

Aus dem Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde,
Tierhygiene und Tierhaltung,
Veterinärwissenschaftliches Department
der Tierärztlichen Fakultät München
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Vorstand: Prof. Dr. M. H. Erhard

Angefertigt unter der Leitung von Prof. Dr. M. H. Erhard

**Wirkung eines synthetischen Equinen Appeasing Pheromons (E.A.P.) auf das
Stressgeschehen von Pferden beim Transport**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät München
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von Dirk Schellhoff

aus

Essen

München 2009

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

Dekan: Univ.-Prof. Dr. J. Braun

Referent: Univ.-Prof. Dr. M. H. Erhard

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. B. Wollanke

Tag der Promotion: 6. Februar 2009

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	X
1 Einleitung	1
2 Literatur	2
2.1 Pheromone	2
2.1.1 Chemische Kommunikation	2
2.1.2 Pheromone bei Säugetieren	3
2.1.3 Appeasing-Pheromone	6
2.1.4 Appeasing-Pheromone beim Pferd	7
2.2 Pferdetransport	8
2.2.1 Stress beim Pferdetransport	8
2.2.2 Lernverhalten von Pferden	9
2.2.3 Rechtliche Bestimmungen	10
2.3 Physiologische Parameter	10
2.3.1 Herzfrequenz	10
2.3.2 Körpertemperatur	11
2.4 Blutparameter	12
2.4.1 Glucose	12
2.4.2 Laktat	13
2.4.3 Kreatinin	14
2.4.4 Kreatininkinase	14
2.4.5 Cortisol	15
2.4.6 Leukozyten, Differentialblutbild, Hämatokrit und Hämoglobin	16

3	Tiere, Material und Methoden	18
3.1	Tiere	18
3.2	Versuchsaufbau	18
3.3	Versuchsablauf	20
3.4	Probengewinnung	24
3.4.1	Blutentnahme	24
3.4.2	Probenbehandlung	24
3.5	Herzfrequenzmessung	24
3.6	Körpertemperatur	25
3.6.1	Rektale Körpertemperatur	25
3.6.2	Infrarot-Thermometrie	25
3.7	Videoauswertung	25
3.8	Bestimmung von Laborparametern	26
3.8.1	Glucose, Laktat, Kreatinin, Kreatininkinase, Differentialblutbild und rotes Blutbild	26
3.8.2	Cortisol im Serum Testprinzip (ELISA) Herstellung einer Qualitätskontrolle	28
3.9	Statistische Auswertung	29
4	Ergebnisse	30
4.1	Äußere Bedingungen	30
4.2	Messwerte	30
4.2.1	Verladedauer	30
4.2.2	Herzfrequenz	32
4.2.2.1.	Verladen	32
4.2.2.2.	Transport	33
4.2.3	Körpertemperatur	42

4.2.4	Atemfrequenz	53
4.2.5	Cortisol	59
4.2.6	Glucose	64
4.2.7	Laktat	67
4.2.8	Kreatinin und Kreatininkinase	70
4.2.9	Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration	76
4.2.10	Verhaltensbeobachtung	83
5	Diskussion	92
5.1	Methoden und Versuchsaufbau	92
5.2	Ergebnisse	93
5.2.1	Verladedauer	93
5.2.2	Physiologische Parameter	93
5.2.2.1	Herzfrequenz	93
5.2.2.2	Körpertemperatur	94
5.2.3	Blutparameter	95
5.2.3.1	Cortisol	95
5.2.3.2	Glucose	95
5.2.3.3	Laktat, Kreatinin und Kreatininkinase	96
5.2.3.4	Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration	96
5.2.4	Verhaltensbeobachtung	97
5.3	Schlussbetrachtung	98
6	Zusammenfassung	100
7	Summary	103
8	Literaturverzeichnis	105
	Danksagung	117
	Lebenslauf	119

Abkürzungsverzeichnis

ACTH	Adrenokortikotropes Hormon
ADP	Adenosin - Diphosphat
AF	Atemfrequenz
ATP	Adenosin - Triphosphat
bpm	beats per minute
° C	Grad Celsius
CGB	Corticosteroid binding protein / Transcortin
CK	Kreatininkinase
cm	Zentimeter
Crea	Kreatinin
CRH	Cortisol Releasing Hormon
D.A.P.	Dogs Appeasing Pheromon
E.A.P.	Equines Appeasing Pheromon
EDTA	Ethylen-diamin-tetra-acetat
ELISA	Enzyme – Linked Immunosorbent Assay
IU	Internationale Einheiten (International Units)
km	Kilometer
KOT	Körperoberflächentemperatur
Min.	Minuten
MW	Mittelwert
NN	Normal Null
OD	Optische Dichte
p	prozentuale Veränderung
P.A.P.	Porcines Appeasing Pheromon
RT	Rektale Temperatur
STABW	Standardabweichung
TierSchTrV	Tierschutztransportverordnung
VK %	Variationskoeffizient
VNO	Vomeronasales / Jakobsonsches Organ

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Interassayvariation in Abhängigkeit der Pferde-Serum-Cortisolkonzentrationen	28
Tabelle 2: Intraassayvariation in Abhängigkeit zum Pferde-Serum-Pool (1:25)	28
Tabelle 3: Verladedauer der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 in Minuten (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	31
Tabelle 4: Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim Verladevorgang (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	32
Tabelle 5: Durchschnittliche Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim 36-minütigen Transport (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	34
Tabelle 6: Körperoberflächentemperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	43
Tabelle 7: Rektale Temperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	46
Tabelle 8: Prozentuale Veränderung der Körperoberflächentemperatur zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	48

Tabelle 9: Prozentuale Veränderung der Rektalen Temperatur zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	49
Tabelle 10: Prozentuale Veränderung der KOT zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	51
Tabelle 11: Prozentuale Veränderung der RT zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	52
Tabelle 12: Atemfrequenz pro Minute der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	54
Tabelle 13: Prozentuale Veränderung der AF zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und den Transportwerten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	56
Tabelle 14: Prozentuale Veränderung der AF zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	57
Tabelle 15: Cortisolwerte in nmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	59

Tabelle 16: Prozentuale Veränderung des Cortisolwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	63
Tabelle 17: Glucosewerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	64
Tabelle 18: Prozentuale Veränderung des Glucosewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	66
Tabelle 19: Laktatwerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	67
Tabelle 20: Prozentuale Veränderung des Laktatwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	69
Tabelle 21: Kreatininwerte in $\mu\text{mol/l}$ der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	70
Tabelle 22: Kreatininkinasewerte in $\mu\text{kat/l}$ der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	72

Tabelle 23: Prozentuale Veränderung des Kreatininwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	74
Tabelle 24: Prozentuale Veränderung des Kreatininkinasewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	75
Tabelle 25: Hämatokrit in % der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	77
Tabelle 26: Hämoglobin in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	79
Tabelle 27: Prozentuale Veränderung des Hämatokritwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (n = 17 Pferde)	81
Tabelle 28: Prozentuale Veränderung des Hämoglobinwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	82
Tabelle 29: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Scharren“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	83
Tabelle 30: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Umsehen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	85

Tabelle 31: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Wiehern“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	86
Tabelle 32: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kopfschlagen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	87
Tabelle 33: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Steigen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	88
Tabelle 34: Dichotome Betrachtung des Verhaltensmerkmals „Steigen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	89
Tabelle 35: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Schnauben“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	90
Tabelle 36: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kotabsatz“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	91

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Semiochemicals nach MAYER 2005	3
Abbildung 2: Pferdeanhängeraufbau vor Verladebeginn	19
Abbildung 3: 30-minütige Wartezeit der Pferde in der Box	21
Abbildung 4: Applikation der Pheromon/Placebo Lösung durch zweimaligen Pumpsprühstoß in jede Nüster	21
Abbildung 5: Messung der physiologischen Parameter (Messzeitpunkt 1)	22
Abbildung 6: Verladevorgang	22
Abbildung 7: Grafische Darstellung des Versuchablaufs	23
Abbildung 8: Verladedauer der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 in Minuten (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	31
Abbildung 9: Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim Verladevorgang (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	33
Abbildung 10: Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim Transport (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	34
Abbildung 11: Herzfrequenzkurve eines Pferdes (Nr. 17) über den gesamten Messzeitraum	36
Abbildung 12: Verlauf der mittleren Herzfrequenzen während des Transports, der vier Versuchsdurchgänge, der Gruppen Pheromon (blau) und Placebo (rot) im Vergleich (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	37

Abbildung 13: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 1 (n = 8 Pferde)	38
Abbildung 14: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 1 (n = 9 Pferde)	38
Abbildung 15: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 2 (n = 8 Pferde)	39
Abbildung 16: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 2 (n = 9 Pferde)	39
Abbildung 17: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 3 (n = 8 Pferde)	40
Abbildung 18: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 3 (n = 9 Pferde)	40
Abbildung 19: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 4 (n = 8 Pferde)	41
Abbildung 20: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 4 (n = 9 Pferde)	41
Abbildung 21a: Körperoberflächentemperatur in °C (Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	44
Abbildung 21b: Körperoberflächentemperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	45

Abbildung 22: Rektale Temperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	47
Abbildung 23: Mittlere prozentuale Veränderung der KOT zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	49
Abbildung 24: Mittlere prozentuale Veränderung der RT zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	50
Abbildung 25: Mittlere prozentuale Veränderung der KOT zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	51
Abbildung 26: Mittlere prozentuale Veränderung der RT zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	53
Abbildung 27: Atemfrequenz pro Minute der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	55
Abbildung 28: Mittlere prozentuale Veränderung der AF zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und den Transportwerten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	56

Abbildung 29: Mittlere prozentuale Veränderung der AF zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	58
Abbildung 30a: Cortisolwerte im Serum in nmol/l (Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	60
Abbildung 30b: Cortisolwerte im Serum in nmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	61
Abbildung 31: Mittlere prozentuale Veränderung des Cortisolwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	63
Abbildung 32: Glucosewerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	65
Abbildung 33: Mittlere prozentuale Veränderung des Glucosewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	66
Abbildung 34: Laktatwerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	68

Abbildung 35: Mittlere prozentuale Veränderung des Laktatwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	69
Abbildung 36: Kreatininwerte in $\mu\text{mol/l}$ der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	71
Abbildung 37a und 37b: Kreatininkinasewerte in $\mu\text{kat/l}$ (rechts Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	73
Abbildung 38: Mittlere prozentuale Veränderung des Kreatininwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	74
Abbildung 39: Mittlere prozentuale Veränderung des Kreatininkinasewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	76
Abbildung 40: Hämatokrit in % der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	78
Abbildung 41a und 41b: Hämoglobin in mmol/l (rechts Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	80

Abbildung 42: Mittlere prozentuale Veränderung des Hämatokritwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	81
Abbildung 43: Mittlere prozentuale Veränderung des Hämoglobinwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	82
Abbildung 44: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Scharren“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	84
Abbildung 45: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Umsehen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	85
Abbildung 46: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Wiehern“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	86
Abbildung 47: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kopfschlagen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	87
Abbildung 48: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Steigen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	88
Abbildung 49: Dichotome Betrachtung des Verhaltensmerkmals „Steigen“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	89
Abbildung 50: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Schnauben“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	90
Abbildung 51: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kotabsatz“ (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)	91

1 Einleitung

Durch die wachsende Mobilität des Menschen gewinnt auch für den Freizeitpartner und das Nutztier Pferd der Transport immer mehr an Bedeutung. So ist es für ein durchschnittliches Sportpferd üblich mehrmals in der Woche über kurze und teilweise auch längere Wege zum Training und auch zu Turnierveranstaltungen transportiert zu werden. Nicht selten werden Schlachtpferde grenzübergreifend über mehrere hundert Kilometer transportiert und Zucht- und Sportpferde bereisen im internationalen Handel und Sport mehrere Kontinente. Dadurch kommt es zu einer nicht unerheblichen Stressbelastung beim Fluchttier Pferd mit der Gefahr verschiedener stressbedingter Nebenwirkungen.

Dieser Stress kann gerade beim jungen Tier nicht nur beim Transport, sondern auch bei anderen neuen Aufgaben und Erfahrungen, wie dem Absetzen von der Mutterstute, dem ersten Besuch beim Hufschmied oder dem Anreiten eine Belastung darstellen. Dieses Stressgeschehen kann die Leistungsbereitschaft eines Pferdes reduzieren, sowie auch zu gesundheitlichen Problemen führen.

Die Gabe eines synthetischen Pheromons wäre nun ein möglicher Ansatz diese Stressbelastung ohne Nebenwirkungen zu reduzieren, und somit die Leistungsfähigkeit und die Gesundheit des Pferdes positiv zu beeinflussen.

Ziel dieser Arbeit ist es zum einen die stressreduzierende Wirkung eines synthetischen Equinen Appeasing Pheromons E.A.P. (Pherocalm®, Merial) anhand von physiologischen Parametern zu untersuchen und zum anderen die Wirkung unter ethologischen Gesichtspunkten zu beurteilen. Um den größtmöglichen Praxisbezug zu bekommen wurde als Feldversuch der Transport von Jungpferden gewählt.

2 Literatur

2.1 Pheromone

Neben dem Sehen, Hören und Fühlen existiert noch eine weitere Möglichkeit des Reizaustausches: Geruchsbedingte Kommunikation über Duftstoffe, der sich zahlreiche Arten aus dem Tier- und Pflanzenreich zur Verständigung, der chemischen Kommunikation, bedienen.

Pheromone sind Botenstoffe, die der biochemischen Kommunikation zwischen Lebewesen einer Spezies dienen. Der Begriff wurde von KARLSSON, LÜSCHER (1959) und BUTENANDT (1959) geprägt.

2.1.1 Chemische Kommunikation

Kommunikation und speziell chemische Kommunikation findet schon auf Einzellerebene statt (BROSSUT, 1996). Der vom lateinischen *communicare* (teilen, mitteilen) stammende Begriff „Kommunikation“ wird vereinfacht definiert als „das Senden eines Stimulus durch ein Individuum, welches eine Reaktion bei einem Anderen hervorruft“. Zu den wichtigsten gehören chemische (Geschmack, Geruch), mechanische (Tastsinn, Gehör) und strahlenbedingte (Sehen) Stimuli (WILSON, 1963).

