



Hitzestress bei Kutschpferden

Projektstudie im Auftrag des Dachverbandes Schweizer Tierschutz,
Juli 2023 in Interlaken, Schweiz

Autoren: Conny Herholz, Sonia Holzer und Jan Kocher

Zollikofen, 13.9.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund der Studie	3
2	Material und Methode	4
2.1	Betrieb und Pferde	4
2.2	Beurteilung der Hitzebelastung	5
2.3	Versuchsablauf	7
3	Resultate	8
3.1	Übersicht über die pro Pferd gefahrenen Strecken und Geschwindigkeiten	8
3.2	Allgemeinuntersuchung, Puls-Atmung-Temperatur (P-A-T-Werte)	9
3.3	Körpertemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes	11
3.4	Verhaltensbeobachtung allgemein und Trinkverhalten	14
4	Diskussion	15
4.1	Hintergrund zur Leistung und Energiebereitstellung beim Pferd	15
4.2	Pro Pferd gefahrenen Strecken und Geschwindigkeiten, Zuglast	16
4.3	Puls-Atmung-Temperatur (P-A-T-Werte)	16
4.4	Körpertemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes	18
4.5	Verhaltensbeobachtung allgemein und Trinkverhalten	20
5	Zusammenfassende Beurteilung der Hitzetests in Interlaken	20
6	Massnahmen zur Reduktion der Hitzebelastung	21
6	Dank	22
7	Abbildungsverzeichnis	22
8	Tabellenverzeichnis	22
9	Literaturverzeichnis	23
10	Anhang	25

1 Hintergrund der Studie

Das Projekt „Hitzestress bei Kutschpferden« wird im Auftrag des Dachverbandes Schweizer Tierschutz von der BFH-HAFL (Berner Fachhochschule, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften) durchgeführt. Im Zentrum des Projekts steht die Beurteilung der Hitzebelastung von Kutschpferden bei heissen Sommertagen in Schweizer Tourismusgebieten.

Gesunde erwachsene Pferde können ihre Körperwärme ausgleichen, um ihre Körpertemperatur zwischen 37,5 und 38,5 °C zu halten, wenn sie sich in ihrer thermoneutralen Zone (5 bis 25 °C) befinden (Kang, *et al.*, 2023). Unter bestimmten Umständen jedoch, wie z. B. nach anstrengender Bewegung unter heissen oder heissen und feuchten Bedingungen, übersteigt die Ansammlung von Körperwärme die Wärmeabgabe und Pferde können unter Hitzestress leiden. Obwohl Hitzestress ein wichtiges Thema für das Wohlergehen von Pferden ist, gibt es keine klare Definition von Hitzestress bei Pferden, und es sind nur wenige Daten zu diesem Zustand verfügbar. In Bezug auf das Wohlergehen von Pferden kann Hitzestress als die Unfähigkeit des Pferdes, die Körpertemperatur innerhalb eines Temperaturbereiches zu halten, angesehen werden (Caulfield *et al.* 2014; Marlin 2009; Spedding 2000). Zu den Anzeichen von Hitzestress bei Pferden gehören schnelle, flache Atmung, geblähte Nüstern, unberechenbares Verhalten und Gangbild, sehr hohe Körpertemperatur, hohe Atemfrequenz, hohe Herzfrequenz und starkes Schwitzen (Pritchard *et al.* 2006; Brownlow *et al.* 2016).

In der Presse erschienen sowohl in der Schweiz als auch in unseren Nachbarländern wie z.B. Österreich oder Deutschland in den heissen Sommermonaten zahlreiche Berichte über die Hitzebelastung von Kutschpferden aus unterschiedlichen Blickwinkeln. So erschien im Juli 2022 die Nachricht im '20min', dass das Berner Veterinäramt Meldungen besorgter Bürger und Bürgerinnen über leidende Kutschpferde in Interlaken bestätigte. Das Veterinäramt kontrollierte die Gespanne und konnte in keiner Weise Tierquälerei feststellen. In Deutschland dürfen in Berlin bei Temperaturen von 30 Grad Celsius im Schatten und mehr keine Pferdekutschen mehr fahren. Das sieht eine neue Richtlinie für Berliner Pferdekutschbetriebe vor. In Österreich bekommen die Kutschpferde bereits seit 2016 die Pferde bei Temperaturen ab 35 Grad hitzefrei und bis heute dauert die Debatte um eine Herabsetzung der Grenze an.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, Vitalparameter bei Kutschpferden in Interlaken unter Hitzebedingungen zu erheben. Dazu wurden bei vier Kutschpferden von Einspannern die Parameter Herzfrequenz, Atemfrequenz, Rektaltemperatur, Hautturgor, Kapillarfüllungszeit KFZ, Augenschleimhäute / Konjunktiven, Trinkverhalten und Schweissscore bei Temperaturen von mindestens 30°C erhoben. Bei einem dieser Pferde wurden Messungen bei tieferen Temperaturen angestellt. Die Bewertung dieser Parameter erlauben Rückschlüsse auf den Flüssigkeitshaushalt, die Kreislaufbelastung und das Wohlbefinden bzw. den Fitnesszustand der Tiere.

2 Material und Methode

2.1 Betrieb und Pferde

Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem [Reitschulen- und Kutschenbetrieb Interlaken, Inhaberin Erica Voegeli](#), Scheidgasse 66, CH-3800 Unterseen durchgeführt. Der Betrieb besitzt ca. 30 eigene Pferde für den Reitschul und Kutschbetrieb. Die Kutschpferde sind nach Angaben der Betreiber in der Hauptsaison mit Pausen täglich ca. 6 Stunden im Einsatz. Die Kutschfahrten finden an heißen Sommertagen zwischen 10.00 – 14.00 Uhr und von 17.00 – 21 Uhr statt, dabei werden die Gespanne jeweils ausgewechselt. Die Pferde erhalten dreimal täglich Futter (Hafer-, Heurration plus Mineralien und Salz). Die Kutschen starten entweder direkt vom Betrieb aus oder warten vor dem Hotel Viktoria Jungfrau auf Kundschaft. Die Fahrten mit Touristen dauern in der Regel 30 min und werden im Schritt gefahren, die Trabstrecke dauert maximal 5 min (Abb. 1).

Bei den Pferden handelte es sich um vier Freiburgerwallache im Alter von 8-21 Jahren, Durchschnittsalter 16 Jahre. Alle Pferde waren gut gepflegt und in einem guten bis sehr gutem Ernährungszustand. Die Hufe der Pferde waren korrekt und gut beschlagen. Die Kutsche der Probefahrt wog 280 kg, diejenige an den Hitzetestfahrten wog 240 kg.

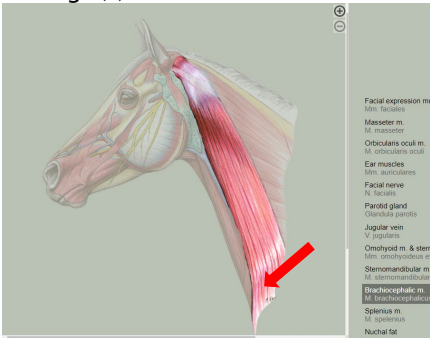
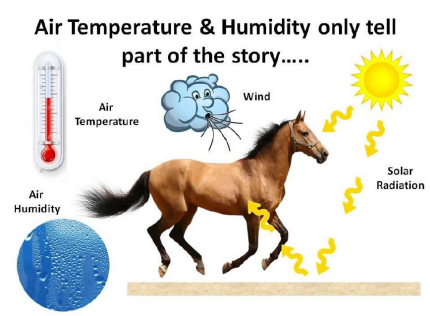


Abbildung 1: Touristische Rundfahrt mit einem typischen Gespann des Betriebes Voegeli

2.2 Beurteilung der Hitzebelastung

Die Parameter in Tabelle 1 wurden zur Beurteilung der Hitzebelastung der Pferde erhoben:

