betroffenen Pferde zeigen in den meisten Fällen keine vollständige Lahmheit, sondern ein steifes Gangbild mit verkürzten Schritten (Misheff 2011). Unregelmäßigkeiten der Hinterhand sind oft schwieriger zu erkennen als die der Vorderhand. Ein Pferd kann auch ein diagonales Gangproblem haben z. B. VL/HR (LF/RH).

Zur dritten Gruppe kann man pathologische Veränderungen der Gelenke, Knochen und Hufe zählen. Dabei sind die Ursachen für Gelenkerkrankungen oder -verletzungen weitrei-

chend. Eine große Anzahl der Distanzpferde mit Lahmheiten ist an chronischen Osteoarthritis der Fessel- und Sprunggelenke erkrankt. Häufig sind die Läsionen bilateral auftretend

Tab. 3 Orthopädische Erkrankungen und Erkrankungsursachen beim Distanzferd. | *Orthopaedic diseases in endurance horses.*

Sehnenprobleme (akut und chronisch)	Fesselträger, Oberflächliche Beugesehne, Tiefe Beugesehne, Fesselringband-Syndrom
Weichteilverletzungen	Prellungen, Zerrungen, Wunden, Fesselbeugeneckzeme
Knochenprobleme	Frakturen, Knochenhautentzündung
Gelenke (akut und chronisch)	Wunden, Dislokationen/Distorsionen; Arthrosen am Fesselkopf, Hufgelenk, Schale, Tarsalgelenk
Rücken inkl. ISG	Kissing Spines Schlecht sitzende Sattel Sattel und Gurtdruck Schief sitzender Reiter belastet Vorderhand und Rücken

Tab. 4 Metabolische Erkrankungen und Erkrankungsursachen beim Distanzferd. | *Metabolic diseases in endurance horses.*

Herz	HF zu hoch (>64 innerhalb 15 (international) oder 20 (national) Minuten)	
	Verlängerte Erholungszeit (Hear Rate Recovery/HRR)	
	Heart Rate Recovery Index (HRR) z. B > 8–12 Schläge/min.	
	Arrhythmien die erst da sind bei Anzeichen von Kolik/Dehydration/Erschöpfung	
	Herzgeräusche (bei Voruntersuchung oder Vet check)	
Kreuzerschlag	leichte Symptome	steifer Gang, Urin normal
	mittelschwere Symptome	irregulärer Gang hinten, normal bis dunkler Urin
	schwere Symptome	starker irregulärer Gang, Muskulatur fest, schmerzhaft ggf. geschwollen (Foto); Urin "Coca Cola" farbig (Abb. 5)
	gravierende Symptome	Festliegen
Exsikkose/ Dehydration	Hautfalte steht, Augen-, Nasen- und Maulschleimhäute trocken/pappig, KFZ verlängert, Durchfall	
Erschöpfung	Apathisch, Schmerzgesicht, keine Darmgeräusche	
Kolik	Darm nicht gut durchgeblutet -> verminderte Peristaltik -> Ileus	
	Obstipation	
	Magenzulera	
	nicht genug Rohfaser (Heu) im Darm, kein Wasserspeicher-Effekt -> Dehydration	
	zu viel Leerraum -> Nieren/Milzband Verlagerung (kommt relativ häufig vor)	
	Durchfall	
	Veränderung der Darmflora -> Toxin Produktion	
Hufrehe	mechanisch durch harten Boden	
	metabolisch – Symptome erst später sichtbar	

mit einer schwerer betroffenen Seite. Nicht immer führen diese Erkrankungen zum Ausscheiden aus dem Rennen, da Gangbildabweichungen nach dem Rennen oder nur intermittierend während des Trainings auftreten können (Robert 2013).

Neben Gelenkserkrankungen können auch pathologische Veränderungen der Hufe zu Gangunregelmäßigkeiten bei Distanzpfeden führen (Misheff 2011). Dabei spielen vor allem Quetschungen der Hufsohle durch weit zurückgelegte Strecken auf hartem Boden eine große Rolle (Flaminio et al. 1996). Die betroffenen Pferde zeigen einen verkürzten Gang und reagieren auf Druck am Sohlenrand des Hufes mittels Hufzange schmerzhaft (Misheff 2011).