Die „Chemosensation“ ist der im Tierreich verbreitetste Sinn und unter bestimmten Umgebungen den visuellen und auditiven Sinnen überlegen, da auch über weitere Strecken und einen längeren Zeitraum eine Wirkung möglich ist (DOTY, 1986).

Lange Zeit wurde geruchsbedingte chemische Kommunikation in der Tierwelt mit einem Instinktverhalten erklärt und erst im 18. Jahrhundert der Einfluss von Gerüchen festgestellt.

Das erste bekannte Pheromon, der Sexuallockstoff Bombykol, wurde 1959 von BUTENANDT aus weiblichen Seidenspinnern (*Bombyx mori*) isoliert (BROSSUT, 1996; RÖHL, 2000).

2.1.2 Pheromone bei Säugetieren

Pheromone sind Stoffe, die zur Informationsübermittlung zwischen Individuen der gleichen Arten dienen und zur Gruppe der Semiochemicals gehören. Sie sind chemische Signalstoffe, die eine spezifische Reaktion hervorrufen (Sommerville, 1998).

Eingeführt wurde der Begriff „Pheromone“ 1959 von KARLSON und LÜSCHER und vom griechischen pherein (übertragen) und hormán (erregen) abgeleitet.

Die Semiochemicals lassen sich in die Allelochemicals und die Pheromone unterteilen, wobei die Allelochemicals interspezifisch wirken. Die wichtigsten Vertreter der Allelochemicals sind die Allomone, die beim Empfangsorganismus Reaktionen auslösen, die dem Emitter einen Vorteil bringen, und die Kairomone, die sich nachteilig für den Emitter und vorteilhaft für den Empfänger auswirken (s. Abb.1) (BROWN et al., 1970).

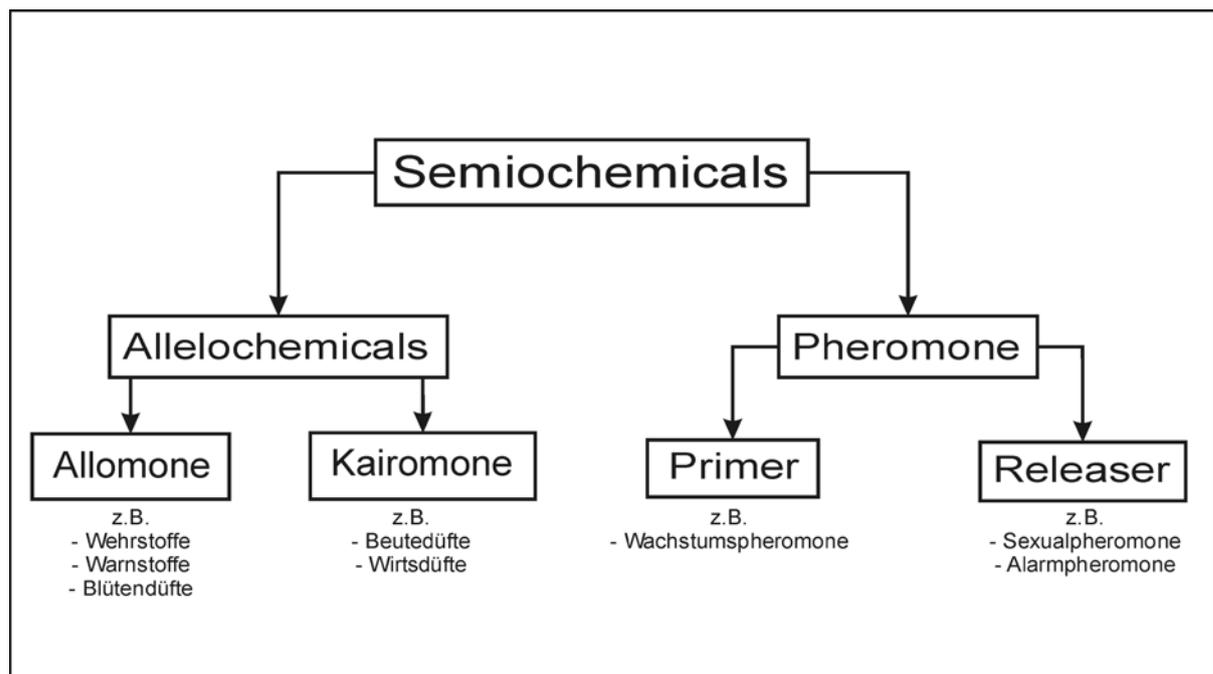


Abbildung 1: Semiochemicals nach MAYER (2005)

Pheromone sind ein Gemisch von Substanzen, die Auswirkungen auf ein Verhalten oder die Physiologie von Individuen einer Art haben (GARBE, 1992; BROSSUT, 1996), deren Speziespezifität, bei einer begrenzten Anzahl von Substanzen, durch Variationen der Mischungen gesichert wird (CLAUS, 1994). Trotzdem ist es möglich,

dass bei verschiedenen Tierarten vergleichbare Mischungen vorkommen und somit auch zwischen unterschiedlichen Arten Effekte auftreten können. Ziegenböcke können z.B. eindeutig pheromonbedingt den Zyklus von Schafen induzieren, andererseits sind Pheromone vom Schafbock ohne Wirkung auf Ziegen (OVER et al., 1990).

Pheromone können in Primer- und Releaser-Pheromone unterteilt werden, Releaser-Pheromone bewirken beim Empfängerindividuum eine unmittelbare Verhaltensänderung, Primer-Pheromone dagegen bewirken eine physiologische Veränderung des endokrinen Systems und aktivieren somit die Empfangsbereitschaft für nachfolgende Signale (WILSON, 1965). Diese Unterteilung hat sich aber bei Säugetieren als nicht sinnvoll erwiesen, da ein Pheromon eine komplexe zentralnervale Reaktion hervorrufen kann, die beide Bereiche betreffen können (CLAUS, 1994).

Nach Art der Wirkung sind in der Literatur mehrere Unterteilungen bekannt: Sexualpheromone, Alarmpheromone, Brutpflegepheromone, Territorialpheromone, Aggregationspheromone, Spurpheromone und Dispersalpheromone (ERLER, 1992; BROSSUT, 1996).

Die alleinige Erkennung eines Individuums über den Geruch ist experimentell belegt (MÜLLER-SCHWARZE, 1974) und insbesondere bei Labornagern erforscht. Die chemische Signatur ist einerseits genetisch geprägt (YAMAGUCHI et al., 1981), andererseits hängt sie von äußeren Einflüssen wie Ernährung und bakterieller Flora der Hautdrüsen ab (BROWN et al., 1990).

Obwohl im Insektenbereich die Pheromone bei einigen Arten chemisch identifiziert und analysiert wurden, sind die Erfahrungen mit Säugetierpheromonen eher begrenzt. Besonders bei den Vertebraten erreichte das chemisch-sensitive System seine größte Komplexität. Bei den Säugetieren stimulieren Gerüche verschiedene intranasale chemosensorische Strukturen, einschließlich die Rezeptoren des ersten Gehirnnerven (Nervus opticus), freie Nervenendigungen des fünften Gehirnnerven (Nervus trigeminus), sowie spezialisierte epithelialisierte Rezeptoren des Jakobsonschen Organs (DOTY, 1986).

Da neben Pheromonen auch eine Vielzahl von anderen Stimuli bei Verhaltensreaktionen und auch zum Teil komplexe psychische Einflüsse eine Rolle spielen, jede größere Klasse der inter- und intraspezifischen Kommunikation über Duftstoffe hat seine visuellen und auditiven Analoge (DOTY, 1986), erfordert die

Untersuchung der Wirkungsweise und Bedeutung von Säugetierpheromonen einen komplexen ethologischen Versuchsaufbau.

Während die Regio olfactoria der Nasenschleimhaut für die Wahrnehmung von Gerüchen verantwortlich ist und obwohl das Vomeronasale Organ (VNO / Jakobsonsches Organ) meistens nicht alleine an der Wahrnehmung von Pheromonen beteiligt ist spielt es doch eine wichtige Rolle (BROSSUT, 1996). Es wird angenommen, dass nichtflüchtige Semiochemicals (Flüssigkeiten oder Aerosole) mit dem VNO aufgenommen, flüchtige mit dem olfaktorischen Sinn erfasst werden. Dies deutet sich auch über das 'Flehmen' an (DOTY, 1986). 'Flehmen' ermöglicht und verbessert das Zuführen der Duftmoleküle an das VNO, dabei wird die Nasenhöhle durch Hochziehen der Lippen verschlossen und der Geruchssinn ausgeschaltet, sowie die Schnauze oder das Maul angehoben, was zu einer typischen Kopfhaltung führt (PFLUM, 1989; BROSSUT, 1996). Diese Intensivierung wurde bei verschiedenen Spezies beobachtet, so wurden bei Katzen spezielle Bewegungen der Lippen und Zunge beschrieben, um Luft in das VNO zu drücken; auch bei Schweinen und Ziegen wurde das typische Hochziehen der Oberlippe beobachtet (BEATA, 2001). Oft wird auch der zu untersuchende Duftstoff, wie z.B. Urin direkt mit dem VNO in Kontakt gebracht (Brossut, 1996; RASMUSSEN et al., 1982), so konnte man bei Hamstern den Farbstoff, aus bei Weibchen gefärbtem Urin im VNO der Männchen nachweisen (DOTY, 1986; BROSSUT 1996). Bei manchen Arten, wie z.B. Hund, Hamster, Katze und Ziege konnte ein adrenerg gesteuerter Pumpmechanismus nachgewiesen werden, wodurch die Flüssigkeit ins VNO gesogen wird (WYSOCKI, 1979).

Das VNO ist mit Riechschleimhaut ausgekleidet und mündet außer bei Nagetieren über den Ductus nasopalatinus in die Mundhöhle (PFLUM, 1989). Es befindet sich röhrenförmig beidseits direkt neben der Nasenscheidewand unter der Riechschleimhaut und wird von einer knorpeligen oder knöchernen Hülle umschlossen. Rostral steht es über den Ductus incisivus mit der Mund- und Nasenhöhle, beim Pferd nur mit der Nasenhöhle in Verbindung. Die Schleimhaut entspricht der Riechschleimhaut, mit der Ausnahme, dass die Riechhärchen keine Cilienstruktur besitzen, sondern sehr lange Microvilli sind (NICKEL et al., 1992).

Entstehungsorte von Pheromonen sind spezielle Regionen der Haut mit Duftdrüsen mit oder ohne speziellen Speicher, bei denen drei Typen unterschieden werden: merokrine (ekrine), apokrine und holokrine Drüsen (BROSSUT, 1996). Die

Lokalisation dieser Drüsen ist je nach Art variabel, so besitzen einige Paarhufer Drüsen an den Enden der Gliedmassen (Interdigitaldrüsen), bei Fleischfressern sind häufig in der Analgegend Drüsen zu finden (PFLUM, 1989). Über Kot, Urin und Speichel werden ebenfalls Stoffe ausgeschieden, die der chemischen Kommunikation dienen (MUGFORD und NOWELL, 1970; DOTY, 1986; BROSSUT, 1996).

2.1.3 *Appeasing-Pheromone*

Neugeborene Tiere werden über Geruchsstoffe zum Euter gelockt, dadurch wird die lebenswichtige erste Aufnahme des Kolostrums gewährleistet, so können Lämmer anhand vom Geruch des Fruchtwassers ihre Mutter von fremden Schafen unterscheiden (SCHAAL et al., 1995). Pheromonhaltige Sekrete der inguinalen Hautdrüsen haben dabei eine anziehende Wirkung und stimulieren die Atmung, sowie die orale Aktivität (VINCE und WARD, 1984). Diese ersten Stunden der Geburt sind entscheidend für das Wecken des Mutterinstinktes und die Mutter-Kind Bindung bei Schaf und Lämmern (POINDRON und LE NEINDRE, 1980). Versuche haben bei Rindern (LE NEINDRE und GAREL, 1976), bei Ziegen (ROMEYER et al., 1994a, b) und auch bei Stute und Fohlen (WOLSKI, 1980) ähnliche Mechanismen beim Beziehungsaufbau nachgewiesen.

Unmittelbar nach der Geburt wird ein Anstieg der Produktion von 'Appeasing Pheromon' in der so genannten 'wax region', einer speziellen, haarlosen Stelle an der inneren Flanke des Oberschenkels direkt vor dem Euter, beobachtet. Diese Pheromone setzen sich aus einfachen Fettsäuren, vor allem Olein-, Palmitin- und Linolensäure, zusammen, deren unterschiedliche Proportionen und geringen Bestandteile sie spezifisch und effektiv machen. Die Klassifizierung der verschiedenen Pheromone ermöglicht mittlerweile eine synthetische Herstellung, deren Wirkung nicht nur auf Jungtiere beschränkt ist, sondern auch bei adulten Tieren zu beobachten ist (BEATA, 2001).

Die entstehenden Effekte können in zootechnische Effekte und Relaxing Effekte eingeteilt werden, wobei die zootechnische Anwendung eine bessere tägliche Gewichtszunahme ermöglichen kann und die Relaxing Effekte zu einer Stressreduktion, z.B. bei neuen Situationen für einen Welpen (Dogs Appeasing Pheromone – D.A.P.) führen soll. So wurde bei Hunden das D.A.P. als erstes und einziges Pheromon zur Verhaltenstherapie eingesetzt und führte mit Vaporisator

angewendet über mehrere Wochen bei einigen Fallbeispielen zum Erfolg (SCHMIDT, 2003).

Transportuntersuchungen bei Schlachtschweinen ergaben einen signifikant niedrigeren Cortisolspiegel und eine Verbesserung der Fleischqualität bei den mit Porcinem Appeasing Pheromone (P.A.P.) behandelten Schweinen, was auf eine bessere Verarbeitung des Transportstresses und eine Reduzierung der Belastung hindeutet (MAYER, 2005).

2.1.4 Appeasing-Pheromone beim Pferd

Pferde haben einen weit entwickelten Geruchssinn, über den auch ein Großteil der sozialen Kommunikation abgewickelt wird. Das reproduktionsbezogene Riechvermögen eines Hengstes reicht fast einen Kilometer weit (CAPE und MORRIS, 1988).