Tabelle 1 Untersuchungsparameter zu Beurteilung der Hitzebelastung

Messungen	Angaben in:	Art der Datenerhebung:
Herzfrequenz (HF/min)	Herzschläge pro Minute = Puls	Pulsuhr POLAR V800, Stethoskop Ruheherzfrequenz = 28-44/min Maximale Herzfrequenz = 220-240/min Bei Kaltblütern selten über 180/min
Atemfrequenz (AF/min) und Atemtyp	Atemzüge pro Minute (AF/min) Costoabdominal (ca) Abdominal (a) Costal (c)	Atemfrequenz: Betrachtung und Auszählung der Atemzüge von schräg hinten unter Betrachtung der seitlichen Brustwand, geblähte Nüstern? Ruheatemfrequenz = 8-16/min Maximale Atemfrequenz = 120-135/min Atemtyp: Physiologisch = costoabdominal Abweichend: verstärkt abdominal oder costal
Hautturgor (HT)	in Sekunden, bis Haut wieder flach aufliegt (s) 	Eine vertikale Hautfalte über dem Musculus brachiocephalicus wird aufgezo-gen. Ein Wert von 0 (normal) wird vergeben, wenn die Haut unmittelbar nach dem Aufziehen und Loslassen in die normale Position zurückkehrt. Dies geschieht normalerweise in einer Latenzzeit von etwa 1 Sekunde oder weniger. Ein Wert von 1 (abnormal) wird vermerkt, wenn es über 1 s dauert, bis die Haut in die normale Position zurückkehrt.
Rektaltemperatur (RT)	in Grad (°C)	Digitaler Fiebermesser, physiologische Körpertemperatur in Ruhe = 37.2 – 38.0 °C kritische Rektaltemperatur > 41.5°C (Guthrie & Lund, 1998)
WBGT-Index	Index, um Umweltbedingungen zu beurteilen, unter welchen das Pferd Leistung erbringen kann 	Messgerät WBGT: Extech Temperatur Messgerät, WBGT-Hitzestress Bewertung des WBGT (Schroter <i>et al.</i> , 1996, Positionspapier COFICHEV) → < 28 = keine Massnahmen notwendig → 28-30 = einige Vorkehrungen zur Reduzierung der Hitzebelastung notwendig → 30-32 = zusätzliche Vorkehrungen zur Reduzierung der Hitzebelastung notwendig → 32-33 = sportliche Aktivität im vorgesehenen Format gefährlich, weitreichende Anpassungen nötig > 33 =kein sicherer Wettkampfsport – tierärztliche Abklärungen nötig

Schweisscore (SC)	Adaptiert nach Zeyner <i>et al.</i> , 2014 Score 0 - 5	0 = weder feuchte noch dunkle Stellen 1 = Flanken leicht dunkler, unter dem Geschirr leicht feucht 2 = Flanke leicht nass, Schaum am Rand des Geschirrs 3 = Flanken deutlich nass, Schaumbildung unter dem Zaumzeug 4 = Kehle und Flanken deutlich nass, feucht über den Augen 5 = Schweisstropfen über den Augen und am Bauch
Verhalten allgemein Trinkverhalten	 in Liter (l)	Kopf erhoben und aufmerksam oder hängender Kopf, apathisch Während eines 10-minütigen Beobachtungszeitraumes wird Folgendes protokolliert: Latenzzeit zum Untersuchen des Wassers (definiert als Berühren des Eimers oder Absenken der Nüster zum Eimer); Wartezeit bis zum ersten Schluck; Anzahl der Schlucke; Zeit, die für jeden Schluck benötigt wurde; getrunzene Menge innert 10 min.
Kapillarfüllungszeit (KFZ) Farbe Maulschleimhaut Farbe Augenschleimhäute	zur Feststellung der peripheren Durchblutungssituation und zur orientierenden Einschätzung der Kreislaufsituation und des Hydratationsgrades (Wasserhaushalt) in Sekunden (s) blassrosa	- < 2 s normal, > 2 s verlängert - Beurteilung der Farbe: normal blassrosa abweichend Rötungen, Blässe

Zusätzlich zu den oben aufgeführten Parametern, werden folgende Daten erfasst:

- Zurückgelegte Distanz
- Geschwindigkeit (Kontinuierliche Aufzeichnung / Durchschnittsgeschwindigkeit)
- Lufttemperatur & rel. Luftfeuchtigkeit gemäss Meteodaten

Als Indikatoren für Hitzestress wurden in vorliegender Arbeit definiert:

Ein Pferd, das direkt nach der Fahrt bzw. 10 min nach Ende der Kutschfahrt folgende Merkmale aufweist:

- Geblähte Nüstern, deutlich erhöhte Atemfrequenz gegenüber den Ruhewerten mit flacher Atmung, Kopfnicken und Apathie, hoher Schweisscore direkt nach der Fahrt, Hautturgor vermindert, gestörtes Trinkverhalten, Rektaltemperatur >41.5°C
- Weitere Anzeichen auf (Belastungs-)stress: für die gefahrene Geschwindigkeit / Ladung / Strecke ungewöhnlich hohe Herzfrequenz, erhöhte KFZ, gerötete Konjunktiven

2.3 Versuchsablauf

Abweichend von den wenig fordernden touristischen Rundfahrten wurde zur Untersuchung der Hitzebelastung¹ eine Teststrecke von insgesamt 60 min Dauer und höherer Intensität gefahren (Abb. 1). Deshalb wurde eine abweichende Strecke von den gewöhnlichen, touristischen Rundfahrten gefahren, um Trabphasen von 10 und 15 min am Stück zu ermöglichen. Auf diesen Strecken traten Höhendifferenzen von bis zu 115 m auf (Tab. 4).

	0'	5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'
Gangart	Stehen	Schritt			Trab								
Messungen	X					X					X		X

Abbildung 2: Versuchsablauf und Dauer (in Minuten) der Schritt- und Trabphasen

Nach der Eingangsuntersuchung im Stehen, wurden die Pferde 15 min im Schritt und 10 min im Trab gefahren. Es folgte eine ca. 5-minütige Pause mit einer Kontrolle der Pferde im Halten. Die Fahrt wurde fortgesetzt mit 5 min im Schritt, 15 min im Trab bis zum Halten mit Abschluss. Die gesamte Bewegungsdauer betrug pro Testfahrt 45 min. Direkt und 10 min nach Ende der Fahrt wurden die Pferde nochmals beurteilt.

Der Zeitpunkt und die Art der Befunderhebung sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 : Zeitpunkt der erhobenen Parameter

Messzeitpunkt	Messungen:
Vor der Fahrt	Herzfrequenz, Atemfrequenz, Hautturgor, Schleimhäute, KFZ, Rektaltemperatur, Trinkverhalten
Nach 25 Minuten Fahrt	Herzfrequenz, Atemfrequenz, Hautturgor, Schleimhäute, KFZ, Rektaltemperatur
Direkt nach der Fahrt	Herzfrequenz, Atemfrequenz, Hautturgor, Schleimhäute, KFZ, Rektaltemperatur, Trinkverhalten, Schweisscore
10 min nach der Fahrt	Herzfrequenz, Atemfrequenz, Hautturgor, Schleimhäute, KFZ, Rektaltemperatur, Trinkverhalten

¹ Für diese Studie wurde eine Tierversuchsbewilligung beantragt und mit der Tierversuch-Bewilligungsnummer: 35778 BE27/2023 genehmigt

Im Vorfeld, auch zum Testen der Technik und des Versuchablaufes wurde am 4. Juli 2023 eine Fahrt unter kühleren Bedingungen durchgeführt. Dieses Pferd (Naoki) wurde ebenfalls bei der ersten Fahrt unter Hitzebedingungen eingesetzt. Die Hitzebelastungstests fanden am 10. und 11. Juli 2023 in Interlaken statt. Die Aussentemperaturen (%), relative Luftfeuchte (%) und 'Wet Bulb Global Temperature' (WBGT, °C) für die jeweiligen Tage sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 : Klimadaten bei der Probefahrt und den beiden Fahrten an Hitzetagen

	Probefahrt Ø	Testtag 1 Ø (Hitzetest 1 & 2)	Testtag 2 Ø (Hitzetest 3 & 4)
T in °C (Lufttemperatur)	23.3	30.2	32.8
TG in °C (Kugeltemperatur)	47.9	50.6	51.9
rel. Luftfeuchtigkeit in %	52.5	42.9	35.0
WB in °C (berechnete Feuchtkugeltemperatur)	16.9	21.1	21.6
WBGT in °C	23.7	27.9	28.8

3 Resultate

3.1 Übersicht über die pro Pferd gefahrenen Strecken und Geschwindigkeiten

Die zurückgelegte Distanz betrug 6.2 - 8.1 km, im Durchschnitt 6.9 km. Während der Fahrt wurden Höhendifferenzen zwischen 45 und 115 Höhenmeter (Hm) überwunden, im Durchschnitt 82 Hm. Die Angaben der Geschwindigkeit der Pferde im Schritt und Trab erfolgte in km/h und m/s. Die gefahrene Schrittgeschwindigkeit betrug zwischen 5.2 - 6 km/h bzw. 1.44 - 1.64 m/s (Durchschnitt 5.7 km/h bzw. 1.58 m/s), die Trabgeschwindigkeit lag zwischen 10.4 -12 km/h bzw. 2.89 -3.33 m/s (Durchschnitt 11.1 km/h, 3.08 m/s), Tabelle 4.