In einer steigenden Anzahl von Fällen werden in den letzten Jahren Frakturen bei Distanzpfeden diagnostiziert. Dabei wird von einigen Autoren die zunehmende Geschwindigkeit der Ritte als Ursache angenommen (Misheff et al. 2010, Rajao et al. 2019). Die Frakturen entstehen aufgrund der stei-

genden mechanischen Belastungen auf das Knochensystem. Die daraus resultierenden Mikroläsionen können im Verlauf der ansteigenden Belastungen zu Frakturen führen. Die am häufigsten durch Stressfrakturen betroffenen Regionen sind der laterale Kondylus des Röhrens, sowie Frakturen des Fesselbeins, wie sie auch bei Rennpfeden gesehen werden. Eine Besonderheit der Distanzpfede stellen bilaterale Frakturen der Vordergliedmaße dar (Misheff et al. 2010).

Metabolische Erkrankungen bei Distanzpfeden

Durch die Belastung während eines Distanzrittes kann es zu einer Vielzahl von metabolischen Veränderungen kommen (Tab. 4). Auch wenn diese einen geringeren Teil der ausgeschiedenen Pferde ausmachen stellen sie doch häufig schwerwiegende Probleme dar (Fielding et al. 2009, Nagy et al. 2014, Younes et al. 2015). Der Anteil an metabolisch ausgeschiedenen Pferden ist in warmem und feuchtem Klima erhöht (Nagy et al. 2012). Dies beginnt schon ab einer Temperatur von 22 Grad Celsius (Langlois und Robert 2008). Metabolische Probleme treten vermehrt auf, wenn die Pferde nicht ausreichend aufgewärmt wurden oder wenn die Temperatur früh morgens kalt ist (persönl. Mitteilung J. Mallison 2020).

Als eine der am häufigsten metabolischen Störungen während eines Distanzrittes treten Koliksymptome auf. Sie sind die Ursache bei 20–40% der metabolisch ausgeschiedenen Pferde für das vorzeitige Beenden des Rittes (Langlois und Robert 2008, Fielding et al. 2009). Ursächlich für die Symptome können neben einem funktionellen Ileus auch Ulzerationen der Magenschleimhaut oder Obstipationen sein (Nieto et al. 2004, Fielding und Dechant 2012). Eine Rolle bei der Pathophysiologie spielt eine reduzierte Blutversorgung des Gastrointestinaltraktes zu Gunsten der Versorgung der Skelettmuskulatur während Belastung, Dehydration, sowie Veränderungen des Elektrolythaushaltes (Fielding und Dechant 2012). Trotz der relativ hohen Prävalenz ist die Prognose der behandelten Pferde auch ohne chirurgisches Eingreifen in den meisten Fällen gut (Fielding und Dechant 2012).

Ein weiteres häufig vorkommendes metabolisches Problem stellt die belastungsinduzierte Rhabdomyolyse/Kreuzverschlag (engl. exertional rhabdomyolysis) dar. In einer Studie geben 12% der Besitzer von Distanzpfeden an, dass ihr Pferd bereits Symptome einer Rhabdomyolyse zeigte (Wilberger et al. 2015). Die Symptome der betroffenen Pferde erstrecken sich von Muskelsteifheit, Schmerzhaftigkeit und Schwellung der Muskulatur (Abb. 4), Zittern und ggf. dunkle Verfärbung des Urins (Abb. 5) (Robert 2013, Wilberger et al. 2015). Die Verfärbung des Urins entsteht bei der Rhabdomyolyse durch das Freiwerden von Myoglobin aus nekrotischem Skelettmuskel, das dann über den Urin ausgeschieden wird (Wilberger et al. 2015). In Laboruntersuchungen kann eine deutlich erhöhte Kreatinkinase (CK) sowie eine Erhöhung der Aspartat-Transaminase (AST) festgestellt werden (Valberg 2006). Die CK Erhöhung muss dabei nicht mit der Schwere der Symptomatik einhergehen. Manche Pferde zeigen eine schwere Symptomatik ohne eine deutliche CK Erhöhung. Umgekehrt gibt es auch betroffene Tiere, die trotz einer deutlichen Erhöhung der Kreatinkinase keinerlei Symptomatik einer Rhabdomyolyse zeigen (Wilber-



Abb. 4a,b Pferd mit stark schmerzhafter und lokal geschwollener Muskulatur der rechten Hintergliedmaße nach einem Distanzritt (Fotograf: J. Mallison). | Horse with painful and swollen right hindlimb muscles during an endurance ride (Photograph: J. Mallison).

ger et al. 2015). Verschiedene Studien sehen in der starken Belastung durch einen Distanzritt mit folgender Dehydratation oder anderen metabolischen Veränderungen die Hauptursache, durch die eine Rhadomyolyse und dazugehörige Folgen an Schwere zunehmen (Schott et al. 2006, Fielding et al. 2009). Bei Arabern wird als zusätzliche Ursache eine Polysaccharid-Speichererkrankung des Muskels (PSSM Typ II) diskutiert (Valberg et al. 2016).