Die über das VNO aufgenommenen maternalen Pheromone sind beim Pferd bekannt und können synthetisch hergestellt werden. Dieses Produkt eines beruhigenden equinen Pheromons basiert auf den natürlichen Duftstoffen, die in den speziellen Hautdrüsen der wax-region gebildet werden, und wird in Deutschland von der Firma MERAL unter dem Produktnamen Pherocalm® vertrieben.

Verschiedene Studien der Entwicklungsgesellschaft 'Pherosynthese Research Center' ergaben in einem 'fear eliciting test', dass E.A.P. zu einer geringeren Herzfrequenz und einer geringeren Annäherungszeit an ein neues Objekt führt, sowie die Pheromonotherapie eine neue therapeutische Methode zu sein scheint, die dem Praktiker erlaubt Verhaltensstörungen in einer natürlichen, spezifischen und sicheren Art und Weise zu behandeln (FALEWEE et al., 2006).

Die Stressreduktion während des ersten Trainings von Fohlen und Jungpferden wurde nicht signifikant bewiesen (RILEY, GROGAN und MC DONNALL, 2003), doch das problematische Verladen von nervösen Pferden soll mit E.A.P. erleichtert werden (BEATA, 2001). Der Vergleich eines E.A.P. mit einem Placebo in einem 'fear eliciting test', der auf den Tests der französischen „Haras Nationaux – Institut für Rennpferde“ basiert, zeigte einen klaren Effekt der E.A.P.-Behandlung auf die Ausführung der Aufgaben. FALEWEE et al. (2006) untersuchte die Effekte des E.A.P. hinsichtlich Angstzuständen, die neue stressreiche Situationen auslösen und berichtete, dass E.A.P.-behandelte Pferde nach einer kürzeren Zeit durch einen gefransten Vorhang liefen und dabei eine geringere Herzfrequenz aufwiesen, als unbehandelte Pferde.

Die Pferde zeigten einen Zusammenhang zwischen schlechter zeitlicher Bewältigung und ihren Verhaltensreaktionen, jedoch ohne statistische Signifikanz (FALEWEE et al., 2006).

2.2 Pferdetransport

2.2.1 Stress beim Pferdetransport

Pferde, die von allein in einen Pferdetransporter gehen, gibt es, Sie sind aber in der Minderzahl. Es erfordert ein gewisses Vertrauen des Pferdes, dem Führenden in einen oftmals nicht einladenden Transporter (Lichtirritationen, fehlende Einstreu, un stabile Verladerampe) zu folgen. Dazu kommen verschiedene schlechte Erfahrungen, die das Pferd während des Transportes oder während des Verladevorgangs gemacht haben könnte (SCHRAMM, 1986).

Stress kann definiert werden als die Summe der nicht spezifischen biologischen Phänomene, die durch widrige äußere Einflüsse ausgelöst werden (DIETZ und HUSKAMP, 1999). Unterteilt werden diese Einflüsse in endogene (z.B. Infektionen) und exogene (z.B. Lärm) Stressoren, aus denen sich in Ihrer Summe Stress entwickelt (LADEWIG, 1994). Verschiedene, nicht unmittelbar miteinander in Beziehung stehende Stimuli können in einem Lebewesen einen „Stresszustand“ hervorrufen (SELYE, 1950).

Selbst „normale“ Aktivitäten, wie ein Kurztransport, eine Umstallung oder eine ungewohnte Umgebung führen beim Fluchttier Pferd zu vermehrtem Stress und einer erhöhten Anfälligkeit für Magengeschwüre (MC CLURE et al., 2005).

Gerade auch beim Transport ist die mit dem dazugehörigen Stress verbundene Immunsuppression, die zu einer erhöhten Infektionsgefahr führen kann (WONG et al., 1992), eine ernst zu nehmende Gefahr und z.B., als 'shipping fever' bekannt. Erhöhter Transportstress führte bei Rindern zu einer Abnahme der pulmonären Alveolar-Makrophagen (ANDERSON et al., 1985), zu einer Erhöhung der peripheren Blutleukozyten und Neutrophilen (LEADON et al., 1990; YAMUACHI et al., 1993) und auch erhöhte Plasma-Cortisol-Werte wurden nach Transport als Folgen von Stress gesehen (LINDEN et al., 1991).

Die Körperhaltung der transportierten Pferde signalisiert, wie viel Stress das Pferd ausgesetzt ist. Pferde nehmen, in einem sich bewegenden Fahrzeug, oft eine unnatürlich hohe Kopfhaltung ein, um die Balance zu halten (CLARK et al., 1993;

WARAN, 1993). In einem Versuch mit 30 unangebunden in einem LKW transportierten Pferde konnten keine physiologischen Parameter festgestellt werden, die auf eine besondere Stressbelastung hindeutet (FRIEND et al., 1998). Auf beiden Seiten angebundene Pferde zeigten nach 24 Stunden Transport signifikant höhere Stressparameter (STULL und RODIEK, 2002) und eine Depression des Immunsystems (RAIDAL et al., 1995; RAIDAL, 1996).

2.2.2 Lernverhalten von Pferden

Lernen ist beim Pferd, ebenso wie bei anderen höher organisierten Lebewesen, ein psychophysischer Prozess, der als „arterhaltende sinnvolle (adaptive) Modifikation des Verhaltens“ zu verstehen ist (LORENZ, 1973), um ihre Leistung bzw. Leistungsfähigkeit zu optimieren.

Die Speicherung von Informationen ist nicht nur von deren erstem Erwerb, sondern auch von deren Respektierung oder „Auswertung“ zu unterscheiden was bedeutet, dass nicht alle respektierten Informationen abrufbar aufbewahrt werden und überlebenswichtige Inhalte (z.B. Schlüsselreize für die Nahrungsaufnahme oder Flucht) schneller gelernt werden, als existenzirrelevante Inhalte.

Gelernte Reiz-Reaktions-Zusammenhänge, die nicht regelmäßig bestätigt werden, bestehen meist nur dann zuverlässig fort, wenn sie von Zeit zu Zeit exemplarisch bestärkt werden. Ein Beispiel hierfür bildet die Desensitivierung (Gewöhnung) des Pferdes gegenüber ursprünglich angstausslösenden Reizen. Der Abbau der Angst und das „Vertrauen“, dass dem Pferd gegenüber solchen Reizen „beigebracht“ wurde, schwinden bald wieder, wenn die Pferde mit solchen Reizen nicht mehr konfrontiert werden.

Der Prozess der Desensitivierung besteht darin, den Schwellenwert – aufgrund der folgenlosen mehrfachen Wiederholung des gleichen Reizes – zu erhöhen (MEYER, 2007).

Die Desensitivierung kann bei gleichzeitiger Konfrontation mit verschiedenen „aversiven“ Reizen auch zum Gegenteil, zur Sensitivierung auf den unangenehmen Reiz, führen (MCGREEVY, 2004). Diese Verstärkung tritt auf, wenn auf die Gewöhnung, bei der ersten Konfrontation, verzichtet wird und ist besonders verbreitet bei der mit begrenzter Vorsicht behandelten Aversion der Pferde, sich über eine relativ instabile Rampe in einen engen dunklen Pferdeanhänger zu bewegen (MEYER, 2007).

2.2.3 Rechtliche Bestimmungen

Durch die wachsende Mobilität vieler Menschen und den auch international wachsenden Markt steigt die Zahl privater und wirtschaftlicher Pferdetransporte stetig. Den Schutz von Tieren beim Transport regelt die EG-Verordnung über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen, sowie die daraus resultierende Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport (Tierschutztransportverordnung – TierSchTrV – Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates) in der aktuellen Fassung vom 31. Oktober 2006, in der die Grundlagen eines tierschutzgerechten Transports gewerblich transportierter Tiere dargelegt werden.

Unter „Transport“ versteht man das Befördern von Tieren in einem Transportmittel einschließlich des Verladens. Weiter darf ein Wirbeltier nur befördert werden, sofern sein körperlicher Zustand den geplanten Transport erlaubt und nur unter Vermeidung von Schmerzen, Leiden oder Schäden verladen werden. Hierfür muss derjenige, der Tiere befördert über die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten (Sachkunde) verfügen.

Besondere Vorschriften zum Transport von Pferden und anderen Einhufern sind die Pflichten ein Halfter zu tragen, das Verbot der mehrstöckigen Beladung und die Trennung geschlechtsreifer Hengste von Stuten. Zusätzlich besteht die Vorschrift, dass beschlagene Pferde, die nicht in Einzelboxen, nicht angebunden oder nicht in abgetrennten Ständen befördert werden, die Eisen der Hinterhufe abgenommen werden müssen.

2.3 Physiologische Parameter

2.3.1 Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wird über die Ausschüttung der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin, gesteuert von Sympathikus und Parasympathikus, beeinflusst. Über die Erregung des sympathischen Nervensystems und die Ausschüttung der Katecholamine wird die Herzfrequenz gesteigert und über den Einfluss des Parasympathikus gesenkt (ECKERT, 2002).

Die physiologische Herzfrequenz beim Pferd liegt zwischen 30 und 40 bpm (Ruhefrequenz) (DIETZ und HUSKAMP, 1999) und ist ein guter, nicht invasiver und objektiver biophysikalischer Parameter, der ohne Laboraufwand verfügbar ist (LICHT, 2000). Die maximale Herzfrequenz kann unter körperlicher Belastung 200

bpm deutlich überschreiten (DIETZ und HUSKAMP, 1999). Bei diesen maximalen Werten werden bis zu 240 Liter Blut/Minute durch das Herz gepumpt (HEIPERTZ-HENGST, 1997; KIRSCHVINK, 1998).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, der Herzfrequenzbestimmung, die Auskultation des Herzens bzw. die manuelle Pulsbestimmung an der Arteria facialis erweist sich aber als ungeeignet, da eine kontinuierliche Messung mit Datenspeicherung angestrebt wird. Ein Beispiel für eine nicht-invasive Technik der Herzfrequenzmessung sind die ursprünglich für die Sportmedizin entwickelten POLAR® Messgeräte (Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) zu nennen, die mit einer Ableitung nach dem EKG-Prinzip arbeiten und sich bei Pferden bewährt haben (LICHT, 2000).

Beim Transport als vorwiegend psychische Belastung steigt die Herzfrequenz von Pferden generell an und fällt bei Gewöhnung an die Situation wieder etwas ab, die Herzfrequenzänderungen korrelieren zeitlich mit Bewegungen des Gespanns, so dass die Bewegung den größten Stress ausmacht (WAGENER, 1996; SMITH et al., 1994a). Es wird angenommen, dass eine niedrige Herzfrequenz auf eine geringe Stressbelastung zurückzuführen ist (SMITH et al., 1994a).

Der Verladevorgang ist selbst für erfahrene Pferde aufregender als die Fahrt, so dass auch die Herzfrequenzen höher liegen. Ein- bis dreijährige Pferde zeigen Herzfrequenzen von 86 bis 104 bpm (WARAN und CUDDEFORD, 1995). Während des Transports liegen die Herzfrequenzen bei 66 ± 22 bpm zu Fahrtbeginn und gehen im Laufe der Fahrt auf 55 ± 5 bpm zurück. Im stehenden Fahrzeug wurden 48 ± 15 bpm gemessen (SMITH et al., 1994a).

Nervöse Pferde zeigen beim Transport meist die höheren Frequenzanstiege, wobei ruhigere Pferde nur geringe Anstiege aufweisen (SMITH et al., 1994a; SMITH et al., 1994b).

2.3.2 Körpertemperatur

Säugetiere sind homoiotherm (gleichwarm), ihre Körpertemperatur bleibt auch dann in Grenzen konstant, wenn sie Kälte- oder Wärmebelastungen ausgesetzt sind. Die geregelte Größe ist die Innentemperatur des Körpers (Kerntemperatur). Ihre Reglerfunktion ist vorwiegend an den Hypothalamus gebunden um die Körperkerntemperatur auch bei veränderlichen thermischen Umweltbedingungen

stabil zu halten (JESSEN, 2000). Dies gilt nicht für die periphere Temperatur (PFLUM, 1989). Bei Hyperthermie kommt es zu einer vermehrten Hautdurchblutung und einer erhöhten Schweißsekretion, bei Hypothermie nimmt die Hautdurchblutung ab und die willkürliche und unwillkürliche Muskelarbeit wird gesteigert (FREY, 2005; ECKERT, 2002).

Die berührungslose Messung der Hauttemperatur mittels Infrarot-Thermometrie ermöglicht die störungsfreie Ermittlung dieses Parameters und ist für die Erkennung von Transportmängeln eine erprobte Methode (REINHART, 1988). Dabei hat sich die Messung am Ohrgrund als vorteilhaft erwiesen, da die Varianz relativ gering war und im Vergleich zu anderen Körperbereichen von der Lufttemperatur und der Luftgeschwindigkeit unabhängig war (REINHART, 1988).

Bei psychischer Belastung des Organismus wird über die Aktivierung des vegetativen Nervensystems Energie bereitgestellt um den Muskeltonus zu erhöhen und kurzfristig auf Stressoren mit Flucht reagieren zu können; dabei kommt es auch ohne Muskelarbeit zu einer Steigerung der Körpertemperatur (MARAURENS, 1994).

Die mit dem Transport verbundene Belastung in einem Versuch mit Schweinen zeigte hohe Signifikanz bei der Messung der Hauttemperatur am Anus und eine Signifikanz bei Messung der Rektaltemperatur, wobei die Hauttemperatur am Ohrgrund im Verlauf der Ruhezeit wieder abnahm, nicht dagegen die Temperaturen am Anus (REINHART, 1988). Hingegen die Infrarot-Thermometrie bei einem Schweinetransportversuch mit Porcinem Appeasing Pheromon brachte keine signifikanten Ergebnisse (MAYER, 2005).

2.4 Blutparameter

2.4.1 Glucose

Die Hauptbedeutung der Glucose liegt in Ihrer Funktion als Energielieferant. Der Blutglucosespiegel wird durch die Gluconeogenese in der Leber gesteigert und vor allem über Glukagon, Cortisol, Insulin und verschiedene andere Hormone reguliert. Wenn dieser Blutglucosespiegel sinkt wird die Glucose-Syntheserate durch die verschiedenen hormonellen Regelkreise gesteigert (ALEXANDER et al., 1997).