Tabelle 4: Pferde, gefahrene Strecken und Geschwindigkeiten in km/h und m/s

	Probefahrt	Hitzetest 1	Hitzetest 2	Hitzetest 3	Hitzetest 4	Hitzetests Ø
Pferd Name	Naoki	Naoki	Navaro	Harison	Elegant	
Pferd Alter (Jahre)	8	8	21	20	15	16
Distanz in km	8.1	6.2	GPS-Fehler	7.4	7.1	6.9
Hm Differenz (m)	50	85	GPS-Fehler	45	115	81.7
Geschwindigkeit Schritt (km/h)	5.70	5.50	5.20	5.90	6.00	5.70
Geschwindigkeit Schritt (m/s)	1.58	1.52	1.44	1.64	1.67	1.58
Geschwindigkeit Trab (km/h)	10.7	10.4	10.6	12.0	11.3	11.1
Geschwindigkeit Trab (m/s)	2.97	2.89	2.94	3.33	3.13	3.08

3.2 Allgemeinuntersuchung, Puls-Atmung-Temperatur (P-A-T-Werte)

Die mit der Polaruhr aufgezeichneten, sowie mit dem Stethoskop überprüften Herz- bzw. Pulsfrequenzen (HF/min) während der verschiedenen Testfahrten sind in Tabelle 5 dargestellt. Zusätzlich wurde berechnet um wieviel % sich die Herzfrequenzen eine Minute (60 s) nach Ende der Pause und Fahrtende beruhigten, d.h. wie schnell der Puls jeweils sank.

Tabelle 5: Herzfrequenzen/min während der Testphasen und Erholung

	Probefahrt	Hitzetest 1	Hitzetest 2	Hitzetest 3	Hitzetest 4	Hitzetests Ø
Pferd Name	Naoki	Naoki	Navaro	Harison	Elegant	
HF/min vor Beginn	36	34	38	44	42	39.5
HF/min zu Beginn der Pause	89	87	95	87	92	90.3
HF/min am Ende der Pause	60	46	46	53	58	50.8
HF/min nach der Fahrt	110	85	101	87	82	88.8
HF/min 10 min nach der Fahrt	57	51	53	57	55	54.0
HF/min Ø	92.9	78.1	91.1	87.7	97.7	88.7
HF/min max	169	147	165	144	176	158
HF/min Schritt Ø	71.3	65.8	68.8	80.6	85.7	75.2
HF/min Trab Ø	118.5	107.9	131.2	111.6	132.8	120.9
HF/min Pause Ø	66.2	51.7	62.2	61.2	64.5	59.9
HF-Reduktion in % 60 s nach Ende Pause	38	31	38	26	26	30.3
HF-Reduktion in % 60 s nach Ende Fahrt	31	27	25	19	18	22.3
HF-Reduktion in % 10 min nach Ende Fahrt	56	57	60	53	51	55.0

Die Atemfrequenzen (AF/min), Atemtyp und ob die Nüstern stark gebläht waren oder nicht wurde für die Fahrten in Tabelle 6 dokumentiert.

Tabelle 6 Atemfrequenzen (AF/min), Atemtyp und Nüsternöffnung

	Probefahrt	Hitzetest 1	Hitzetest 2	Hitzetest 3	Hitzetest 4	Hitzetests Ø
Pferd Name	Naoki	Naoki	Navaro	Harison	Elegant	
AF/min vor der Fahrt	10	16	24	24	18	20.5
AF/min in der Pause	16	32	36	40	50	39.5
AF/min nach der Fahrt	40	44	58	80	76	64.5
AF/min 10 min nach der Fahrt	28	28	48	50	36	40.5
Atemtyp vor der Fahrt	ca	ca	ca	ca	ca	
Atemtyp in der Pause	ca	ca	ca	ca	ca	
Atemtyp nach der Fahrt	ca	ca*	ca*	ca*	ca*	
Atemtyp 10 min nach der Fahrt	ca	ca	ca*	ca*	ca	
Nüstern gebläht vor der Fahrt	nein	leicht	leicht	leicht	leicht	
Nüstern gebläht in der Pause	ja	ja	ja	ja	ja	
Nüstern gebläht nach der Fahrt	ja	ja	ja	ja	ja	
Nüstern gebläht 10 min nach der Fahrt	ja	ja	ja	ja	ja	

Legende:

ca: costoabdominal

ca*: costoabdominal, flache Atmung

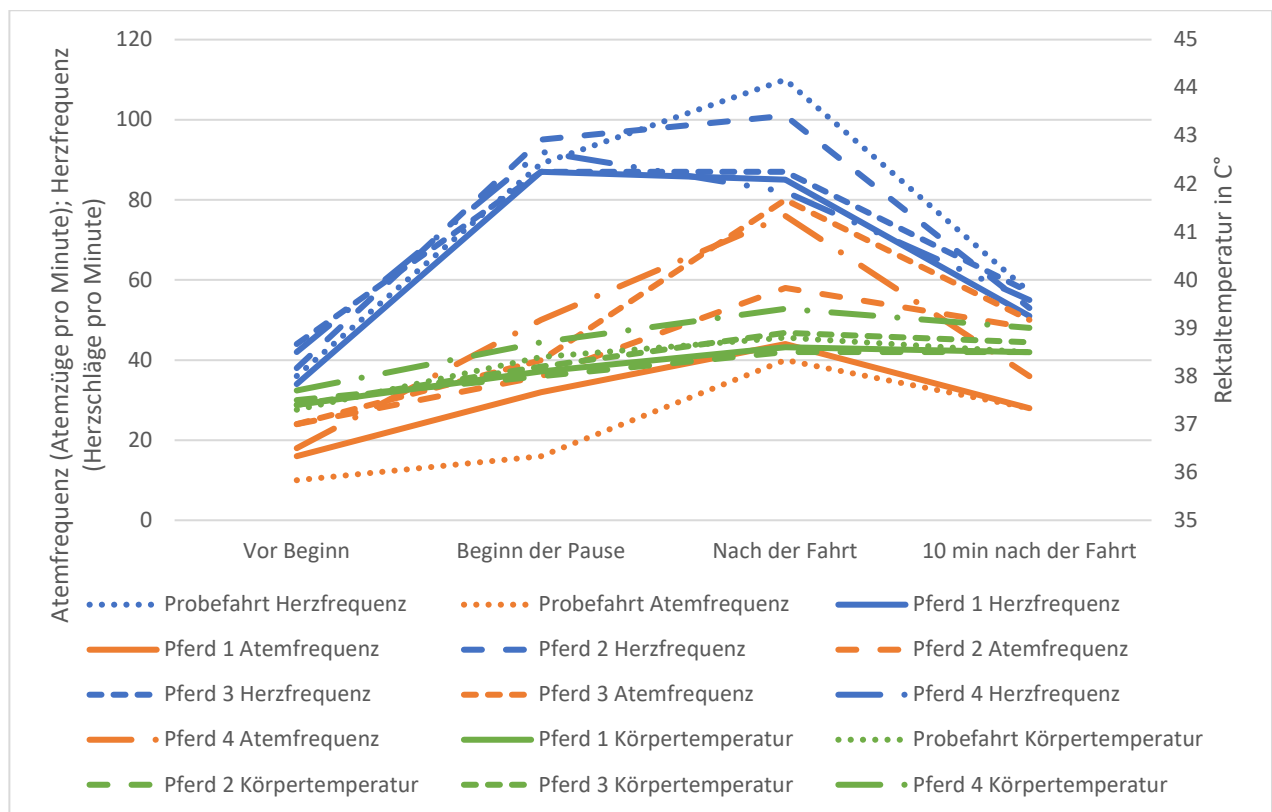


Abbildung 3: Zusammenfassung der Messwerte (Puls, Atmung, Rektaltemperatur)

3.3 Körpertemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes

Die Körpertemperatur versteht sich als Rektaltemperatur (RT, °C). Rektaltemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes sind in Tabelle 7 dargestellt. Die höchste Rektaltemperatur von 39.4°C beim Pferd 'Elegant' wurde direkt nach der Fahrt bei einer Umgebungstemperatur von 32.8°C und einer WBGT von 28.8°C gemessen. Zusätzlich wurden Fotos mit der Wärmebildkamera vor und nach der Fahrt von beiden Körperseiten aufgenommen (Abb. 3). Die Maulschleimhäute waren bei allen Pferden und zu allen Zeiten während der Tests blassrosa. Die Augenschleimhäute erwiesen sich nur beim Pferd 'Harrison' als blassrosa, bei den übrigen Pferden wurden sie als leicht gerötet beurteilt, unabhängig vom Testtag und der Testphase. Bei den Hitzetest war die Kapillarfüllungszeit direkt nach der Fahrt mit 3 Sekunden verlängert, der Hautturgor blieb hingegen bei allen Pferden und zu allen Testzeiten normal. Das Pferd 'Elegant' schwitzte am stärksten, wobei es sich um dasjenige mit dem nervösesten Temperament erwies. Schweisscores und -bilder der Pferde nach der Fahrt von Hitzetest 1-4 sind in Abbildung 4 in der Übersicht dargestellt.