Leistungsinduziertes Lungenbluten (engl. exercise-induced pulmonary hemorrhage = EIPH) ist ein Phänomen, das vor allem bei Rennpferden häufig auftritt (Pascoe et al. 1981). Dieses Problem ist bei Distanzpferden in Europa aber eher selten. In den letzten Jahren nahm allerdings auch bei Distanzpferden die Prävalenz von Lungenblutungen zu. Bei nahezu der Hälfte der in einer Studie untersuchten Distanzpferde wurde EIPH nach einem Rennen nachgewiesen (Tarancon et al. 2019). EIPH entsteht vermutlich durch einen „stress failure“ der Lungenkapillaren in Kombination mit einem erhöhten Herzminutenvolumen mit fehlender Dilatation der Pulmonalarterien und gesteigerter Blutviskosität durch Belastung. Das erzeugt einen erhöhten Druck in den Lungenkapillaren, der schlussendlich zum Übertritt von Erythrozyten und Blutplasma in die Alveolen führt (West et al. 1993). Pferde sind für das EIPH aufgrund ihrer hohen aeroben Leistungsfähigkeit prädisponiert (West et al. 1993). Tarancon et al. (2019) sehen einen Zusammenhang zwischen erhöhter Prävalenz von EIPH bei Distanzpferden und der in den letzten Jahren stark gestiegenen Geschwindigkeit bei Distanzritten. Bei Rennpferden ist ein Zusammenhang zwischen der Schwere des EIPH und dem Ergebnis einzelner Rennen sowie ein Zusammenhang zwischen der Dauer der gesamten Rennkarriere nachgewiesen worden. Schwerer von EIPH betroffene Tiere zeigen in einzelnen Rennen eine schlechtere Leistung (Crispe et al. 2017). Insgesamt ist die Rennkarriere eines schwer betroffenen Pferdes signifikant kürzer als bei nur mild oder nicht betroffenen Tieren (Sullivan

et al. 2015). Im Distanzsport konnte noch kein Einfluss von EIPH auf die Leistung der Pferde festgestellt werden (Tarancon et al. 2019).

Neben den genannten metabolischen Veränderungen tritt beim Distanzpferd häufig auch ein synchrones Zwerchfellflattern (engl. synchronous diaphragmatic flutter – SDF) auf (Fielding et al. 2009). SDF stellt eine zum Herzschlag synchrone Bewegung des Zwerchfells dar (Dwyer und Thompson 1985). Die Prävalenz bei Distanzpferden liegt bei circa 10% der gestarteten Pferde (Al-Qudah und Al-Majali 2008, Fielding et al. 2009). Ursächlich für das SDF ist eine erhöhte Erregbarkeit des Nervus phrenicus, welcher über die Herzbasis zum Zwerchfell verläuft und dieses innerviert. Bei SDF führt jede elektrische Erregung des Herzens zu einer Kontraktion des Diaphragmas. Betroffene Pferde zeigen eine einseitige oder beidseitige herzschragsynchrone Bewegung der Flan-



Abb. 5 Urin eines Pferdes nach Distanzritt und lokaler Myopathie (Pferde von Abb. 4, Fotograf: J. Mallison). | Urine of a horse with local myopathy after an endurance ride (Horse from Fig 4, Photograph: J. Mallison).