Eine erhöhte Blutglucosekonzentration wird auf die Wirkung von Katecholaminen und Glucocorticoiden zurückgeführt (MOBERG, 1985; HARBUZ und LIGHTMAN, 1992). Beim Pferd liegt der Referenzbereich für die Blutglucose zwischen 2,8 und 5,0

mmol/l und wird durch viele Faktoren beeinflusst (KRAFT et al., 2005). So spielt bei Pflanzenfressern die letzte Nahrungsaufnahme eine Rolle, sowie Stresssituationen besonders bei der Katze zu einer Hyperglykämie führen können (RAND et al., 2002). Bei mäßiger Belastung kann es durch Metabolisierung zu einer Verringerung der Glucosekonzentration im Blut kommen, unter Stress steigt dagegen, trotz erhöhtem Glucoseverbrauchs der Blutzuckerspiegel, da über die ACTH- und Katecholamin-ausschüttung weniger Insulin und mehr Glukagon freigesetzt wird (BROCK, 1992). Als weitere Besonderheit konnte beim Pferd ein zirkadianer Glucose-Rhythmus, mit einem maximalen Wert um 10.00 Uhr morgens und einem minimalen Wert um 20.00 Uhr abends, festgestellt werden (EVANS et al., 1974). Bei einer submaximalen Belastung von Trabrennpferden konnte teilweise eine Abnahme und teils eine Zunahme der Glucosekonzentration beobachtet werden, eine maximale Belastung führte aber in allen Fällen zu einer signifikanten Erhöhung des Blutglucosespiegels (SCHRÖPFER, 1984).

2.4.2 Laktat

Laktat wird als Stoffwechselprodukt anaerober Vorgänge im Körper gebildet. Bei anaerober ATP-Bildung aus Pyruvat, welches aus Glucose entsteht, kommt es ungefähr 30 bis 50 Sekunden nach Beginn der Muskelarbeit und dann wieder bei Ausdauerleistungen zur Laktatbildung. Die Arbeit der Muskelzellen benötigt in diesem Moment mehr Energie, als die langsamen, aeroben Stoffwechselwege liefern können. Mit zunehmendem anaeroben Stoffwechsel, bei längerer Arbeit, steigen die Blutlaktatkonzentrationen und die Tiere ermüden (VON ENGELHARDT, 2005).

Durch die gesteigerte Blutversorgung der Muskulatur kommt es zu einer Umverteilung der Blutmenge im Körper, wodurch der Laktatabbau in der Leber gestoppt wird und sich der Blut-pH-Wert in den sauren Bereich verschiebt und eine Azidose entsteht (KIRSCH, 1994).

Somit eignet sich der Anstieg der Laktatkonzentration auch als Stressindikator, wenn vor der Belastung keine Erkrankung bestand, die den Laktatstoffwechsel beeinflusst. Der Normbereich liegt normalerweise im Bereich von 0,57 mmol/l (BROCK, 1992), laut SCHÄFER (1999) unter 1,0 mmol/l, kann aber unter Belastung bis auf 20 mmol/l und höher ansteigen (KRZYWANEK, 1996). Der maximale Wert im Blut wird ungefähr 5 Minuten nach Ende der körperlichen Belastung erreicht, was durch den verspäteten Efflux des während der Belastung produzierten Laktats aus den

Muskelzellen verursacht wird (SNOW et al., 1988). LINDNER (1997) konnte jedoch auch ohne körperliche Belastung Laktatwerte bis zu 1,5 mmol/l nachweisen.

2.4.3 Kreatinin

Kreatinin, ein Produkt des endogenen Muskelstoffwechsels, entsteht in einer irreversiblen Reaktion aus Kreatin und Phospho-Kreatinin. Es wird in der Niere glomerulär frei filtriert und kann als Maß für die glomeruläre Filtrationsrate verwendet werden, da es unter normalen Bedingungen als Endprodukt des Muskelstoffwechsels mehr oder weniger konstant gebildet und ausgeschieden wird. Es ist nicht nahrungsabhängig und wird auch nicht vom endogenen Proteinmetabolismus beeinflusst. Die Serumkonzentration ist abhängig von der Muskelarbeit und beim Pferd in gewisser Weise auch von der Muskelmasse (KRAFT und DÜRR, 2005).

Der Referenzbereich liegt beim Pferd zwischen 71 – 159 $\mu\text{mol/l}$ (0,8 und 1,8 mg/dl) (KRAFT und DÜRR, 2005). Unmittelbar nach Belastung, sowie durch Training steigern sich die Werte zwischen 15,9 % bis 38,2 %, was darauf hindeutet, dass der Anstieg der Kreatininkonzentration direkt abhängig ist von der Belastungsintensität (SCHRÖPFER, 1984).

2.4.4 Kreatininkinase

Die Kreatininkinase (CK) ist ein muskelspezifisches Enzym, das bei der ATP-Regeneration ein energiegeladenes Phosphat vom Kreatinphosphat auf das ADP überträgt. Durch die Kreatinin-Phosphokinase-Reaktion wird Energie erzeugt und die ATP-Konzentration konstant gehalten. In Ruhe liegt der Normbereich der Kreatininkinaseaktivität bei bis zu 2,2 $\mu\text{kat/l}$ (130 IU/l); Muskeltraumen, ungewohnte körperliche Belastung, Stoffwechselstörungen der Muskulatur und Myopathien haben meist innerhalb einer Stunde eine Erhöhung der Aktivität zu Folge (KRAFT und DÜRR, 2005), wobei das Maximum ungefähr 6 – 12 Stunden nach Belastung erreicht wird (KLINGLHÖFER, 1998).

2.4.5 Cortisol

Das in der Nebennierenrinde gebildete Cortisol ist der wichtigste Vertreter der Glucocorticoide und wird über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse gesteuert, die auf einem negativen Rückkopplungsmechanismus basiert (ECKERT, 2002).

Kommt es zu einer Belastung (Stress) werden die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin freigesetzt. Durch zentralnervöse Stimuli wird CRH im Hypothalamus, sowie daraufhin ACTH im Hypophysenvorderlappen ausgeschüttet und Cortisol und Corticosteron in der Zona fasciculata der Nebennierenrinde produziert (LICHT, 2000). Diese Glucocorticoide eignen sich besonders für die Bestimmung der Stressbelastung, weil sie über einen längeren Zeitraum in Plasma, Urin und Speichel nachweisbar sind (WARRIS et al., 1992; BROOM und JOHNSON, 1993). Beim Pferd überwiegt mit ungefähr 90 % der Cortisonanteil, vor 10 % Corticosteron der Glucocorticoide (LEBELT et al., 1996).

Im Plasma ist Cortisol zu 67 – 87 % an das corticosteroid binding protein (CGB – Transcortin) und zu 7 – 19 % an Albumin gebunden. Nur 6 – 14 % liegen ungebunden vor (LICHT, 2000). Das gebundene Cortisol ist in dieser Form gespeichert, da das freie, biologisch wirksame Cortisol in der Leber metabolisiert und über die Niere ausgeschieden wird (LEBELT et al., 1996). Nach chronischem langandauerndem sozialem Stress konnte eine Verringerung der Cortisol-Bindungsfähigkeit von CBG beobachtet werden, wodurch es zu einer Erhöhung des freien Cortisols, bei teilweise unverändertem Gesamtcortisol kam (ALEXANDER und IRVINE, 1998)

Die basalen Cortisolspiegel liegen beim Pferd bei 50 – 200 nmol/l (IRVINE und ALEXANDER, 1994), 30 – 120 nmol/l (LEBELT et al., 1996) bzw. 89 – 204 nmol/l (VAN HEERDEN et al., 1990).

Die Cortisolsekretion erfolgt nicht nur als Reizantwort, sondern unterliegt auch einem tageszeitlichen Rhythmus, mit einem Peak am frühen Morgen und Minimum kurz vor Mitternacht (LEBELT et al., 1996), bzw. einem Maximalwert um 10.00 Uhr morgens und einem Minimalwert gegen 20.00 Uhr abends (HOFFSIS et al., 1970). Trotz möglicher individueller Schwankungen bleibt diese Tagesrhythmik erhalten, eine stressbedingte Aktivierung der HHA-Achse kann jedoch diesen zirkadianen Rhythmus unterbrechen (IRVINE und ALEXANDER, 1994).

Erhöhte Plasma-Cortisolwerte werden besonders häufig in Zusammenhang mit verschiedenen Stress-Stimuli, wie Transport, Training, Verletzung oder Erkrankung, beobachtet (SNOW et al., 1983; MILLS et al., 1997; NAGATA et al., 1999). Nach Ende des Stresses kommt es schnell zu einer Normalisierung der Cortisolwerte (STULL und RODIEK, 2002) und ungefähr 80 Minuten nach dem Ereignis zu Vorversuchswerten (LEBELT et al., 1996).

Untersuchungen von MAYER (2005) bei Schweinen mit einem Porcinen Appeasing Pheromone ergaben nach dem Transport einen signifikant niedrigeren Speichelcortisolspiegel als bei der Kontrollgruppe, der auf eine verbesserte Verarbeitung des Transportstresses hindeutet.

2.4.6 Leukozyten, Differentialblutbild, Hämatokrit und Hämoglobin

Die Gesamtzahl der Leukozyten unterliegt üblicherweise erheblichen Schwankungen, da sie sich im Blut auf dem Transport von ihrer Bildungsstätte zu ihrem Wirkungsort befinden. Daraus resultiert, dass die Untersuchung der absoluten und relativen Leukozytenzahlen nur eine „Momentaufnahme“ sein kann (KRAFT und DÜRR, 2005). Durch Unterschiede in Gestalt und Funktion kommt es zu einer Unterteilung in verschiedene Fraktionen: Neutrophile, eosinophile und basophile Granulozyten, Lymphozyten und Monozyten. 1981 einigte sich die Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft in Zusammenarbeit mit verschiedenen Gremien auf Referenzwerte für über 3 Jahre alte, ausgeruhte, klinisch gesunde Warmblutpferde (DVG, 1982). Daher findet man im weißen Blutbild von adulten Pferden etwa 5 – 10 G/l Blut (etwa 5000 – 10000 Leukozyten/ μ l Blut).

Die neutrophilen Granulozyten können sich der Gefäßwand anheften und lösen sich bei erhöhtem Blutdruck und Fließstrom des Blutes von der Gefäßwand ab und können im Blut nachgewiesen werden. Auslösende Faktoren können beispielsweise Training, Transport oder verstärkte Herzarbeit durch Angst oder Aufregung sein. Diese Form der Leukozytose ist durch die Mobilisation der Leukozyten aus dem marginalen Pool bedingt und nicht durch Bildung oder Freisetzung neuer Zellen aus dem Knochenmark und kann daher als eine Pseudo-Leukozytose bezeichnet werden und wird als physiologisches Phänomen eingestuft (SCHALM et al., 1975).

Der Hämatokrit gibt den prozentualen Anteil der Erythrozytenmasse am Gesamtblut wieder, wobei der Hämatokrit immer nur das Verhältnis der roten Blutkörperchen

zum Plasma darstellt, da die tatsächliche Blutmenge nicht bekannt ist. Die Referenzwerte für das Pferd liegen bei 0,30 – 0,50 l/l (KRAFT und DÜRR, 2005).

Das Hämoglobin ist nur in den Erythrozyten biologisch aktiv und besitzt die Fähigkeit Sauerstoff zu transportieren und wird bestimmt, wenn die Beladung der Erythrozyten mit dem Blutfarbstoff diagnostisch von Interesse ist. Die Referenzwerte für die Hämoglobinkonzentration beim Pferd liegen bei 6,8 – 10,6 mmol/l (KRAFT und DÜRR, 2005) und können physiologisch durch Training und Aufenthalt in großen Höhen erhöht sein.

Ein großer Teil der Erythrozyten wird in der Milz gespeichert. Dieses Milzreservoir beträgt etwa ein Drittel des Gesamt-Zellvolumens (SCHALM, 1965) und dient als Puffer, wenn erhöhte Anforderungen an die Sauerstofftransportkapazität gestellt werden. Körperliche Anstrengung, Blutungen, aber auch Stresssituationen und Aufregung führen zu einer Freisetzung der Erythrozyten aus der Milz (KRYZWANEK und BERGE, 1933; JEFFCOTT, 1977).

3 Tiere, Material und Methoden

Die Studie wurde als Placebo-kontrollierte-Doppelblindstudie in einem Feldversuch am Haupt- und Landgestüt Schwaiganger der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt. Mein Dank gilt Herrn Dr. Eberhard Senkenberg für die unkomplizierte Bereitstellung der Versuchspferde, Herrn Dr. Hans-Peter Remler für seine freundliche Unterstützung, Herrn Oskar Preischel und allen weiteren Mitarbeitern im Gestüt für ihre Hilfe, sowie Herrn Elmar Stauber von der LfL in Grub für seine Unterstützung. Ziel der Untersuchung war es, anhand von physiologischen und ethologischen Parametern und Videobeobachtungen die stressreduzierende Wirkung eines synthetischen Equinen Appeasing Pheromons E.A.P. (Pherocalm®, Merial) zu überprüfen.

3.1 Tiere

Die Probanden waren 17 Wallache der Rasse Bayerisches Warmblut, im Alter von drei Jahren bei Versuchsbeginn. Die Pferde sind alle in regelmäßigem Beritt von Angestellten des Haupt- und Landgestütes Schwaiganger. Sie sind in Laufstallhaltung untergebracht, wurden mindestens einen Tag vor Versuchsbeginn in Boxenhaltung aufgestellt und erhielten bedarfsgerechte Heulage/Hafer-Rationen.

Vor Beginn der Studie waren diese Wallache den Transport und Verladen auf einen Pferdeanhänger nicht gewohnt, so dass die Transporte im Rahmen dieser Versuchsreihe die ersten Transporte im Leben dieser Wallache und dies somit eine neue Situation für alle Tiere darstellte.