Tabelle 7: Rektaltemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes der Pferde

	Probefahrt	Hitzetest 1	Hitzetest 2	Hitzetest 3	Hitzetest 4	Hitzetests Ø
Pferd Name	Naoki	Naoki	Navaro	Harison	Elegant	
RT (°C) vor der Fahrt	37.3	37.4	37.5	37.4	37.7	37.5
RT (°C) in der Pause	38.4	38.1	38	38.2	38.7	38.3
RT (°C) nach der Fahrt	38.8	38.6	38.5	38.9	39.4	38.9
RT (°C) nach 10 min Pause	38.5	38.5	38.5	38.7	39	38.7
MSH vor der Fahrt	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	
MSH in der Pause	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	
MSH nach der Fahrt	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	
MSH nach 10 min Pause	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	blassrosa	
Konjunktiven vor der Fahrt	leicht gerötet	leicht gerötet	leicht gerötet	blassrosa	leicht gerötet	
Konjunktiven in der Pause	leicht gerötet	leicht gerötet	leicht gerötet	blassrosa	leicht gerötet	
Konjunktiven nach der Fahrt	leicht gerötet	leicht gerötet	leicht gerötet	blassrosa	leicht gerötet	
Konjunktiven nach 10 min Pause	leicht gerötet	leicht gerötet	leicht gerötet	blassrosa	leicht gerötet	
KFZ (s) vor der Fahrt	2	2	2	2	2	2
KFZ (s) in der Pause	2	3	3	3	2	2.8
KFZ (s) nach der Fahrt	3	3	3	3	3	3
KFZ (s) nach 10 min Pause	2	3	3	3	2	2.8
HT vor der Fahrt	0	0	0	0	0	0
HT in der Pause	0	0	0	0	0	0
HT nach der Fahrt	0	0	0	0	0	0
HT nach 10 min Pause	0	0	0	0	0	0
SC vor der Fahrt	0	0	0	0	1	0.3
SC in der Pause	1	3	1	2	4	2.5
SC nach der Fahrt	3	4	2	4	5	3.8

Legende: RT = Rektaltemperatur; MSH = Farbe Maulschleimhäute; Konjunktiven = Farbe Augenschleimhäute; KFZ (s) = Kapillarfüllungszeit in Sekunden, HT = Hautturgor (0 = normal, 1 = abnormal), SC = Schweisscore (0-5), (siehe Tab. 1)

	Hitzetest 1	Hitzetest 2	Hitzetest 3	Hitzetest 4
Pferd Name	Naoki	Navaro	Harison	Elegant
SC nach der Fahrt	4	2	4	5
Schweissbilder nach der Fahrt				
				
				
				

Abbildung 5: Schweisscore und Bilder der Pferde nach der Fahrt

3.4 Verhaltensbeobachtung allgemein und Trinkverhalten

Die Pferde 'Naoki' bei der Probefahrt und 'Harrison' beim Hitzetest 3 berührten vor der Fahrt neugierig das Wasser im angebotenen Eimer, tranken aber nicht. Das Pferd 'Harrison' nahm zwar ein bis zwei Schlucke auf, liess das Wasser dann aber wieder aus dem Maul in den Eimer zurückfließen. Ansonsten trank keines der Pferde vor der Fahrt oder zeigte Interesse. Sofort nach der Fahrt vom Hitzetest 1 trank das Pferd 'Naoki' als einziges mehr, das Pferd 'Harrison' nahm nach der Fahrt nur wenige Schlucke auf (Tab.8). Erst 10 min später, unbeobachtet und aus einem anderen Eimer mit wärmerem Wasser soff das Pferd 'Elegant'. Offensichtlich hat dieses Pferd bestimmte Vorlieben bezüglich des Eimers oder der Wassertemperatur, so dass die Anzahl Schlucke hier nicht gesehen wurden. Die geschätzte Wasseraufnahme betrug bei 'Elegant' 5 Liter. Das Pferd Navaro trank aufgrund schlechter Erfahrungen beim Vorbesitzer grundsätzlich nicht aus dem Eimer. Dieses Pferd trinkt folglich nur am Brunnen oder in der Box aus der Selbsttränke Wasser, was während des Versuches aber nicht beobachtet werden konnte. Alle Pferde machten sowohl vor als auch nach der Fahrt einen aufmerksamen Eindruck und reagierten auf Leckerli oder Ansprache, obwohl alle ausser 'Elegant' nach der anstrengenden Fahrt den Kopf abgesenkt hielten. Das Pferd 'Elegant' zeigte ein nervöses und schreckhaftes Temperament und schwitzte von Allen am stärksten.

Tabelle 8: Trinkverhalten und Verhalten der Pferde

	Probefahrt	Hitzetest 1	Hitzetest 2	Hitzetest 3	Hitzetest 4
Pferd Name	Naoki	Naoki	Navaro	Harison	Elegant
Wasseraufnahme vor der Fahrt	nein	nein	nein	Berührt das Wasser, aber schluckt nicht	nein
Dauer bis zum Berühren des Wassers	sofort			sofort	
Dauer bis zur ersten Wasseraufnahme				sofort	
Trinkdauer insgesamt				wenige Sekunden	
Anzahl Schlucke				1 bis 2	
Menge pro Schluck				?	
Getrunkene Wassermenge in Liter				nichts, hat Wasser wieder rausgelassen	
Wasseraufnahme nach der Fahrt	nein	ja	nein	Ja, aber sehr wenig	erst nach den 10 min aus anderem Eimer
Dauer bis zum Berühren des Wassers		sofort	Dieses Pferd trinkt nicht aus dem Eimer	sofort	nach 10 min
Dauer bis zur ersten Wasseraufnahme		sofort		sofort	nach 10 min
Trinkdauer insgesamt		ca. 60 Sekunden		wenige Sekunden	ca. 45 Sekunden
Anzahl Schlucke		40		2	?
Menge pro Schluck		1.75 dl		2.5 dl	?
Getrunkene Wassermenge in Liter		7		ca. 0.5 l	ca. 5; z.T. ausgeschüttet
Verhalten vor der Fahrt	aufmerksam	aufmerksam	aufmerksam	aufmerksam	aufmerksam, nervös
Verhalten nach der Fahrt	Aufmerksam, Kopf unterhalb der Waagerechten	Aufmerksam, Kopf unterhalb der Waagerechten	Aufmerksam, Kopf unterhalb der Waagerechten	Aufmerksam, Kopf unterhalb der Waagerechten	aufmerksam, nervös



Abbildung 6 : Pferd Naoki bei der Wasseraufnahme nach der Fahrt am Hitzetest 1

4 Diskussion

4.1 Hintergrund zur Leistung und Energiebereitstellung beim Pferd

Um die Sauerstoffzufuhr zur Arbeitsmuskulatur der Pferde bei Anstrengungen sicherzustellen, bedient sich der Körper zweier wesentlicher «Stress-Mechanismen»: zum einen die Aktivierung des adrenergen Systems und zum anderen der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinde (HPA) – Achse. Die Aktivierung dieser Systeme führt bei Arbeitsbelastungen zum raschen Anstieg von Adrenocorticotropin (ACTH), Adrenalin, Noradrenalin und Cortisol, so dass diese Hormone als Indikatoren für arbeitsinduzierten Stress herangezogen werden können (Hyypä 2005). Mit der Aktivierung des adrenergen Systems kommt es zum Anstieg der Herzfrequenz, des Herzminutenvolumens, dem Anstieg der zirkulierenden Erythrozyten infolge der Milzkontraktion und zum gesteigerten Blutfluss zur Arbeitsmuskulatur.

Bei Pferden, wie beim Menschen, steht der Herzfrequenzanstieg im submaximalen Belastungsbereich (Belastungen geringer Intensität und längerer Dauer) in einer linearen Beziehung zur Geschwindigkeit und erst im individuellen maximalen Belastungsbereich beginnt die Kurve abzuflachen (Ehrlein *et al.* 1970, von Wittke *et al.* 1994). Die Herzfrequenz-Geschwindigkeitsbeziehung ist ein zuverlässiges Kriterium zur Beurteilung der Leistungsintensität und kann unter Praxisbedingungen einfach und zuverlässig bestimmt werden (Bitschnau *et al.* 2013). Die Geschwindigkeit bei einer konstanten Herzfrequenz von 150/min wurde zur Beurteilung der aeroben Kapazität oder der Ausdauer vorgeschlagen. Im Ausdauerbereich befindet sich der Organismus im energetischen Gleichgewicht, wobei die Energie im sogenannten oxydativen Stoffwechsel gewonnen wird. Erst bei höheren

Arbeitsintensitäten kommt es durch den anaeroben Stoffwechselweg der Glycolyse zur Ansammlung von Milchsäure (Laktat) im Muskel. Die Geschwindigkeit bei einer konstanten Herzfrequenz von 150/min beschreibt somit gleichzeitig die aerob-anaerobe Grenze der Energiegewinnung.