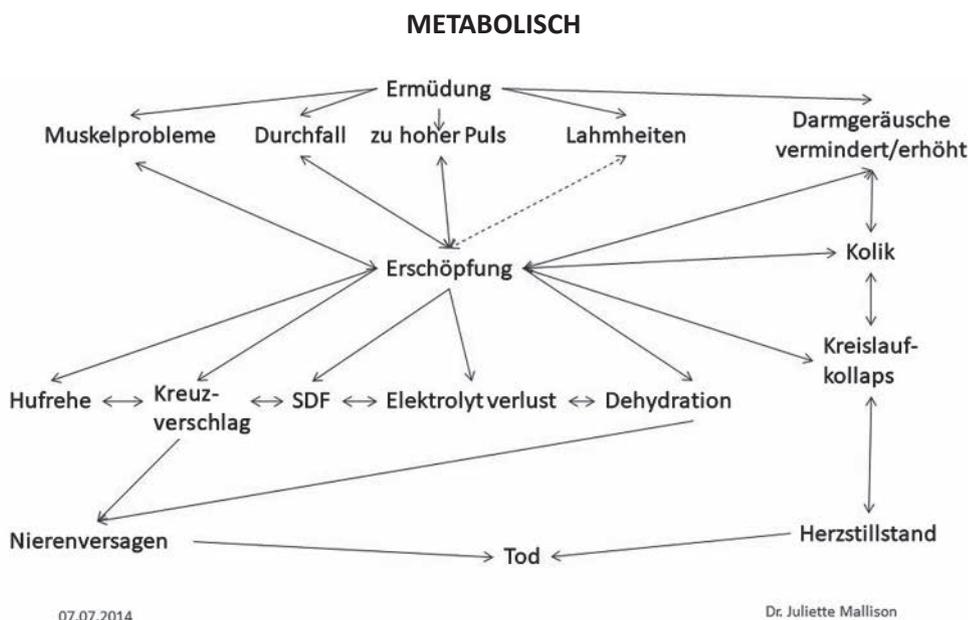


Abb. 6 Klinische Symptome von Ermüdung und Erschöpfung beim Distanzsportpferd (J. Mallison). | Clinical symptoms of fatigue and exhaustion during an endurance ride (J. Mallison).

ken (Dwyer und Thompson 1985). Die Übererregbarkeit des Nervus phrenicus ist eine Folge von Elektrolytverlust, ausgelöst durch das starke Schwitzen während eines Distanzrittes. Zusätzlich entwickeln viele Pferde während des Rittes eine metabolische Alkalose. Durch diese werden vermehrt Magnesium- und Calciumionen an durch einen Wasserstoffionenverlust freierwerdende negative Ladungen gebunden. Als Folge entsteht eine relative Hypocalcämie, durch die Natrium in die Nerven gelangen kann und so eine Instabilität der Depolarisation der Nerven erzeugt (Toribio 2011). Meistens tritt SDF erst nach Pausen auf, wenn Pferde Wasser ohne Elektrolytsubstitution zu sich nehmen und der vorhandene Elektrolytverlust durch das Ausschwemmen von Ionen verstärkt wird (Dwyer und < 1985). SDF selbst stellt keine schwerwiegende Erkrankung dar, ist aber ein Symptom eines starken Elektrolytungleichgewichts und Abweichungen des pH-Wertes, das bei Nichtbeachtung fatale Folgen haben kann (Robert 2013).

Nicht alle metabolischen Veränderungen während eines Distanzrittes zeigen sich durch Veränderungen wie Dehydration oder eine Tachykardie. Hufrehe zeigt sich zwar in Gangveränderungen, sehr häufig ist jedoch ein metabolisches Problem als Ursache zu finden. Klinische Symptome treten meist schon wenige Stunden nach der Belastung auf, können aber auch später auftreten (Robert 2013). Betroffene Pferde haben Schwierigkeiten auf allen vier Gliedmaßen zu stehen und schieben die Hintergliedmaßen weit unter den Körper (Robert 2013). Als Ursachen werden zum einen hohe Belastungen durch lange Strecken auf hartem Boden, zum anderen eine Kombination aus Dehydration, Endotoxämie und Mikrothromben in den distalen Gliedmaßen diskutiert (Misheff 2011).

Ein Symptomkomplex mit häufig schwerwiegenden Folgen ist das „Exhausted Horse Syndrom“ (EHS) – „Erschöpftes Pferd“. Circa 15 % der aus metabolischen Gründen ausgeschiedenen Pferde fallen unter diesen Oberbegriff (Langlois und Robert 2008). EHS ist ein vielschichtiger Begriff, dessen Symptome alle oben genannten metabolisch-pathologischen Veränderungen darstellen können (Abb. 6). Trotz Behandlung können Pferde an dessen Folgen versterben (Robert 2013).