3.2 Versuchsaufbau

Die Pheromon/Placebo-Flaschen wurden von einer neutralen Person abgefüllt und mit A und B beschriftet (A = Pheromon, B = Placebo). Als Placebo wurde physiologische Kochsalzlösung verwendet. Ich bedanke mich bei der Firma Merial für die kostenlose Bereitstellung ihres Produktes Pherocalm®. Die Pferde wurden durchnummeriert, per Los zufällig in zwei Gruppen (1 und 2) eingeteilt und im Abstand von mindestens 8 Tagen jeweils viermal transportiert.

Pferde-Gruppe 1 (B B B B): 3, 4, 5, 7, 9, 21, 24, 26

Pferde-Gruppe 2 (A A A A): 1, 2, 6, 8, 10, 13, 15, 17, 25

Die Versuche fanden in den Monaten November bis Februar bei einer Außentemperatur von - 6° C bis 11° C und einer relativen Luftfeuchte von 76 bis 97 % statt.

Das Zuggespann bestand aus einem Mercedes Benz 230 TE und einem fabrikneuen Zweipferdeanhänger Modell „Duo Porta®“ der Firma Böckmann Fahrzeugwerke GmbH, Lastrup (Innenlänge 3180 mm, Innenbreite 1750 mm, Innenhöhe 2300 mm), der vor jedem Transport gereinigt und mit sauberem Sägemehl eingestreut wurde. An dieser Stelle möchte ich der Firma Böckmann Fahrzeugwerke GmbH, und insbesondere Herrn Böckmann und Frau Flerlage für die kooperative Zusammenarbeit und die kostenlose Bereitstellung des Pferdeanhängers danken. Im Pferdeanhänger war eine Videokamera installiert (s. Abbildung 2), um das Verhalten der Pferde während des Transportes auswerten zu können. Abbildung 2 zeigt den Aufbau des Pferdeanhängers vor Verladebeginn.



Abbildung 2: Pferdeanhängeraufbau vor Verladebeginn

Die Transportstrecke betrug 25,8 km und führte vom Gestüt ausgehend über die Landstrasse durch den Ort Ohlstadt, weiter über die Landstrasse auf die Autobahn A 95 in Fahrtrichtung München und wiederum von der Landstrasse über einen geschotterten Feldweg zurück zum Gestüt. Die Strecke umfasste neben neunmaligem Abbiegen, die Überquerung von Bahnschienen, eine Steigung und ein Gefälle, sowie eine Unterführung und lag in einem Höhenbereich von 680 bis 742 über NN. Die Fahrtzeit betrug im Durchschnitt $36 \pm 2,8$ Minuten.

Um eine möglichst kontinuierliche Behandlung zu gewährleisten wurde jedes Pferd insgesamt viermal transportiert und bei allen Versuchen durch dieselbe Person verladen und gefahren.

3.3 Versuchsablauf

Zu Beginn wurden die Ruhewerte (Messzeitpunkt 0) bestimmt, sowie die erste Blutprobe (Probenzeitpunkt 1) entnommen, anschließend wurde das POLAR® Herzfrequenz-Messgerät mit einem Bauchgurt und der POLAR®-Uhr S 810 i™ angelegt, die Herzfrequenzmessung begonnen und wie in Abbildung 4 dargestellt, durch zweimaligen Pumpsprühstoß in die linke und rechte Nüster entweder die Pheromon- oder die Placebo-Lösung appliziert. Nach 30 Minuten Wartezeit, die die Pferde angebunden in ihrer Box verbrachten, wurden die Wallache vor den Pferdeanhänger geführt und die physiologischen Parameter gemessen (Messzeitpunkt 1). Abbildung 3 und 5 zeigen die Wartezeit der Pferde in der Box, sowie die Messung der physiologischen Parameter vor Verladebeginn. Danach begann das Verladen, wobei die Verladedauer gestoppt wurde. Einen Ausschnitt aus dem Verladevorgang zeigt Abbildung 6.

Unmittelbar nach dem Transport und Abladen wurde die zweite Blutprobe entnommen (Probenzeitpunkt 2), sowie die physiologischen Parameter bestimmt (Messzeitpunkt 3).

Nach weiteren 30 Minuten angebunden in der Box wurden die Erholungswerte bestimmt (Messzeitpunkt 4). In Abbildung 7 ist der Versuchsablauf grafisch dargestellt.



Abbildung 3: 30-minütige Wartezeit der Pferde in der Box



Abbildung 4: Applikation der Pheromon/Placebo Lösung durch zweimaligen Pumpsprühstoß in jede Nüster



Abbildung 5: Messung der physiologischen Parameter (Messzeitpunkt 1)



Abbildung 6: Verladevorgang

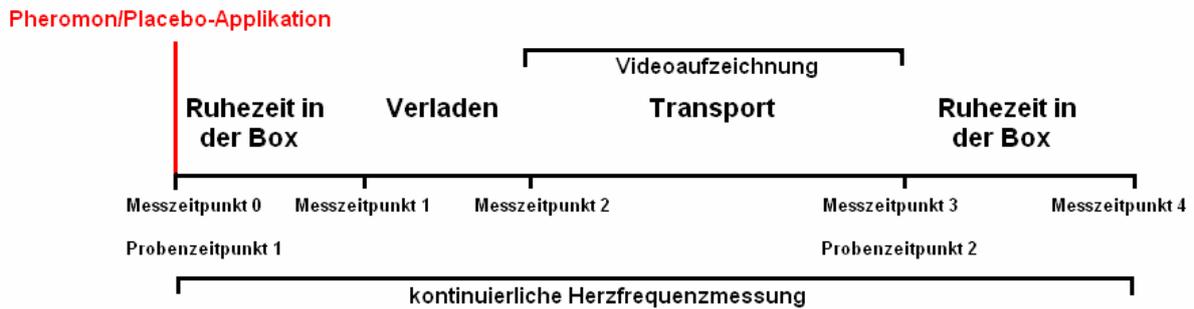


Abbildung 7: Grafische Darstellung des Versuchablaufs

Messzeitpunkt 0 Bestimmung von Atemfrequenz, Rektaler Temperatur und Körperoberflächentemperatur

Probenzeitpunkt 1 Bestimmung von Glucose, Laktat, Cortisol, Kreatinin, Kreatininkinase, Hämoglobinkonzentration und Hämatokrit

Beginn der Herzfrequenz-Messung

Applikation des Pheromons/Placebos

Messzeitpunkt 1 Bestimmung von Atemfrequenz, Rektaler Temperatur und Körperoberflächentemperatur

Verladebeginn Bestimmung der Verladedauer

Transport Videoaufzeichnung

Messzeitpunkt 2 Bestimmung von Atemfrequenz, Rektaler Temperatur und Körperoberflächentemperatur

Probenzeitpunkt 2 Bestimmung von Glucose, Laktat, Cortisol, Kreatinin, Kreatininkinase, Hämoglobinkonzentration und Hämatokrit

Messzeitpunkt 3 Bestimmung von Atemfrequenz, Rektaler Temperatur und Körperoberflächentemperatur

Ende der Herzfrequenz-Messung

3.4 Probengewinnung

3.4.1 Blutentnahme

Jedem Pferd wurden zum Probenzeitpunkt 1 und Probenzeitpunkt 2 eine Blutprobe aus der Vena jugularis entnommen. Die Entnahmestelle wurde mit einem zugelassenen alkoholischen Hautdesinfektionsmittel gereinigt, mittels einer sterilen Einmalkanüle punktiert und das venöse Blut in sterilen EDTA- und Serumröhrchen (Fa. Sarstedt, Nümbrecht) aufgefangen.

3.4.2 Probenbehandlung

Die Blutröhrchen wurden beschriftet, das Serum wurde vor Ort mittels der Hettich® Zentrifuge Mikro 22 R (Fa. Andreas Hettich GmbH & Co KG, Tuttlingen) 10 Minuten bei 3000 g abzentrifugiert, in 2 ml – Eppendorfgefäße (Fa. Eppendorf-Netheler-Hinz GmbH, Hamburg) abgefüllt und für den Transport ins Labor kühl gelagert. Die Serum-Aliquots wurden zur weiteren Untersuchung bei – 20° C tiefgekühlt. Die Bestimmung von Kreatinin (Crea) und Kreatininkinase (CK), sowie die Untersuchung des Blutbildes wurden täglich abends im Institutslabor durchgeführt.

3.5 Herzfrequenzmessung

Die Herzfrequenzmessung erfolgte mit einem POLAR® Herzfrequenz-Messgerät an einem Bauchgurt und der POLAR®-Uhr S 810 i™ (Fa. Polar Electro Oy, Kempele, Finnland). Die Messung wurde bei allen Versuchen, beginnend 30 Minuten vor dem Transport bis 30 Minuten nach dem Transport, durchgeführt. Das System besteht aus zwei mit einem Sender verbundenen Elektroden, die mit einer Empfängeruhr an einem elastischen Bauchgurt befestigt wurden. Die Elektroden wurden links kurz hinter dem Ellbogen und rechts seitlich etwa 40 cm unterhalb des Widerrists durch den elastischen Gurt gehalten und um einen besseren Kontakt zu ermöglichen mit Wasser und Gleitgel befeuchtet.

Die kontinuierliche Registrierung und Speicherung der Herzfrequenz in beats per minute (bpm) erfolgte durch die am Bauchgurt befestigte Uhr und wurde mittels Infrarot Interface von Polar® auf den Computer übertragen.

Zur Auswertung der Herzfrequenzmesswerte und zum Vergleich mit den anderen Ergebnissen wurden alle 3 Minuten die genaue Herzfrequenz, sowie die

Herzfrequenzmittelwerte, mit Maximum- und Minimumwerten bestimmt und den Messzeiträumen

- 1 30 Minuten Warten
- 2a Verladen
- 2b Transport
- 3 30 Minuten Erholung

zugeordnet.

3.6 Körpertemperatur

3.6.1 Rektale Körpertemperatur

Mittels eines Digitalen Thermometers (Fa. Heiland) wurde bei jedem Tier die rektale Körpertemperatur bestimmt.

3.6.2 Infrarot-Thermometrie

Mittels des Infrarot-Messgerätes AMiR 7814-20s (Fa. AMR, Holzkirchen) wurde eine berührungslose Temperaturbestimmung der Haut am linken Ohrgrund (jeweils drei Messungen mit Bestimmung des arithmetischen Mittelwertes) durchgeführt. Im Abstand von bis zu einem Meter kann, innerhalb einer Sekunde, die Hauttemperatur mit einer Genauigkeit von $\pm 0,75^\circ \text{C}$ (Messbereich -30 bis 900°C) bestimmt werden. Die Lufttemperatur und relative Luftfeuchte wurden ebenfalls mit einem im Pferdeanhänger angebrachten Thermometer gemessen.

3.7 Videoauswertung

Anhand von Videoaufzeichnungen während des Transportes konnte das Verhalten der Pferde anschließend in Echtzeit ausgewertet und klassifiziert werden. Die Verhaltensanalyse erfolgte anhand der Videoaufzeichnungen nach der Methode des „behavior sampling“ in Kombination mit dem „focal sampling“, bei der jedes Auftreten eines bestimmten Verhaltenstyps für die Zeit des Transports aufgezeichnet wurde. Quantitativ vermerkt wurden Unruheäußerungen, wie Scharren, Wiehern, Kopfschlagen, Umsehen/Umdrehen, Steigen, Schnauben/Prusten, sowie Kot- und Urinabsatz.

3.8 Bestimmung von Laborparametern

3.8.1 Glucose, Laktat, Kreatinin, Kreatininkinase, Differentialblutbild und rotes Blutbild

Direkt nach Blutentnahme wurde der Blutzuckergehalt aus einem Tropfen Vollblut mit Hilfe des Accu Check® Comfort-Gerätes (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) bestimmt.

Der Laktatwert wurde mit dem Laktatmessgerät Accutrend-Lactate® (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) aus einem Tropfen Vollblut direkt nach Blutentnahme bestimmt.

Die Bestimmung der Kreatinin-Aktivität, sowie der Kreatininkinase-Aktivität erfolgte mittels Reflotron® (Fa. Roche Diagnostics, Mannheim) aus Serum.

Die Bestimmung der Leukozyten, sowie des Differentialblutbildes erfolgte aus EDTA-Blut durch den Vet ABC® Animal Blood Counter (Fa. Scil, Viernheim).

Die Bestimmung des Hämatokrits, sowie der Hämoglobinkonzentration erfolgte aus EDTA-Blut durch den Vet ABC® Animal Blood Counter (Fa. Scil, Viernheim).

3.8.2 Cortisol im Serum

Zur Bestimmung der Cortisolkonzentration wurden täglich mehrere Serumproben bei -20° C eingefroren und anschließend an die Versuche, mittels eines kompetitiven ELISA analog der Methode von ERHARD et al. (1989), untersucht. Der ELISA wurde entsprechend der vorliegenden Untersuchung modifiziert und das Testsystem validiert.