4.2 Pro Pferd gefahrenen Strecken und Geschwindigkeiten, Zuglast

Während der Hitzefahrten 1-4 legten die Pferde im Schnitt 6.9 km zurück, nur die Probefahrt an dem etwas kühleren Tag betrug 8.1 km. Diese Probefahrt führte teilweise durch einen unbefestigten Waldweg, so dass der Boden eine höhere Anforderung stellte als auf Asphalt. In der Folge wurden alle Fahrten ausschliesslich auf Asphalt gefahren, eine Strecke, die in Bezug auf die Höhenunterschiede ebenfalls anspruchsvoller war als die gewöhnlichen touristischen Kutschfahrten durch Interlaken. Mit der durchschnittlichen Schrittgeschwindigkeit von 1.6 m/s und einer Trabgeschwindigkeit von durchschnittlich 3.1 m/s lagen diese in einem Bereich, welche durch andere Autoren beschrieben wurden. In der Studie von Herholz *et al.*, (2022) legten zwei Gespanne von Freibergerpferden durchschnittlichen Schrittgeschwindigkeit von 1.5 m/s zurück. Clayton, (1994) gibt durchschnittliche Schrittgeschwindigkeit von 1.4 - 1.8 m/s und durchschnittliche Trabgeschwindigkeiten von 3.2 - 4.9 m/s für Dressurpferde an. Damit lagen die gelaufenen Trabgeschwindigkeiten bei allen Pferden der Hitzetests 1-4 im unteren Bereich, jedoch wurden diese 10 bzw. 15 min ununterbrochen gefahren, was die Belastung intensiver werden liess. Damit konnte davon ausgegangen werden, dass die zu erbringende Leistung bei den regulären touristischen Fahrten in jedem Fall tiefer einzustufen ist.

Die von den Pferden gezogenen Kutschen in Interlaken hatten ein Gewicht von 280 bzw. 240 kg. Die europäische Pferdestärke wurde derzeit definiert als die Leistung, die erforderlich ist, um einen Gegenstand mit einer Masse von 75 kg in einer Sekunde senkrecht um einen Meter anzuheben ($P = F \times v = 75 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 1 \text{ m/s} = 735,75 \text{ W} = 0,73575 \text{ kW} = 1 \text{ PS}$). Ein Zugpferd kann etwa 10-12 % seines Körpergewichtes als durchschnittliche Zugkraft über den ganzen Tag aufbringen und dabei eine Strecke von ca. 32 km zurücklegen (Collins und Caine, 2017). In der Literatur hat sich die Angabe von 10-15 % des Körpergewichtes als durchschnittliche Zuglast über einen Arbeitstag durchgesetzt (Krüger, 1958; Goe, 1983; Hoffmann, 1992; Inns, 1996, zitiert in Herholz *et al.*, 2022).

4.3 Puls-Atmung-Temperatur (P-A-T-Werte)

Puls, bzw. Herzfrequenzen

Grundsätzlich sind Pferde zu sehr hohen Arbeitsleistungen fähig, bei Renngeschwindigkeiten kann sich der Metabolismus um das 60-fache gegenüber den Basalwerten steigern und Herzfrequenzen bis zu 240/min erreichen (Guthrie und Lund, 1998). Bei eher Kaltblut betonten Pferderassen liegen die maximalen Herzfrequenzen tiefer als bei Vollblütern und übersteigen selten 180/min (Birlenbach Potard *et al.*, 1998), so dass diese Arbeitsintensitäten in Bezug auf die maximal gemessenen Herzfrequenzen für die Freibergerpferde höher eingestuft werden müssen.

In Bezug auf die erbrachte Leistung an Hitzetagen muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass sie zu einer Reduktion des aeroben Stoffwechsels um 20% auf den Gesamtenergiebedarf führt (Art *et al.*, 1995). Das heisst, dass die aerobe-anaerobe Schwelle von 150 HF/min schon bei geringeren Geschwindigkeiten erreicht würde.

In vorliegender Studie erreichten die Pferde direkt nach den Fahrten nach den Hitzetests 1-4 Herzfrequenzen von 82-101/min, im Durchschnitt 88.8/min (Tab. 5).

Kurzfristig wurden bei der Probefahrt (Naoki) und bei den Hitzefahrten 2 (Navaro) und 4 (Elegant) Herzfrequenzen von 169/min, 165/min und 178/min erreicht. Diese Herzfrequenzen würden wir beim Freiberger mit einer hohen Arbeitsintensität in Verbindung bringen. Berechnet man hier aber die 20% geringere aerobe Leistung ein, entspräche es einer sehr hohen Arbeitsintensität. Die erhöhten Herzfrequenzen dauerten allerdings deutlich weniger als 2 min an, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der anaerobe Laktatmetabolismus dennoch eine untergeordnete Rolle spielte. Die höhere Herzfrequenz bei Pferd 'Elegant' während des Hitzetests 4 wird zudem auf den nervösen und eher schreckhaften Charakter des Pferdes zurückgeführt, was ebenfalls zu einer erhöhten Herzfrequenz führt (Kapteijn *et al.*, 2022). Beim Pferd Naoki wurde während der Probefahrt bei

kühleren Temperaturen eine maximale Herzfrequenz von 169/min gemessen, dies führen wir auf den schwierigen Boden während des zurückgelegten Waldstückes zurück.

In Bezug auf das Wohlbefinden und die Leistung der Pferde spielt die Beurteilung Erholungsherzfrequenz eine grosse Rolle (Lindner *et al.*, 2020). Distanzpferde werden während Langstreckenrennen mehrfach an sogenannten Vet-Gates tierärztlich kontrolliert. Damit ein Pferd bei 80-km Rennen oder länger weitermachen kann, muss seine Herzfrequenz innerhalb von 15-20 Minuten nach der Ankunft auf oder unter 64 Schlägen/min sinken (FEI, 2017). Bereits 10 min nach Ende der Hitzetests 1-4 hatten alle Pferde eine Herzfrequenz unter 64/min erreicht (51-57/min, Tab. 5).

In der Studie von Lovell und Rose (1995) wurden die Herzfrequenzen bei fünf Trabrennpferden 10 min nach maximaler Belastung auf dem Laufband gemessen, wobei jeweils unterschiedliche Erholungsszenarien untersucht wurden. Die Erholungsherzfrequenz wurde entweder im Stillstand oder nachdem die Pferde 10 min Schritt und leichten Trab, oder nur Schritt gegangen waren, ermittelt. Nach Stillstand erholte sich die Herzfrequenz um 41%, nach Schritt und Trab um 10.6% und nach nur Schritt um 21.3 %. Inwieweit sich die verschiedenen Erholungsphasen auf das Wohlbefinden auswirkten, konnte nicht gesagt werden, allerdings ist der Abtransport von Milchsäure aus der Muskulatur bei leichter Bewegung in der Erholungsphase beschleunigt.

In dieser Studie erholten sich die Herzfrequenzen 10 min nach Ende der Arbeit im Stillstand zwischen 51-60 %, durchschnittlich 55 %, was trotz Hitze als gute Erholung gewertet werden kann.

Für eine Einschätzung dieser Beurteilung werden zwei Studien an Rennpferden zitiert, welche unter heissen und feuchten Umweltfaktoren durchgeführt wurden. In der Studie von Allam *et al.*, (2014) liefen die Pferde in Jeddah, Saudi-Arabien 1600 Meter auf der Rennbahn und benötigten 60 min, um Herzfrequenz, Atemfrequenz und Körpertemperatur wieder auf Ruhewerte abzusinken. Bei der Studie von Art *et al.*, (1995), wurden Trabrennpferde auf dem Laufband bei 30 °C und 75 % Luftfeuchtigkeit belastet. Während der Erholungsphase blieben die Herz- und Atemfrequenz bis zu 30 Minuten nach Beendigung des Laufbandtests erhöht, die Rektaltemperatur sogar bis zu 60 Minuten.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Morgan *et al.*, (2002), die Traber nach intensiver Arbeit mit und ohne geschorenem Fell untersuchten. Es wurden maximale Herzfrequenzen von 213/min erreicht und es dauerte bei den ungeschorenen Pferden mit höherem Energieaufwand zur Thermoregulation bis zur Erholung der Herzfrequenz 70 ± 33 min und zur Erholung der Atemfrequenz 91 ± 19 min. Die geschorenen Pferde erholten sich in Bezug auf die Herzfrequenz nach 68 ± 37 min und auf die Atemfrequenz nach 52 ± 28 min. Bei zuletzt genannter Studie lagen die Umgebungstemperaturen bei 5-18°C und die Luftfeuchte bei ca. 50%.

Atemfrequenzen

Die Atemfrequenzen zeigten bis auf diejenige bei Naoki bereits vor der Fahrt an den Hitzetagen erhöhte Werte (Tab. 6). Beim Pferd werden im besten Fall, d.h. wenn die Luftfeuchte nicht zu hoch ist, ca. 85% der Wärme durch Verdunstung von Schweiß abgeführt und die restlichen 15% gehen durch Verdunstung aus den Atemwegen verloren. (Positionspapier COFICHEV). Hodgson *et al.*, (1993) schätzten die Wärmeabgabe über die Atemwege auf 19-30 %, wobei der grössere Anteil bei niedrigeren Arbeitsintensität auftritt. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Ergebnissen für ein ruhendes Pferd bei hohen Umgebungstemperaturen, bei denen das Pferd zunächst die Atemfrequenz und dann den Verdunstungswärmeverlust über die Haut bzw. Schweißproduktion erhöhte (Morgan, 1996). So lassen sich die beobachteten erhöhten Ruheatemfrequenzen an den Hitzetagen erklären. Die erhöhte Atemfrequenz kann zur Thermoregulation und zur Kühlung des Gehirns beitragen (Lekeux *et al.*, 2014).