Fazit für die Praxis

Bei allen metabolischen Veränderungen stellt die frühe Erkennung von Symptomen und Vermeidung von Problemen während der Vet-Checks eine wichtige Maßnahme zum Schutz der Pferde dar. Sollten Veränderungen festgestellt werden, ist eine schnelle Therapie mittels Flüssigkeits- und Elektrolytsubstitution, wenn notwendig auch intravenös, induziert um schwerwiegende Folgeschäden bis hin zum Tod der Pferde zu vermeiden (Robert 2013). Sollte bei einem Vet-Check nach einem Loop Zweifel bestehen, ob ein Pferd teilnahmefähig ist, ist es nach den nationalen und internationalen Regularien auch möglich, eine Neubewertung der Parameter vor dem Ende der Pause durchzuführen (RI/Reinspection) oder bei langen Ritten nach dem dritten Vet-Check für alle Pferde durchzuführen (Compulsory Reinspection/CRI (Fédération Equestre Internationale 2020).

Literatur

- Al-Qudah K. M., Al-Majali A. M. (2008) Higher Lipid Peroxidation Indices in Horses Eliminated from Endurance Race Because of Synchronous Diaphragmatic Flutter (Thumps). *J. Equine Vet. Sci.* 28, 573–578; DOI 10.1016/j.jevs.2008.08.007
- 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
- Bennet E. D., Parkin T. D. H. (2018) Federation Equestre Internationale endurance events: Risk factors for failure to qualify outcomes at the level of the horse, ride and rider (2010–2015). *Vet. J.* 236, 44–48; DOI 10.1016/j.tvjl.2018.04.011
- Bennet E. D., Parkin T. D. H. (2019) The impact of the mandatory rest period in Federation Equestre Internationale endurance events. *Equine Vet. J.* 52, 268–272; DOI 10.1111/evj.13148
- 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
- Duren S. (1998) Feeding the endurance horse. *World Equine Veterinary Review*, 3, 28–35; URL: <https://ker.com/wp-content/uploads/Feeding-the-Endurance-Horse.pdf>
- Dwyer R. M., Thompson L. S. (1985) *The Practical Diagnosis and Treatment of Metabolic Conditions in Endurance Horses*. Iowa State Univ Vet. 47, 15–21
- von Engelhardt W. (2015) *Physiologie der Haustiere*. 5. Auflage, Stuttgart: Enke Verlag - ISBN 9783830412687
- Fédération Equestre Internationale (FEI) (2020) Endurance Rules; URL <https://inside.fei.org/fei/disc/endurance/rules>.
- Feldman J. (1994) Principles of sport medicine for the endurance and eventing horse. *J. Equine Vet. Sci.* 14, 331–332; DOI 10.1016/S0737-0806(06)82072-1
- Fielding C. L., Magdesian K. G., Rhodes D. M., Meier C. A., Higgins J. C. (2009) Clinical and biochemical abnormalities in endurance horses eliminated from competition for medical complications and requiring emergency medical treatment: 30 cases (2005–2006). *J. Vet. Emerg. Crit. Care (San Antonio)*. 19, 473–478; DOI 10.1111/j.1476-4431.2009.00441.x
- Fielding C. L., Dechant J. E. (2012) Colic in competing endurance horses presenting to referral centres: 36 cases. *Equine Vet. J.* 44, 472–475; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00462.x
- Flaminio M. J., Gaughan E. M., Gillespie J. R. (1996) Exercise intolerance in endurance horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 12, 565–580; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30273-0
- Foreman J. H. (1998) The exhausted horse syndrome. *Vet. Clin Am Equine Pract.* 14, 205–219; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30220-1
- Gehlen H., Schlaga A. (2019) Echocardiographic Evaluation of Myocardial Function in Standardbreds During the First Year of Race Training. *J. Equine Vet. Sci.* 80, 40–48; DOI 10.1016/j.jevs.2019.07.001
- Hagberg J. M., Hickson R. C., Ehsani A. A., Holloszy J. O. (1980) Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exerc. Physiol.* 48, 218–224; DOI 10.1152/jappl.1980.48.2.218
- Holbrook T. C. (2020) The heart as a pump – why is this important?; URL <https://aerc.org/static/ENSept05Vet.aspx>
- Jones J. H., Lindstedt S. L. (1993) Limits to maximal performance. *Annu Rev Physiol.* 55, 547–569; DOI 10.1146/annurev.ph.55.030193.002555
- Langlois C., Robert C. (2008) Épidémiologie des troubles métaboliques chez les chevaux d'endurance. *Pratique Vétérinaire Équine*, 40, 51–60
- Le Moyec L., Robert C., Triba M. N., Bouchemal N., Mach N., Riviere J., Zalachas-Rebours E., Barrey E. (2019) A First Step Toward Unraveling the Energy Metabolism in Endurance Horses: Comparison of Plasma Nuclear Magnetic Resonance Metabolomic Profiles Before and After Different Endurance Race Distances. *Front Mol Biosci.* 6; DOI 10.3389/fmolb.2019.00045