Testprinzip (ELISA):

Der monoklonale anti-Kortisol-3-Antikörper (Fitzgerald, Concord, MA, USA) wird mit einer Endkonzentration von 1,5 µg/ml verdünnt mit Carbonatpuffer 2 Stunden bei 37° C an die Platte gebunden, indem mittels Finn®-Pipette (Thermo Labsystems) in jede Kavität 100 µl pipettiert werden. Nach dem Waschen mit PBS-Tween pH 7,2 (Auto Plate Washer, ELX 405, Bio-Tek Instruments Inc., USA) werden bei einer Inkubationszeit von 1 Stunde bei 37° C mit 200 µl Gelatine 0,5% mit PBS-Puffer pH 7,2 pro Kavität freie Bindungsstellen besetzt und anschließend mit PBS-Tween pH 7,2 gewaschen. Nach dem Waschen wird pro Kavität 50 µl des 1:25 verdünnten Probenmaterial eingesetzt und anschließend pro Kavität 50 µl Konjugat Kortisol-3-

CMO-HRP (Fitzgerald, Concord, MA, USA), in der Verdünnung 1:8000 mit PBS-Tween pH 7,2 aufgetragen. Zusätzlich zu den verdünnten Proben werden zwei 1:25 verdünnte Poolproben aufgetragen, die wie Probenmaterial behandelt werden. Als Standard-Kurve wird Hydrokortison (Fa. Sigma, Taufkirchen) mit einer Konzentration von 50 ng/ml Cortisol in einer log-2-Verdünnung eingesetzt. Als Leerwert wird in der ersten Spalte der Platte 50 µl der Standard-Lösung mit 50 µl PBS-Tween pH 7,2, als Ersatz für das Konjugat, pro Kavität eingesetzt. Während einer einstündigen Inkubation bei 37° C konkurrieren Probenmaterial und Konjugat um die vorhandenen Bindungsstellen. Nach dem Waschen mit PBS-Tween pH 7,2 werden 365,2 µl TMB-Substrat (Tetramethylbenzidin und Dimethylsulfoxid, Fa. Sigma, Taufkirchen) mit 11 ml TMB-Puffer und 3,3 µl Wasserstoffperoxid vermischt, 100 µl in jede Kavität pipettiert und bei Zimmertemperatur und Lichtabschluss 10 Minuten inkubiert. Wasserstoffperoxid wird durch die Peroxidase gespalten und das Chromogen TMB oxidiert wobei es zu einer Blaufärbung kommt. Diese Reaktion wird mittels 50 µl 1 molarer Schwefelsäure gestoppt und die entstehende Gelbfärbung innerhalb von 30 Minuten photometrisch mittels Genios® Photometer (Fa. Tecan, Crailsheim) bei 450 nm (Referenzmessung bei 595 nm) gemessen. Die Konzentrationen werden mit dem Computerprogramm MicroWin 2000® (Mikroteklaborsysteme GmbH, Overath) berechnet, je höher die Cortisolkonzentration in der Probe, desto geringer ist die Optische Dichte (OD-Wert), da sich weniger Konjugat an die Beschichtung binden konnte.

Herstellung einer Qualitätskontrolle:

Durch Herstellung einer Qualitätskontrolle werden die Werte des ELISA überprüft, indem die Interassay- und Intraassayvariation bestimmt wird.

Für die Qualitätskontrolle für die Messung von Pferdeserum wurde eine Interassayvariation von 7,7 % und eine Intraassayvariation von 8,4 % (s. Tabelle 1 und Tabelle 2) ermittelt.

Qualitätskontrolle des Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA):

Die Präzision der Methode wurde anhand der angegebenen Variationskoeffizienten(VK %) überprüft.

Tabelle 1: Interassayvariation in Abhängigkeit der Pferde-Serum-Cortisolkonzentrationen

Interassayvariation	MW (mmol/l)	STABW inter	N	VK % inter
	6,55	0,51	9	7,7

MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, N = Anzahl der ELISA-Platten,
VK % = Variationskoeffizient

Tabelle 2: Intraassayvariation in Abhängigkeit zum Pferde-Serum-Pool (1:25)

QC Pool 1:25	MW (mmol/l)	STABW QC	N	VK % intra
	7,23	0,61	8	8,4

MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung, N = Anzahl der ELISA-Spalten,
VK % = Variationskoeffizient

3.9 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse des umfangreichen Datenmaterials erfolgte mit SPSS® 16 für Windows (SPSS® Inc., Chicago, IL) und Microsoft Excel® 2007 (Microsoft® Corporation, Redmond, WA).

Die beobachteten quantitativen Parameter wurden beschreibend anhand von Mittelwert

und Standardabweichung, Minimum und Maximum sowie dem Median und dem 1. und 3. Quartil dargestellt. Der Shapiro-Wilk-Test wurde eingesetzt, um diese Größen auf Normalverteilung zu prüfen.

Verladedauer und mittlere Herzfrequenz während des Verlade- und Transportvorgangs wurden getrennt für die vier Transporte mittels T-Test für unabhängige Stichproben zwischen Pheromon- und Placebo-Gruppe verglichen. Für die Parameter, die je vor und nach dem Transport gemessen wurden, wurde die prozentuale Veränderung bestimmt und mittels Varianzanalyse für Messwiederholungen im Verlauf der vier Transporte unter Einbezug des Wirkstoffes (Pheromon vs. Placebo) analysiert. Bei Größen, die je Transport viermal erhoben wurden, wurde zusätzlich die prozentuale Veränderung zwischen dem Transportvorgang und der anschließenden Ruhephase nach gleicher Methodik auf einen Lernerfolg bzw. Unterschiede zwischen der Pheromon- und Placebo-Gruppe geprüft. Die Verhaltensparameter wurden mittels Friedman-Test oder Cochran-Test hinsichtlich Veränderung zwischen den vier Transporten untersucht. Der U-Test nach Mann und Whitney oder der Chi-Quadrat-Test nach Pearson wurden eingesetzt, um die Pheromon- und die Placebo-Gruppe zu jedem der vier Transporte hinsichtlich des Transportverhaltens miteinander zu vergleichen.

Es wurde stets zweiseitig getestet und bei allen verwendeten Tests wurde ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt.

Die Überprüfung und Betreuung der statistischen Analyse übernahm Frau Dipl.-Math. Ulrike Schulz vom Institut medistat in Kiel, der ich für ihre statistische Beratung herzlich danken möchte.

4 Ergebnisse

4.1 Äußere Bedingungen

Die Transportversuche fanden von November 2006 bis Februar 2007 statt. Die äußeren Bedingungen bei Pheromon- so wie auch bei der Placebo-Gruppe waren klimatisch konstant und spielten sich in einem Temperaturbereich von -6° bis 11° C ab mit einem Mittel von 4,6° C. Die relative Luftfeuchte lag in einem Bereich von 76 bis 97 % mit einer durchschnittlichen Luftfeuchte von 84 %.

An einzelnen Tagen lag Schnee, wobei Transporte nur an niederschlagsfreien Tagen durchgeführt wurden.

4.2 Messwerte

4.2.1 Verladedauer

Jedes Pferd wurde insgesamt viermal verladen und transportiert, dabei wurde die Zeitspanne vom Verlade-Beginn (Führen bis vor die Verladerampe) bis zum Verlade-Ende (Schließen der Stange des Anhängerabteils) in Minuten gemessen.

Es konnten 68 Verladevorgänge und Transporte, davon 32 Versuchsdurchgänge der Placebo-Gruppe (B) und 36 Versuchsdurchgänge der Pheromon-Gruppe (A), durchgeführt werden. Die mittlere Verladedauer der Placebo-Gruppe (n = 32 Versuchsdurchgänge) verringerte sich von Versuchsdurchgang 1 (3,2 Minuten) über Versuchsdurchgang 2 (2,6 Minuten) und Versuchsdurchgang 3 (1,4 Minuten) und stieg bei Versuchsdurchgang 4 (1,6 Minuten) wieder leicht an. In der Pheromon-Gruppe (n = 36 Versuchsdurchgänge) lag die Verladedauer in Versuchsdurchgang 2 (2,8 Minuten) über der Verladedauer von Versuchsdurchgang 1 (2,6 Minuten) und fiel bei Versuchsdurchgang 3 (1,6 Minuten) ab, stieg aber ähnlich wie in der Placebo-Gruppe bei Versuchsdurchgang 4 (2,2 Minuten) wieder an.

Bei keinem Versuchsdurchgang konnte ein signifikanter Unterschied (t-Test für unabhängige Stichproben) zwischen Placebo und Pheromon nachgewiesen werden.

Tabelle 3 und Abbildung 8 geben einen Überblick über die Dauer der Verladevorgänge beider Gruppen.

Tabelle 3: Verladedauer der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 in Minuten
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	3,2	2,9	0,5	8,0	0,5	3,00	6,00
	Pheromon	9	2,6	3,2	0,5	10,0	0,5	1,00	3,75
2	Placebo	8	2,6	2,2	0,5	6,0	0,5	2,25	4,75
	Pheromon	9	2,8	2,7	0,5	9,0	1,0	1,50	4,00
3	Placebo	8	1,4	1,2	0,5	3,5	0,5	0,75	2,62
	Pheromon	9	1,6	1,4	0,5	4,0	0,5	1,00	3,00
4	Placebo	8	1,6	1,3	0,5	4,0	0,5	1,00	2,75
	Pheromon	9	2,2	2,0	0,5	6,0	0,5	1,00	4,00

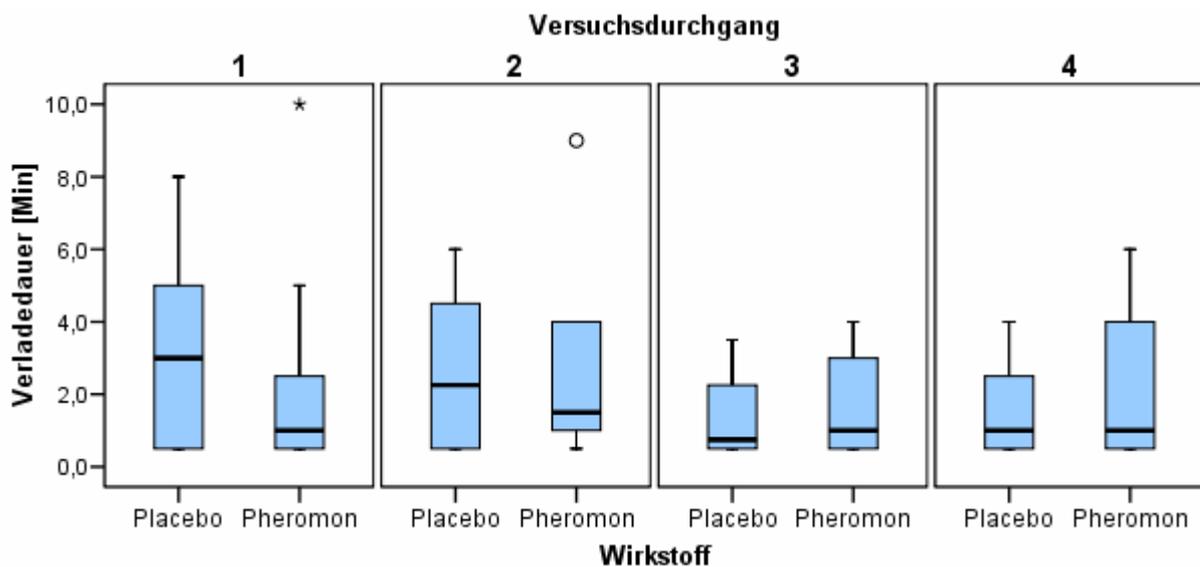


Abbildung 8: Verladedauer der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 in Minuten

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.2 Herzfrequenz

4.2.2.1 Verladen

Die Herzfrequenzmessung wurde zur besseren Auswertung unterteilt in die Zeitspanne des Verladens, bei der die Frequenz durch die unterschiedlichen Verladedauern gemittelt wurde, und den eigentlichen Transport, der bei allen Pferden durchschnittlich 36 Minuten andauerte.

Einen Überblick über die Herzfrequenzen der Pferde beim Verladen geben die Tabelle 4, sowie die Abbildung 9.

Während des Verladens bewegte sich die Herzfrequenz in einem Bereich von 32 bis zu 93 bpm, in einzelnen Fällen auch über 100 bpm.

Der Mittelwert der Herzfrequenz während des Verladens lag bei der Placebo-Gruppe (n = 8 Pferde) bei 61,7 bpm (Versuchsdurchgang 1) und verringerte sich kontinuierlich mit jedem Versuchsdurchgang auf 58,8 bpm (Versuchsdurchgang 2), 51,7 (Versuchsdurchgang 3) und 49,1 bpm (Versuchsdurchgang 4).

Die Herzfrequenz der Pheromon-Gruppe (n = 9 Pferde) war zu Beginn die geringste mit 43,9 bpm (Versuchsdurchgang 1) und stieg bei den drei weiteren Versuchsdurchgängen auf 52,7 bpm (Versuchsdurchgang 2), 53,1 (Versuchsdurchgang 3) und 51,9 (Versuchsdurchgang 4) an.

Tabelle 4: Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim Verladevorgang (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	61,7	26,7	32	118	44,50	55,00	72,75
	Pheromon	9	43,9	16,3	32	82	34,25	36,00	50,50
2	Placebo	8	58,6	20,9	39	93	39,00	54,50	76,25
	Pheromon	9	52,7	12,4	38	73	41,75	48,50	64,75
3	Placebo	8	51,7	11,9	36	65	39,75	51,00	63,88
	Pheromon	9	53,1	11,4	30	67	46,50	53,50	62,00
4	Placebo	8	49,1	8,4	40	65	42,75	46,75	55,75
	Pheromon	9	51,9	20,3	32	90	35,50	49,00	67,75

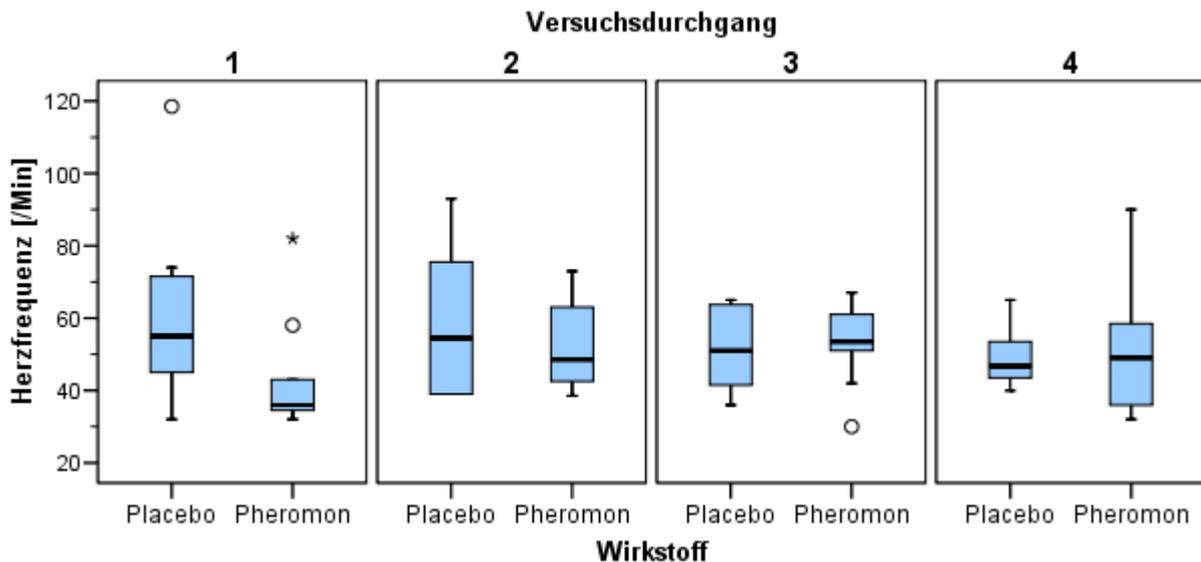


Abbildung 9: Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim Verladevorgang

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.2.2 Transport

Beim eigentlichen Transport lag der Mittelwert der Herzfrequenz bei der Placebo-Gruppe (n = 8 Pferde) 84,6 bpm und verringerte sich durchgängig mit jedem weiteren Versuchsdurchgang auf 68,6 bpm (Versuchsdurchgang 2), 69,2 bpm (Versuchsdurchgang 3) und 62,8 (Versuchsdurchgang 4).