Auch Kohn und Hinchcliff, (1995) berichten über erhöhte Atemfrequenzen bei Pferden an Hitzetagen, obwohl Pferde anders als Hunde nicht hecheln können und nur durch die Nüstern atmen. Die hochfrequente und flache Atmung wurde dabei dem Hecheln der Hunde gleichgesetzt.

Aus diesem Grunde ist weiterhin plausibel, dass die Nüstern der Pferde dieser Studie sowohl vor der Fahrt leicht als auch nach den Fahrten deutlich gebläht waren, um einen maximalen Luftstrom zu ermöglichen. Auch die flache, frequente Atmung war direkt nach den Fahrten an Hitzetagen zu beobachten, was als Mechanismus der Thermoregulation zu werten ist. Die Atemfrequenz erholte sich nach 10 min auf 28-50/min, im Durchschnitt auf 40/min, womit auf keine Überforderung der Pferde geschlossen werden konnte. In den bereits zitierten Studien von Art *et al.*, (1995) und Allam *et al.*, (2014) erholte sich die Atemfrequenz unter heissen Bedingungen erst nach bis zu einer Stunde zu den Ruhewerten.

Bei den beiden älteren Pferden Navaro (21 J) und Harison (20J) war die Atemfrequenz 10 min nach Ende der Fahrt mit 48/min bzw. 50/min noch am höchsten. Hier ist zu beachten, dass ältere Pferde

während der Belastung eine geringere Fähigkeit zur Thermoregulation haben. Das Wissen um die erhöhte Überhitzungsanfälligkeit älterer Pferde sollte es Tierärzten, Besitzern, Reitern und Fahrern ermöglichen, Anzeichen einer Hyperthermie bei diesen Pferden zu identifizieren und die Belastung entsprechend anzupassen (McKeever *et al.*, 2010). Deshalb ist die reduzierte Fähigkeit zur Thermoregulation bei älteren Pferden im Alltag zu beachten, die frühzeitigere Kühlungsmaßnahmen und eine verlängerte Erholungszeit erfordert.

In einer Studie der Universität Wien zu Hitzestressmessungen bei Fiakerpferden konnte Hitzestress, in Form einer Überforderung des thermoregulatorischen Systems der Pferde in keiner der annähernd 400 Messungen an den Tieren festgestellt werden (Damberger *et al.*, 2008). In dieser Studie wurden die Pferde an heißeren und kühleren Tagen während eines 'normalen' Arbeitstages untersucht, wobei die Rundfahrten im Stadtbereich ohne Steigungen und vorwiegend im Schritt stattfanden. Die Fiakerpferde zeigten an heißen Tagen (WBGT 31.0 - 29.3°C) im Durchschnitt Atemfrequenzen von 28/min, an kühleren Tagen (WBGT 27.2 - 29.5°C) im Durchschnitt 18/min.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass sich der Vergleich der Atemfrequenz zehn Minuten nach Belastung mit den Normalwerten erhoben durch die Fahrer als Indikator für Hitzestress eignet. Gleichzeitig wird in dieser Studie auch beschrieben, dass Pferde die vermehrt getrabt wurden, mit einer entsprechend höheren Atemfrequenz am Standplatz ankamen und sich aber innerhalb von zehn Minuten erholten. Ein Pferd trabte während der Fahrt viel oder sehr schnell oder galoppierte auch kurze Passagen und kam mit einer drei- bis vierfach erhöhten Atemfrequenz am Standplatz an. Die Atemfrequenz sank in diesem Fall beim in der Sonne stehenden Pferd nach zehn Minuten noch nicht auf den Normalwert ab.

Nach eigenen Ergebnissen und derjenigen aus der Literatur (Art *et al.*, 1995; Allam *et al.*, 2014), kann die Erholung der Atemfrequenz an heißen Tagen 30-60 min dauern. Deshalb scheint es uns wichtig die Atemfrequenz und vor allem den Atemtyp zu überwachen, sehen die Erholung der Atemfrequenz auf den Normwert von maximal 16/min aus genannten Gründen aber nicht als praxistauglichen und plausiblen Index, um den Hitzestress der Pferde zu beurteilen. Die Beurteilung der Atemfrequenz ist zudem für Laien nicht ganz einfach.

4.4. Körpertemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes

Körper-, bzw. Rektaltemperatur, Wärmebildaufnahmen

Die Umgebungstemperaturen betragen während der Hitzetests 1 und 2 über 30 °C bei einer relativen Luftfeuchte zwischen rund 35-43%. Der errechnete WBGT-Index belief sich am Hitzetest 1 unter 28, wobei nach Empfehlungen der FEI für Distanzpferde keine Massnahmen für Reduzierung der Hitzebelastung nötig wären (Tab.1). Am Hitzetag 2 lag der WBGT-Index hingegen bei knapp 29, hier werden einige Vorkehrungen zur Reduzierung der Hitzebelastung empfohlen.

Die direkt nach der fordernden Fahrt bei hohen Umgebungstemperaturen beim Hitzetest 1 und 2 gemessene Rektaltemperatur lag zu keiner Zeit in einem kritischen Bereich (Tab.1). Es ist davon auszugehen, dass die Pferde mit den Mechanismen der Verdunstung (Evaporation, Abb. 7) und Wärmeabstrahlung (Convection, Abb. 7) ihre Körperwärme ausreichend regulieren konnten.

Diese Mechanismen würden nicht in dem Umfang greifen können, wenn die Luftfeuchtigkeit hoch wäre (Schroter *et al.*, 1996; Positionspapier COFICHEV, Marlin, 2009). Tabelle 9 illustriert, wie der WBGT bei Temperaturen von Hitzetest 2, aber einer hypothetischen Luftfeuchtigkeit von 70% auf 33.4 ansteigen würde. Bei einem solchen WBGT-Index sollte nach Empfehlungen der FEI kein Wettkampfsport durchgeführt werden.

Tabelle 9 WBGT, Rektaltemperatur °C und verschiedene Luftfeuchtigkeit in %

	Probetag Durchschnitt	Hitzetest 1 Durchschnitt	Hitzetest 2 Durchschnitt	Annahme 70% rel. LF an Testtag 2
Lufttemperatur in °C	23.3	30.2	32.8	32.8
rel. Luftfeuchtigkeit in %	52.5	42.9	35.0	70.0
WBGT in °C	23.7	27.9	28.8	33.4
Ø RT in °C nach der Fahrt	38.8	38.6	39.2	Keine Daten

In der Studie von Rammerstorfer *et al.* (2001) wurden nicht akklimatisierte Quarter Horses bei 30°C und 80% Luftfeuchte unter standardisierten Bedingungen gearbeitet und es konnte gezeigt werden, dass die Pferde fünf Tage brauchten, um sich an die Umgebungsbedingungen zu akklimatisieren. Anhand dieser Befunde ist davon auszugehen, dass sich Pferde in den heißen Sommermonaten in gewissem Umfang an das Klima gewöhnen.

Zu allen Fahrten wurden vor, in der Pause, direkt nach und 10 min nach der Fahrt Fotos mit der Wärmebildkamera aufgenommen (Abb. 4). Es zeigte sich, dass die Wärmeverteilung sehr stark variierte, je nachdem ob die rechte oder linke Körperseite aufgenommen wurde und je nach Strahlung vom Boden und Umgebung. Verdegaal *et al.*, (2022) kommen zu dem Schluss, dass die Überwachung der oberflächlichen Hauttemperatur mit Wärmebildkameras kein verlässlicher Indikator für die thermoregulatorische Reaktion und das Wohlbefinden des Pferdes ist, höchstwahrscheinlich weil viele Faktoren die Hauttemperatur modulieren können, ohne die Kerntemperatur direkt zu beeinflussen.



Abbildung 7 Physikalische Wärmeübertragung bei trainierenden Pferden.

Legende: Blau = Wärmeableitung; Orange = Wärmestau.

Bild: Open Source Quelle 'Adobe stock images' modifiziert von Kang et al., 2023

Maulschleimhäute, Konjunktiven, Kapillarfüllungszeit (KFZ), Hautturgor (HT), Schweisscore (SC)

Zu allen Testphasen und bei allen Pferden waren die Maulschleimhäute blassrosa und feucht, was auf einen guten Gesundheitszustand der Pferde schliessen liess. Die Augenschleimhäute, Konjunktiven waren bei drei Pferden leicht gerötet, was auf Fliegen, Hitze und grelle Sonneneinstrahlung zurückgeführt wurde, bei Harison waren sie blassrosa (Tab. 7).