- López-Rivero J. L., Agüera E., Monterde J. G., Rodríguez-Barbudo M. V., Miro F. (1989) Comparative study of muscle fiber type composition in the middle gluteal muscle of Andalusian, Thoroughbred and Arabian horses. *J. Equine Vet. Sci.* 9, 337–340; DOI 10.1111/j.2042-3306.1991.tb02727.x
- Madsen M., Kanters J., Buhl R. (2014) Heart Rate Recovery Time in Exercise Testing of Endurance Horses. In: Scientific Abstracts, International Conference on Equine Exercise Physiology; DOI 10.1111/evj.12267_19
- Maron B. J., Roberts W. C., McAllister H. A., Rosing D. R., Epstein S. E. (1980) Sudden death in young athletes. *Circulation* 62, 218–229; DOI 10.1161/01.cir.62.2.218
- McCutcheon L. J., Geor R. J. (1996) Sweat fluid and ion losses in horses during training and competition in cool vs. hot ambient conditions: implications for ion supplementation. *Equine Vet. J. Suppl.* 54–62; DOI 10.1111/j.2042-3306.1996.tb05032.x
- Misheff M. M., Alexander G. R., Hirst (2010) Management of fractures in endurance horses. *Equine Vet. Educ.* 22, 623–630; DOI 10.1111/j.2042-3292.2010.00150.x
- Misheff M. M. (2011) Lameness in Endurance Horses. In: Diagnosis and Management of Lameness in the Horse/Hrsg. Ross M. W. and Dyson S. J., 2. Auflage S. 1137–149, St. Louis: Elsevier Saunders - ISBN 978-1416060697
- Nagy A., Murray J. K., Dyson S. (2010) Elimination from elite endurance rides in nine countries: a preliminary study. *Equine Vet. J. Suppl.*, 637–643; DOI 10.1111/j.2042-3306.2010.00220.x
- Nagy A., Dyson S., Murray J. K. (2012) A veterinary review of endurance riding as an international competitive sport. *Vet. J.* 194, 288–293; DOI 10.1016/j.tvjl.2012.06.022
- Nagy A., Murray J. K., Dyson S., Dyson (2014) Horse-, rider-, venue- and environment-related risk factors for elimination from Federation Equestre Internationale endurance rides due to lameness and metabolic reasons. *Equine Vet. J.* 46, 294–299; DOI 10.1111/evj.12170
- Nieto J. E., Snyder J. R., Beldomenico P., Aleman M., Kerr J. W., Spier S. J. (2004) Prevalence of gastric ulcers in endurance horses – a preliminary report. *Vet. J.* 167, 33–37; DOI 10.1016/j.tvjl.2003.09.005
- Pascoe J. R., Ferraro G. L., Cannon J. H., Arthur R. M., Wheat J. D. (1981) Exercise-induced pulmonary hemorrhage in racing thoroughbreds: a preliminary study. *Am J. Vet. Res.* 42, 703–707
- Poole D. C. (2003) Current concepts of oxygen transport during exercise. *Equine Comp Exerc Physiol.* 1, 5–22; DOI 10.1079/ECEP20036
- Rajao M. D., Leite C. S., Nogueira K., Godoy R. F., Lima E. M. M. (2019) The bone response in endurance long distance horse. *Open Vet. J.* 9, 58–64; DOI 10.4314/ovj.v9i1.11
- Robert C. (2013) Veterinary aspects of training and racing endurance horses. In: *Equine Sports Medicine and Surgery/Hrsg.: Hinchcliff K. W., Kaneps A., Geor R.*, 2. Auflage, 1083–1109, Philadelphia: Saunders Ltd - ISBN - 978-0702047718
- Schott H. C., Marlin D. J., Geor R. J., Holbrook T. C., Deaton C. M., Vincent T., Dacre T., Schroter R. C., Jose-Cunilleras E., Cornelisse C. J. (2006) Changes in selected physiological and laboratory measurements in elite horses competing in a 160km endurance ride. *Equine Vet. J. Suppl.* 37–42; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05510.x