Bei der Pheromon-Gruppe (n = 9 Pferde) zeigte sich keine durchgehende Verringerung der Herzfrequenz mit den Versuchsdurchgängen. Bei Transport 2 (76,0 bpm), wie auch bei Transport 4 (64,3 bpm) war die mittlere Herzfrequenz höher, als bei den Kontrollpferden, es konnte aber ebenfalls eine Verringerung der Herzfrequenzen mit der Anzahl der Transporte beobachtet werden.

Einen Überblick über die mittleren Herzfrequenzen während des Transportverlaufs der beiden Gruppen im Vergleich gibt die Abbildung 12, in Tabelle 5 und Abbildung 10 sind die durchschnittlichen Herzfrequenzen der Transporte vergleichend dargestellt. Die Herzfrequenzen der Verläufe für die Einzelpferde während der Transporte zeigen die Abbildungen 13 bis 20.

Tabelle 5: Durchschnittliche Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim 36-minütigen Transport (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	84,6	8,8	73	101	76,85	85,90	88,25
	Pheromon	9	74,6	11,7	53	87	66,25	76,30	85,50
2	Placebo	8	68,6	10,8	52	83	59,73	67,80	79,30
	Pheromon	9	76,0	15,7	56	98	63,10	70,30	92,80
3	Placebo	8	69,2	12,8	54	84	54,55	72,85	81,25
	Pheromon	9	63,8	13,4	53	93	54,55	56,90	72,90
4	Placebo	8	62,8	12,6	53	82	53,68	54,40	77,20
	Pheromon	9	64,3	8,5	51	75	57,30	64,40	73,05

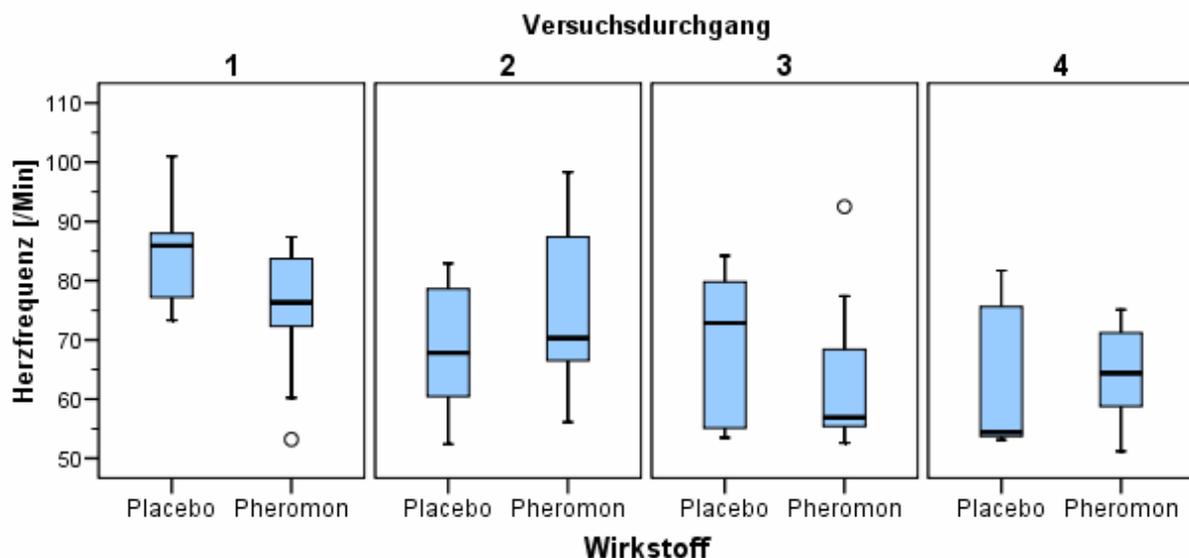


Abbildung 10: Durchschnittliche Herzfrequenzen der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 beim 36-minütigen Transport

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Im zeitlichen Verlauf konnte beim Verladen, wie auch beim eigentlichen Transport, kein Effekt hinsichtlich des Lernerfolges, sowie den Wechselwirkungen zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff nachgewiesen werden. Ein Gruppenunterschied war ebenfalls nicht nachzuweisen (t-Test).

Die Betrachtung der Herzfrequenzen während der Transporte zeigt bei beiden Gruppen (Placebo/Pheromon) einen ähnlichen Verlauf mit einem teilweisen Anstieg der Herzfrequenzen zu Beginn des Transports und größtenteils einer Annäherung an eine kontinuierliche Herzfrequenz, die zum Ende des Transports (Schotterstrecke) wieder ansteigt. Einen Überblick über eine typische Herzfrequenzkurve eines Pferdes zeigt Abbildung 11. Die kurzfristig erhöhten Peaks, die bei diesem Pferd ungefähr bei Minute 20, 43 und 80 liegen, stellen Artefakte dar, die bei einigen Pferden auftraten. Diese Unregelmäßigkeiten können durch Verrutschen der Elektroden oder einen kurzfristigen Doppelschlag des Herzens auftreten.

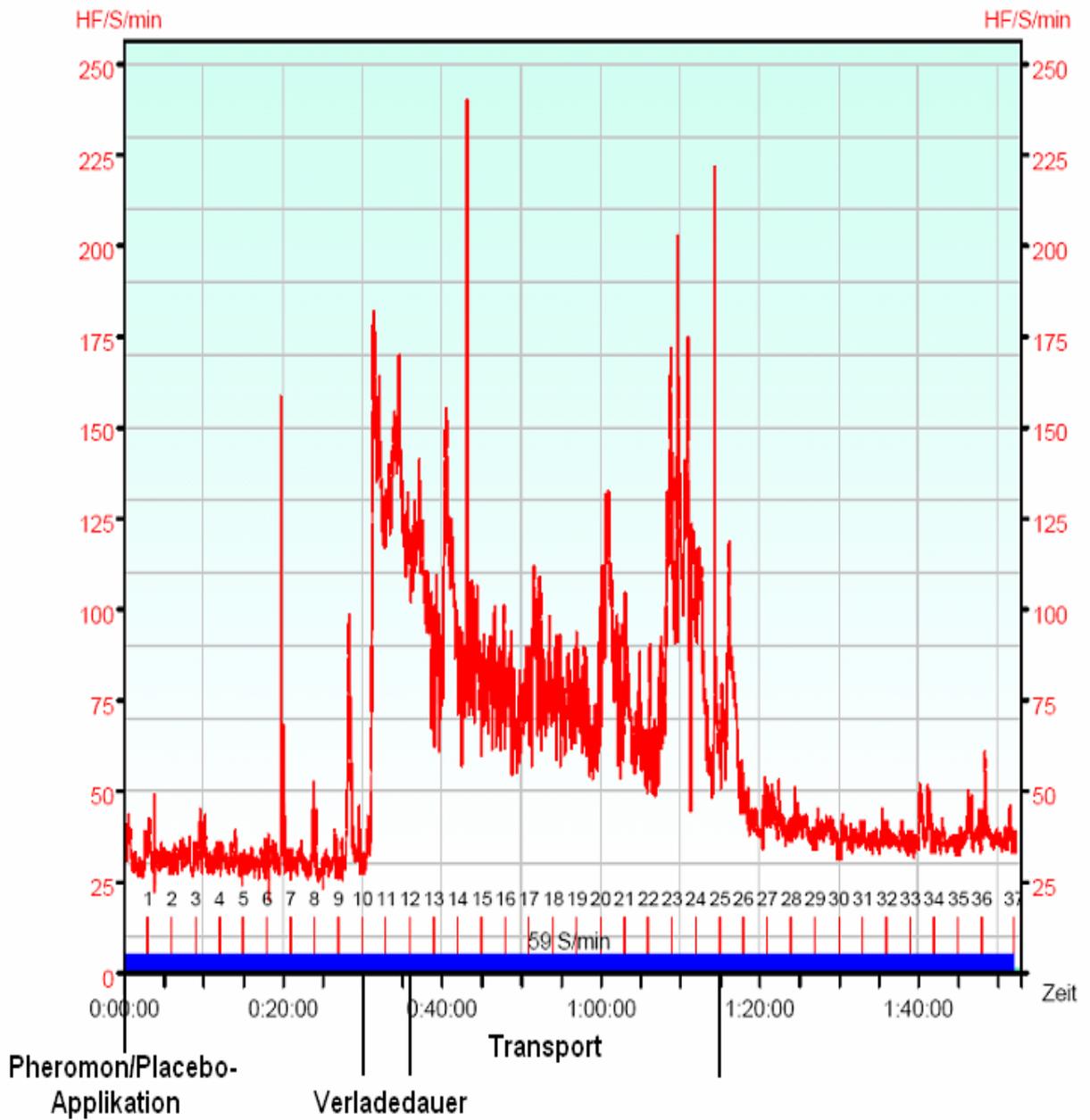


Abbildung 11: Herzfrequenzkurve eines Pferdes (Nr. 17) über den gesamten Messzeitraum

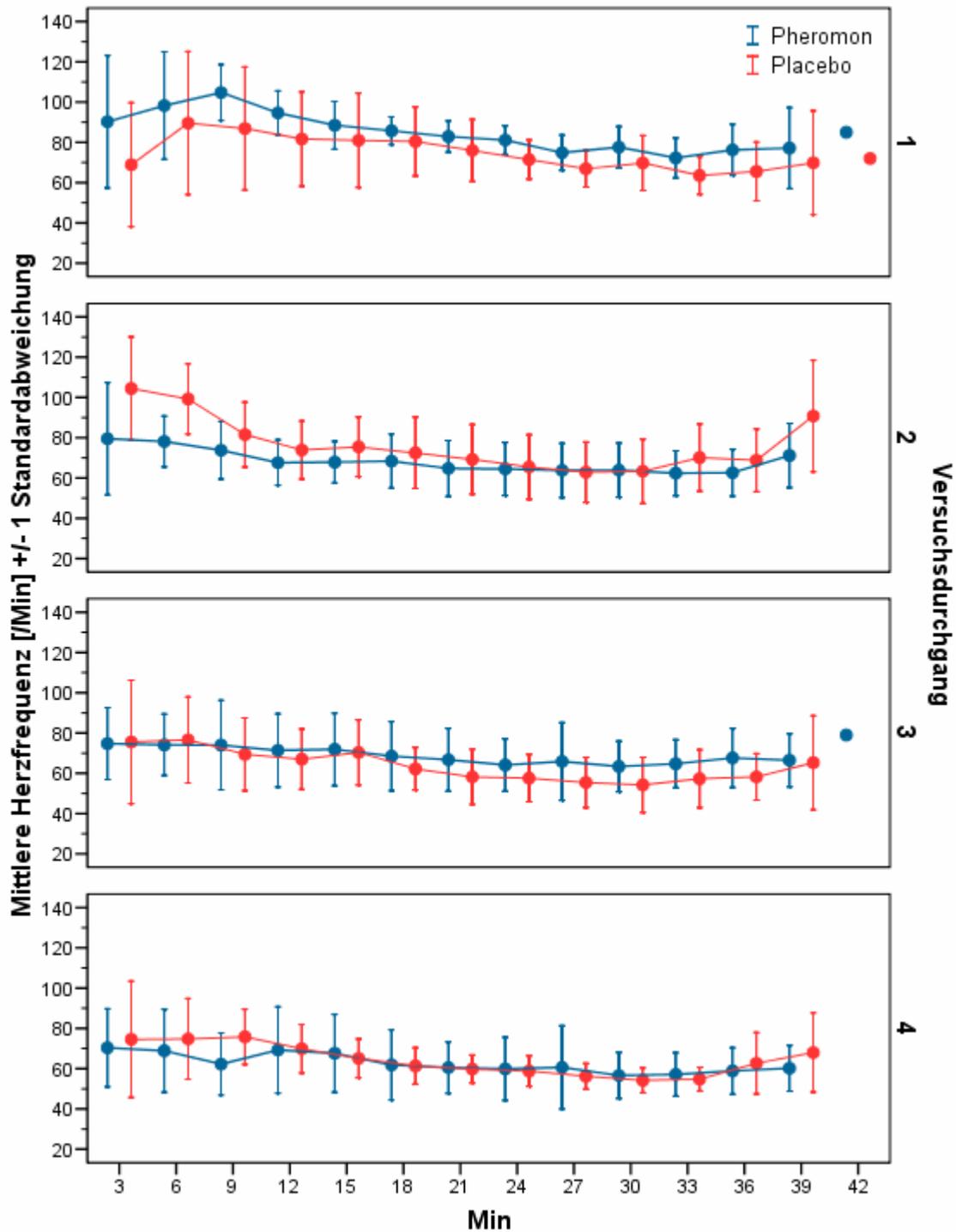


Abbildung 12: Verlauf der mittleren Herzfrequenzen während des Transports, der vier Versuchsdurchgänge, der Gruppen Pheromon (blau) und Placebo (rot) im Vergleich (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