Die Kapillarfüllungszeit, welche durch Druck mit dem Zeigefinger am Zahnfleischrand ermittelt wird und einen zuverlässigen Index für die arterielle Durchblutungssituation darstellt, betrug bei allen Pferden 2 Sekunden, an der Grenze zum normalen Befund unter 2 Sekunden. Direkt und 10 min nach der Fahrt an den Hitzetests 1-4 war die KFZ bei allen Pferden mit 3 Sekunden erhöht. Es konnte gezeigt werden, dass die KFZ von Vollblut-Rennpferden 5 Minuten nach dem Training signifikant anstieg ($P < 0,05$) und nach 15 Minuten allmählich abnahm bzw. nach 60 Minuten den Zustand vor dem Training erreichte (Allam *et al.*, 2014, Morgan und Funquist, 2002). Dieser signifikante Anstieg der KFZ kann auftreten, wenn das Training in einer heissen und feuchten Umgebung durchgeführt wird. Arteriovenöse Anastomosen verbinden Arterien direkt mit Venen in der Haut. Durch die Öffnung dieser Gefäße wird der Blutfluss durch die Haut stark erhöht, wodurch die Wärmeabgabe zunimmt. Das Kapillarbett wird durch diesen Mechanismus umgangen, mit resultierender Verlängerung der KFZ (Guthrie und Lund, 1998).

Der Hautturgor wurde bei allen Pferden und an allen Testtagen und Testphasen als normal beurteilt. Ein erhöhter Hautturgor gilt als valabler Indikator für eine Dehydrierung (Pritchard *et al.*, 2006). Der Schweisscore war vor allem bei den Pferden Naoki, Harison und am stärksten bei Elegant erhöht, sowohl in der Pause und noch stärker nach Ende der Fahrt. Elegant war zudem sehr nervös, dieses Pferd schwitzte schon vor der Fahrt. Zeyner *et al.*, (2014) konnten zeigen, dass ein Score von 4 einen Schweissverlust zwischen 9.6 und 11.8 Litern, ein Score von 5 einen Schweissverlust zwischen 12.7 und 18 Litern bedeutete. Die Pferde entwickelten zudem einen weissen Schweisschaum (Abb. 5). Latherin, ein Protein im Pferdeschweiss, bildet diesen blasenartigen Schaum auf der Haut und verhindert, dass der Schweiss vom Fell abtropft, was die Verdunstung fördert (Hodgson, 2014).

4.5. Verhaltensbeobachtung allgemein und Trinkverhalten

Das Verhalten der Pferde war aufmerksam und interessiert. Auch nach der Fahrt waren die Pferde bei Ansprache aufmerksam, ansonsten entsprach die Körperhaltung einer Ruhehaltung mit dem Kopf unterhalb der Waagerechten. Dieses Verhalten entsprach dem 'Dösen' der Fiakerpferde in der Studie von Damberger *et al.*, (2008). Danach schildern die Pferde, zeigen eine Kopfhaltung unterhalb der Waagerechten, ein typisches Dösgesicht und kaum Ohrenspiel.

Das Trinkverhalten war unauffällig, allein beim Pferd Naoki wurde das Wasser unmittelbar nach der Fahrt in grossen Schlucken aufgenommen. Nach Pritchard *et al.*, (2006) wurde das Trinkverhalten an Hitzetagen dahingehend beschrieben, dass die Latenzzeit bis zur Wasseraufnahme verkürzt war, mehr Schlucke genommen wurden und eine längere Zeit zum Trinken gebraucht wurde. Dieses Verhalten war bei den vier Freibergpferden nicht oder nicht ausgeprägt sichtbar.

5 Zusammenfassende Beurteilung der Hitzetests in Interlaken

Weder Herz-, Atemfrequenz noch die Körpertemperatur wiesen während der Hitzetest und der intensiven Fahrstrecke auf eine Überforderung der Pferde hin. Indikatoren für Hitzestress, wie die flache, schnelle Atmung, die Schweissproduktion, sowie die erhöhte Kapillarfüllungszeit konnten die Thermoregulation der Pferde aufrechterhalten, eine Überhitzung lag nicht vor.

Alle Pferde befanden sich in einem sehr guten Fitnesszustand, was die tiefen Durchschnittsherzfrequenzen im Verhältnis zu Dauer der Trabphasen, den Steigungen und des erhöhten Energiebedarfes für die Thermoregulation bewiesen.

Die Fahrstrecke wurde bewusst weitaus anstrengender gestaltet als die gewöhnlichen touristischen Fahrten, was auch zu den unterschiedlichen Ergebnissen insbesondere in Bezug auf die Atemfrequenz gegenüber der Studie mit den Fiakerpferden in Wien geführt hat.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen auf, dass gesunde und fitte Kutschpferde trotz Temperaturen von über 30 Grad und ein WBGT-Index von bis zu 30 bei den gewöhnlichen Fahrten im Schritt mit kurzen Trabstrecken nicht überfordert sind.

Unter diesen klimatischen Bedingungen sind allerdings zwingend Vorkehrungen zu treffen, welche die Hitzebelastung reduzieren (Kapitel 6).

6 Massnahmen zur Reduktion der Hitzebelastung

Massnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung, welche vom Betrieb Voegeli bereits durchgeführt werden:

- Regelmässiges Tränken in den Pausen (an den Standplätzen befinden sich Wasserhydranten)
- Der Boden an den Standplätzen wird benässt, was zur Kühlung durch die Wasserverdunstung beiträgt (Abb. 8)
- Es werden möglichst Standplätze unter Schatten spendenden Bäumen gewählt (Abb. 8)
- Pausen für die Pferde werden während der heissesten Tageszeit (14.00-17.00 Uhr) eingeplant
- Auswechseln der Pferde



Abbildung 8: Kutsche des Betriebes Voegeli gegenüber dem Hotel Viktoria Jungfrau

Zusätzlich zu den bereits oben genannten Massnahmen zur Reduzierung der Hitzebelastung könnten noch das Abspritzen mit Wasser oder Kühldecken in Frage kommen.

Kühlungsmassnahmen, wie das Abspritzen der Pferde mit eiskaltem Wasser, senkte innerhalb von zehn Minuten die rektale Körpertemperatur um 1°C ab. (Jeffcott, 1995). Nach einer neueren Studie von Takahashi et al., 2020 war das Duschen mit Leitungswasser (26 °C) die wirksamste Methode zur Senkung der Kerntemperatur bei Pferden.

Ojima et al., (2022) schlagen in ihrer Studie die Verwendung von kühlenden, mit Eispacks gefüllten Pferddecke vor. Eine sanfte Abkühlung des Pferdekörpers konnte ohne den Einsatz von Wasser oder Ventilatoren erreicht werden, die Methode wurde zur wirksamen Reduzierung von Hitzestress im Stall empfohlen. Eine Kühldecke könnte unter Umständen eine Ergänzung zur Kühlung der Kutschpferde an den Standplätzen bieten, sollte das Abspritzen nicht möglich sein.

6 Dank

Unser Dank geht an den Dachverband Schweizer Tierschutz (STS) für den Projektauftrag und das in uns gesetzte Vertrauen. Wir danken weiter dem Betrieb Voegeli und den Pferden Naoki, Navaro, Harison und Elegant für die motivierte Mitarbeit an dieser Studie.



7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Touristische Rundfahrt mit einem typischen Gespann des Betriebes Voegeli	4
Abbildung 2: Versuchsablauf und Dauer der Schritt- und Trabphasen	7
Abbildung 3: Zusammenfassung der Messwerte (Puls, Atmung, Rektaltemperatur)	10
Abbildung 4 Aufnahmen mit der Wärmebildkamera während der Hitzetests	12
Abbildung 5 Schweisscore und Bilder der Pferde nach der Fahrt	13
Abbildung 6 Pferd Naoki bei der Wasseraufnahme nach der Fahrt am Hitzetest 1	15
Abbildung 7 Physikalische Wärmeübertragung bei trainierenden Pferden.	19
Abbildung 8: Kutsche des Betriebes Voegeli gegenüber dem Hotel Viktoria Jungfrau	21

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Untersuchungsparameter zu Beurteilung der Hitzebelastung	5
Tabelle 2 Zeitpunkt der erhobenen Parameter	7
Tabelle 3 Klimadaten bei der Probefahrt und den beiden Fahrten an Hitzetagen	8
Tabelle 4 Pferde, gefahrene Strecken und Geschwindigkeiten in km/h und m/s	8
Tabelle 5 Herzfrequenzen/min während der Testphasen und Erholung	9
Tabelle 6 Atemfrequenzen (AF/min), Atemtyp und Nüsternöffnung	10
Tabelle 7 Rektaltemperatur, Indikatoren der Kreislaufsituation und des Wasserhaushaltes der Pferde	11
Tabelle 8 Trinkverhalten und Verhalten der Pferde	14
Tabelle 9 WBGT, Rektaltemperatur °C und verschiedene Luftfeuchtigkeit in %	19