- Sleeper M. M., Durando M. M., Holbrook T. C., Payton M. E., Birks E. K. (2014) Comparison of echocardiographic measurements in elite and nonelite Arabian endurance horses. *Am J. Vet. Res.* 75, 893–898; DOI 10.2460/ajvr.75.10.893
- Snow D. H., Vogel C. J. (1987) *Equine Fitness: The Care and Training of the Athletic Horse*. 1. Ausgabe, David & Charles - ISBN 978-0715387337
- Sullivan S. L., Anderson G. A., Morley P. S., Hinchcliff K. W. (2015) Prospective study of the association between exercise-induced pulmonary haemorrhage and long-term performance in Thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J.* 47, 350–357; DOI 10.1111/evj.12263
- Tarancon I., Armengou L., Melendez-Lazo A., Pastor J., Rios J., Jose-Cunilleras E. (2019) Prevalence of exercise-induced pulmonary hemorrhage in competing endurance horses. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 255, 710–715; DOI 10.2460/javma.255.6.710
- Toribio R. E. (2011) Disorders of calcium and phosphate metabolism in horses. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 27, 129–147; DOI 10.1016/j.cveq.2010.12.010
- Valberg S. J. (2006) Exertional rhabdomyolysis. *American Association of Equine Practitioners: Proceedings*, 52, 365–372; URL <https://aaep.org/sites/default/files/issues/proceedings-06-proceedings-z9100106000365.PDF>
- Valberg S. J., McKenzie E. C., Eyrich L. V., Shivers J., Barnes N. E., Finno C. J. (2016) Suspected myofibrillar myopathy in Arabian horses with a history of exertional rhabdomyolysis. *Equine Vet. J.* 48, 548–556; DOI 10.1111/evj.12493
- VDD (2019) VDD-Reglement für Distanzreiten und -fahren (2019/2020; Stand 17.11.2019); URL https://vdd-aktuell.de/wp-content/uploads/VDD_Reglement_2019-neu-.pdf
- Vincent T. L., Newton J. R., Deaton C. M., Franklin S. H., Biddick T., McKeever K. H., McDonough P., Young L. E., Hodgson D. R., Marlin D. J. (2006) Retrospective study of predictive variables for maximal heart rate (HRmax) in horses undergoing strenuous treadmill exercise. *Equine Vet. J. Suppl.* 146–152; DOI 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05531.x
- Votion D. M., Gnaiger E., Lemieux H., Mouithys-Mickalad A., Sertejn D. (2012) Physical fitness and mitochondrial respiratory capacity in horse skeletal muscle. *PLoS One*, 7; DOI 10.1371/journal.pone.0034890
- West J. B., Mathieu-Costello O., Jones J. H., Birks E. K., Logemann R. B., Pascoe J. R., Tyler W. S. (1993) Stress failure of pulmonary capillaries in racehorses with exercise-induced pulmonary hemorrhage. *J. Appl. Physiol.* 75, 1097–1109; DOI 10.1152/jap-1993.75.3.1097
- Wilberger M. S., McKenzie E. C., Payton M. E., Riga J. D., Valberg S. J. (2015) Prevalence of exertional rhabdomyolysis in endurance horses in the Pacific Northwestern United States. *Equine Vet. J.* 47, 165–170; DOI 10.1111/evj.12255
- Younes M., Robert C., Barrey E., Cottin F. (2016) Effects of Age, Exercise Duration, and Test Conditions on Heart Rate Variability in Young Endurance Horses. *Front Physiol.* 7; DOI 10.3389/fphys.2016.00155
- Young L. E. (1999) Cardiac responses to training in 2-year-old thoroughbreds: an echocardiographic study. *Equine Vet. J. Suppl.*, 195–198; DOI 10.1111/j.2042-3306.1999.tb05217.x
- Young L. E., Marlin D. J., Deaton C., Brown-Feltner H., Roberts C. A., Wood J. L. (2002) Heart size estimated by echocardiography correlates with maximal oxygen uptake. *Equine Vet. J. Suppl.*, 467–471; DOI 10.1111/j.2042-3306.2002.tb05467.x