9 Literaturverzeichnis

- Allam M., ELseady Y., Nayel M., Elsify A., Salama A., Hassan H., Hassan M., Kamar A., 2014. Physiological and hemato-chemical evaluation of thoroughbred race horse after exercise. IJAVMS 8, 81-93.
- Art T., Votion D., Lekeux R., 1995. Physiological measurements in horses after strenuous exercise in hot, humid conditions. Equine Vet J. 27, 120-125. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb05017.x>
- Birlenbach Potard U. S., Leith D. E., Fedde M. R., 1998. Force, speed, and oxygen consumption in Thoroughbred and draft horses. J. Appl. Physiol. 84, 2052-2059; DOI 10.1152/jappl.1998.84.6.2052
- Bitschnau C., Jones J., Haldi J., Laukkanen R., Weishaupt M., 2013. White Paper – Polar Sport Zones for horses, 1-7; <https://www.polar.com/sites/default/files/static/science/white-papers/polar-sport-zones-for-horses-whitepaper.pdf>
- Brownlow MA, Dart AJ, Jeffcott LB, 2016. Exertional heat illness: a review of the syndrome affecting racing Thoroughbreds in hot and humid climates. Australian Vet J 94(7):240-247. <https://doi.org/10.1111/avj.12454>
- Caulfield MP, Cambridge H, Foster SF, McGreevy PD, 2014. Heat stress: a major contributor to poor animal welfare associated with long-haul live export voyages. Vet J 199(2):223-228. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.018>
- Clayton H.M., 1994. Comparison of the stride kinematics of the collected, working, medium and extended trot in horses. Equine Vet. J., 26:230-234. doi: 10.1111/j.2042-3306.1994.tb04375.x
- Collins E. V., Caine A. B., 2017. Testing draft horses. Bulletin 20, No. 240, Article 1; <https://core.ac.uk/download/pdf/128980608.pdf>
- Damberger A., Troxler J., Van den Hoven R., Winckler C., 2008. Hitzestressmessungen bei Fiakerpferden in Wien. Tierschutzombudsstelle Wien (TOW), https://www.vetmeduni.ac.at/fileadmin/news_import/Fiakerstudie_Endbericht.pdf
- Ehrlein H. J., von Engelhardt W., Hörnicke H., Tolkmitt G., Dusek J., 1970. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung bei Pferden. Zbl. Vet. Med. A. 17, 577-591
- Guthrie A. J., Lund R. J., 1998. Thermoregulation. Vet. Clin. North. Am. Equine Pract. 14, 45-59; DOI 10.1016/s0749-0739(17)30211-0
- Herholz, C., Siegwart J., Bruckmaier, R., Rytz, E., Lamon, I., Muhr, M., Stirnimann, R., 2022. [Kontinuierliche Zugkraftmessung und Leistungserhebung bei Arbeitspferden: eine Pilotstudie](https://doi.org/10.21836/PEM20220202) Pferdeheilkunde, 2(38), S. 109-117. Hippatrika Verlag GmbH [10.21836/PEM20220202](https://doi.org/10.21836/PEM20220202)
- Hodgson D.R., 2014. CHAPTER 8 - Thermoregulation. In: Hodgson, DR, McKeever KH, McGowan CM (eds) The athletic horse (Second Edition). W.B. Saunders, pp 108-124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00017-4>
- Hodgson D.R., McCutcheon L.J., Byrd S.K., Brown W.S., Bayly W.M., Brengelmann G.L., Gollnick P.D., 1993. Dissipation of metabolic heat in the horse during exercise. J Appl Physiol (Bethesda, Md :1985) 74(3):1161-1170. <https://doi.org/10.1152/jappl.1993.74.3.1161>
- Hyyppä S., 2005. Endocrinal responses in exercising horses. Livest. Prod. Sci 92, 113-121; <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.014>

Jeffcott L.B., 1995. Veterinary aspects of the Three-day-event at the 1994 World Equestrian Games. *Equine Vet. Educ.*; 7 (5) 249-252.

Kang H., Zsoldos R.R., Sole-Guitart A, Narayan E, Cawdell-Smith J, Gaughan J.B, 2023. Heat stress in horses: a literature review. *Int J Biometeorol.* 2023; 67(6): 957-973.
doi: [10.1007/s00484-023-02467-7](https://doi.org/10.1007/s00484-023-02467-7)

Lekeux P, Art T, Hodgson D.R., 2014. Chapter 9 - The respiratory system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: Hodgson DR, McKeever KH, McGowan CM (eds) *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine: second edition.* 2nd edition edn. Elsevier Inc., pp 125-154. [https:// doi. org/ 10. 1016/ B978-0- 7216- 0075-8. 00018-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00018-6)

Kapteijn C.M., Fripiat T., van Beckhoven C., vanLith H.A., Endenburg N., Vermetten .E., Rodenburg T.B., 2022. Measuring heart rate variability using a heart rate monitor in horses (*Equus caballus*) during groundwork. *Front.Vet.Sci.*, 9, DOI <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.939534>

Kohn C.W., Hinchcliff K.W., 1995. Physiological responses to the endurance test of a 3-day-event during hot and cool weather. *Equine Vet J* 27:31-36. DOI:[10.1111/j.2042-3306.1995.tb05005.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb05005.x)

Lindner A., Esser M., López R., Boffi F., 2020. Relationship between resting and recovery Heart Rate in Horses. *Animals* 10, 120; DOI [10.3390/ani10010120](https://doi.org/10.3390/ani10010120)

Lovell D.K., Rose J. 1995. Effects of post exercise activity on recovery from maximal exercise. *Equine vet. J. Suppl.* 18, 188-190.

Marlin D., 2009. Heat, humidity and horse welfare in the Olympic Games: learning from history. *Vet J* 182(3):373-374. [https:// doi.org/ 10. 1016/j. tvjl. 2009. 08. 025](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.08.025)

McKeever K.H., Eaton T.L., Geiser S., Keans C.F., Lehnhard R.A., 2010. Age related decreases in thermoregulation and cardiovascular function in horses. *Equine vet. J.*:42 (Suppl. 38) 220-227
doi: [10.1111/j.2042-3306.2010.00259.x](https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00259.x)

Morgan, K., 1996. Short-term Thermoregulatory Responses of Horses to Brief Changes in Ambient Temperature. Dissertation. Report 209. Swedish University of Agricultural Sciences Uppsala, Sweden.

Morgan K., Funkquist P., Nyman G., 2002. The effect of coat clipping on thermoregulation during intense exercise in trotters. *Equine vet. Suppl.* 34, 564-567.

Ojima, Y.; Torii, S.; Maeda, Y.; Matsuura, A., 2022. Effect of Cooling Blanket on the Heat Stress of Horses in Hot and Humid Environments. *Animals*, 12, 2505. <https://doi.org/10.3390/ani12192505>

Positionspapier COFICHEV (www.cofichev.ch), Vorbereitung und Betreuung von Pferden und Sportlern bei Reitsportveranstaltungen in einer thermisch anspruchsvollen Umgebung. Ed. Montavon S.

Pritchard J.C., Barr A.R.S., Whay H.R., 2006. Validity of a behavioural measure of heat stress and a skin tent test for dehydration in working horses and donkeys. *Equine Vet J* 38(5):433-438. [https:// doi. org/ 10. 2746/ 04251 64067 78400 646](https://doi.org/10.2746/042516406778400646)

Rammerstorfer C., Potter G.D., Brumbaugh G.W., Gibbs P.G., Varner D.D., Rammerstorfer E.H., 2001. Physiologic responses of acclimatized or non-acclimatized mature reining horses to heat stress: I. heart rate, respiration rate, lactate, rectal temperature, cortisol and packed cell volume. *J. Equ. Vet. Sci.*, 21 (9), 431-438. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(01\)70017-2](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(01)70017-2)

Schroter R.C., Marlin D.J., Jeffcott L.B., 1996. Use of the wet bulb globe temperature (WBGT) index to quantify environmental heat loads during three-day-event competitions. *Equine Vet J* 28(S22):3-6. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1996.tb05025.x>

Spedding C.R.W., 2000. What is animal welfare and why does it matter? In: Spedding CRW (ed) *Animal welfare.* Earthscan Publications, London, Sterling, VA, pp 9-29

Takahashi Y., Ohmura H., Mukai K., Shiose T., Takahashi T., 2020. A Comparison of five cooling methods in hot and humid environments in Thoroughbred horses. *J Equine Vet* 91: 103130-103130. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.103130>

Verdegaal E-L.J.M.M., Howarth G.S., McWhorter T.J., Delesalle C.J.G., 2022. Is Continuous Monitoring of Skin Surface Temperature a Reliable Proxy to Assess the Thermoregulatory Response in Endurance Horses During Field Exercise? *Front. Vet. Sci.* 9:894146. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.894146>

Von Wittke P., Lindner A., Deegen E., Sommer H., 1994. Effects of training on blood lactate-running speed relationship in thoroughbred racehorses. *J. Appl. Physiol.* 1, 298-302; DOI 10.1152/jappl.1994.77.1.298

Zeyner, A; Romanowski, K.; Vernunft, A.; Harris, P.; Kienzle, E., 2014. Scoring of sweat losses in exercised horses – a pilot study; *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98, S. 246-250

10 Anhang

Fotos und Videos digital