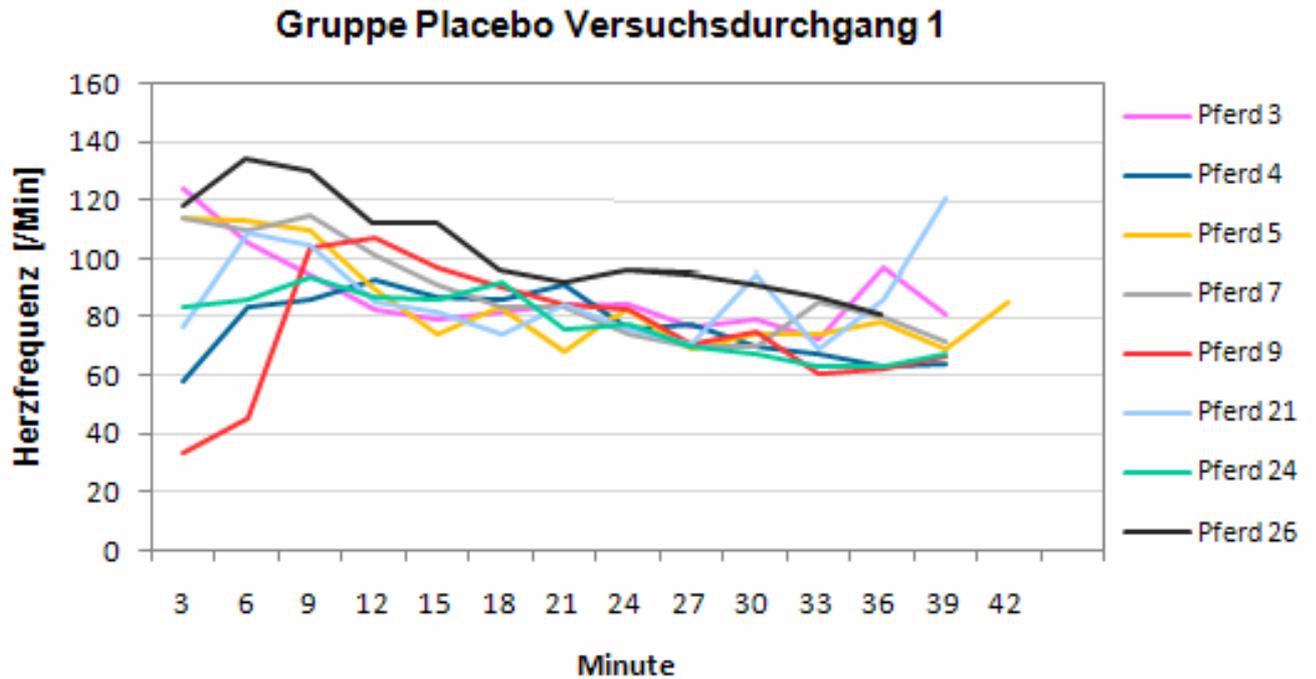


Abbildung 13: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 1 (n = 8 Pferde)

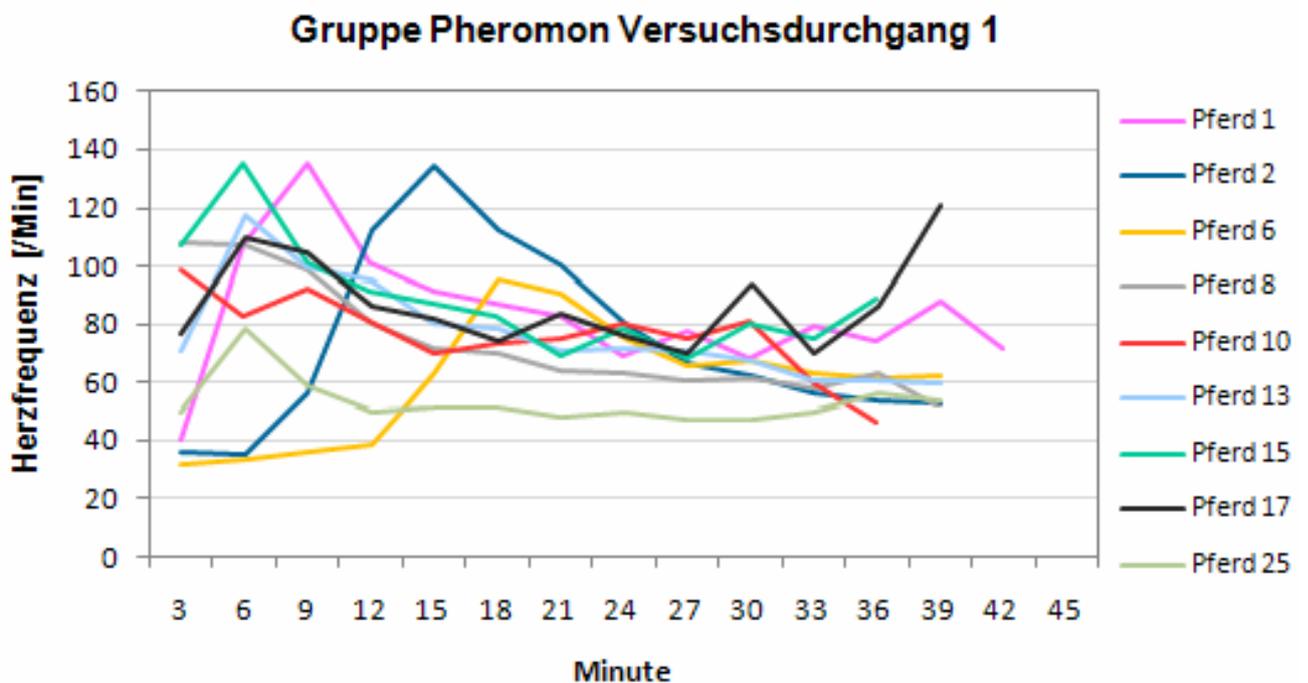


Abbildung 14: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 1 (n = 9 Pferde)

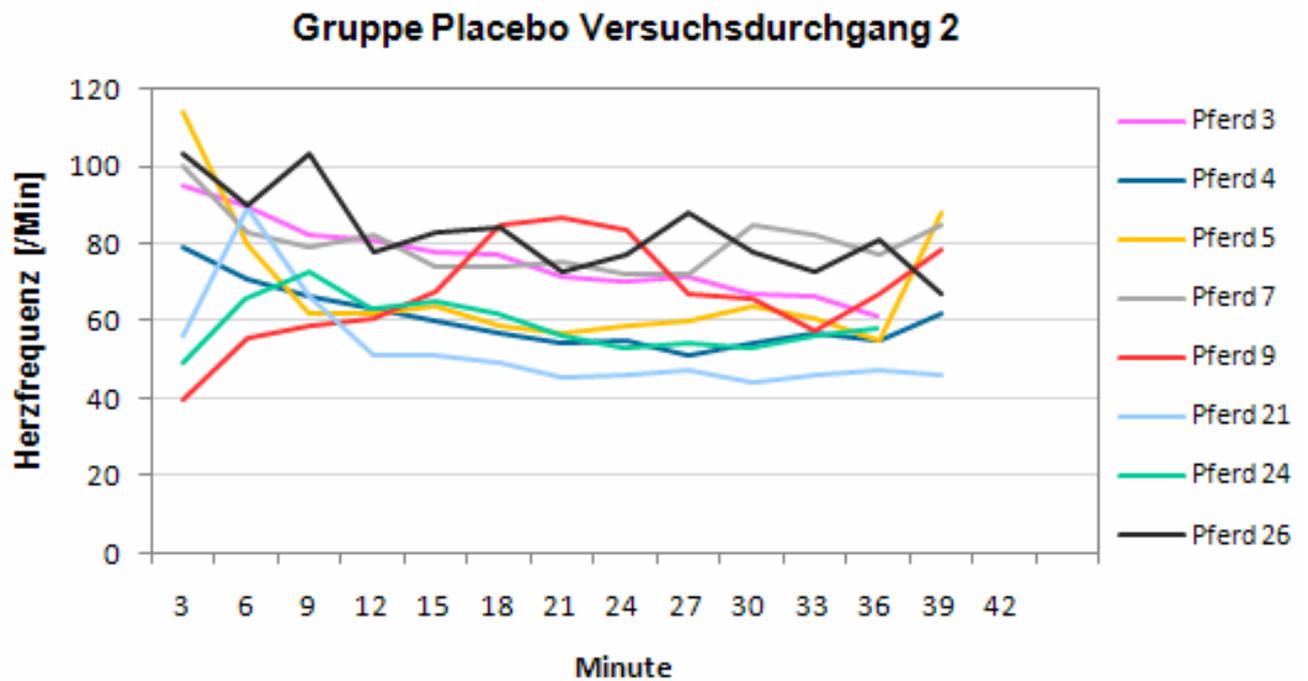


Abbildung 15: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 2 (n = 8 Pferde)

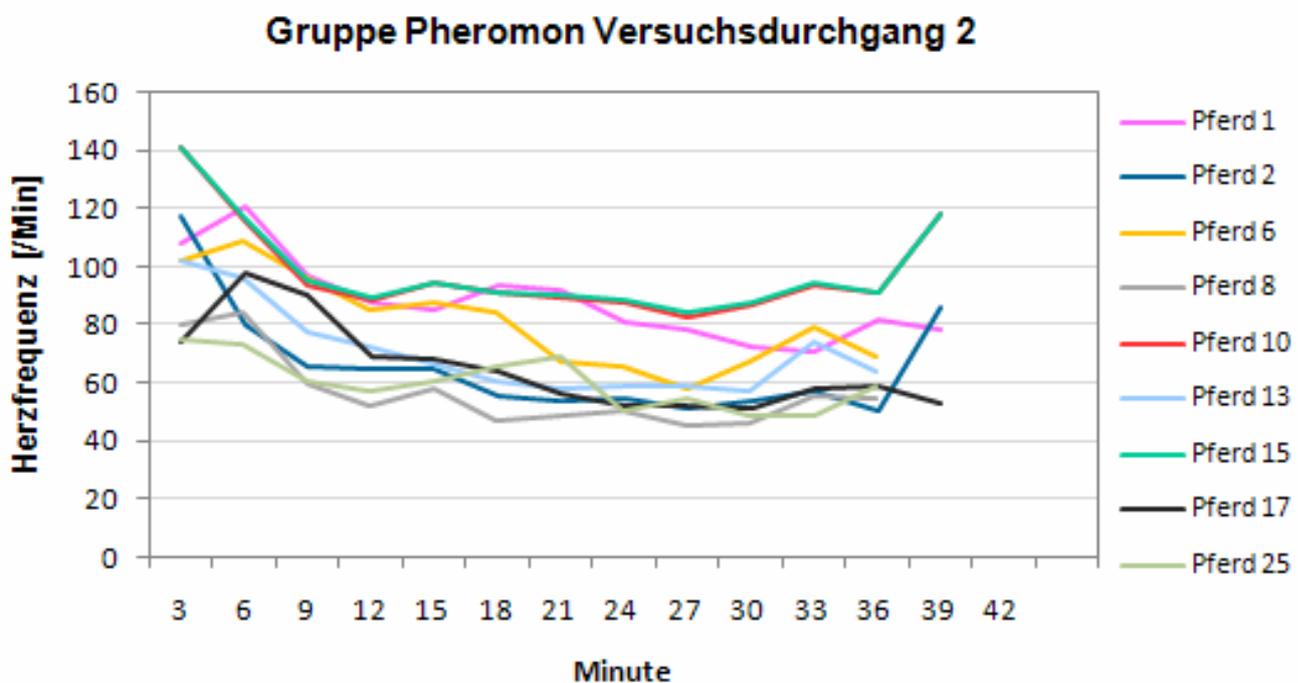


Abbildung 16: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 2 (n = 9 Pferde)

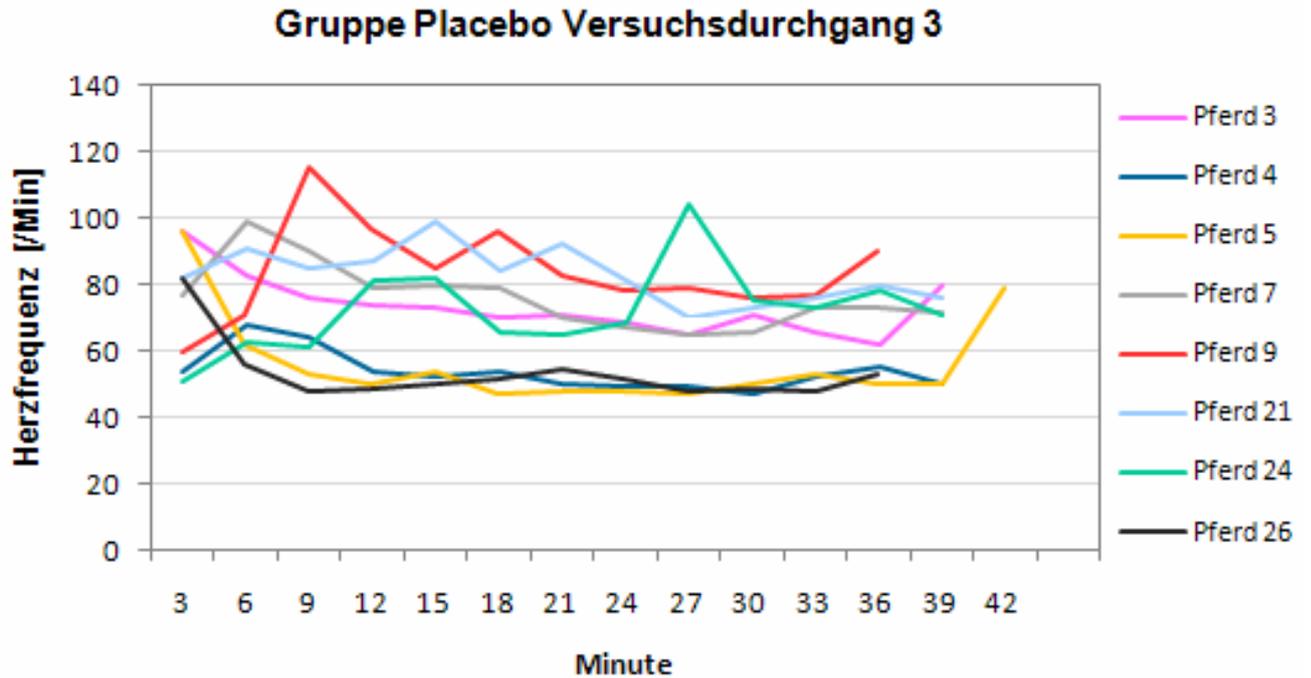


Abbildung 17: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 3 (n = 8 Pferde)

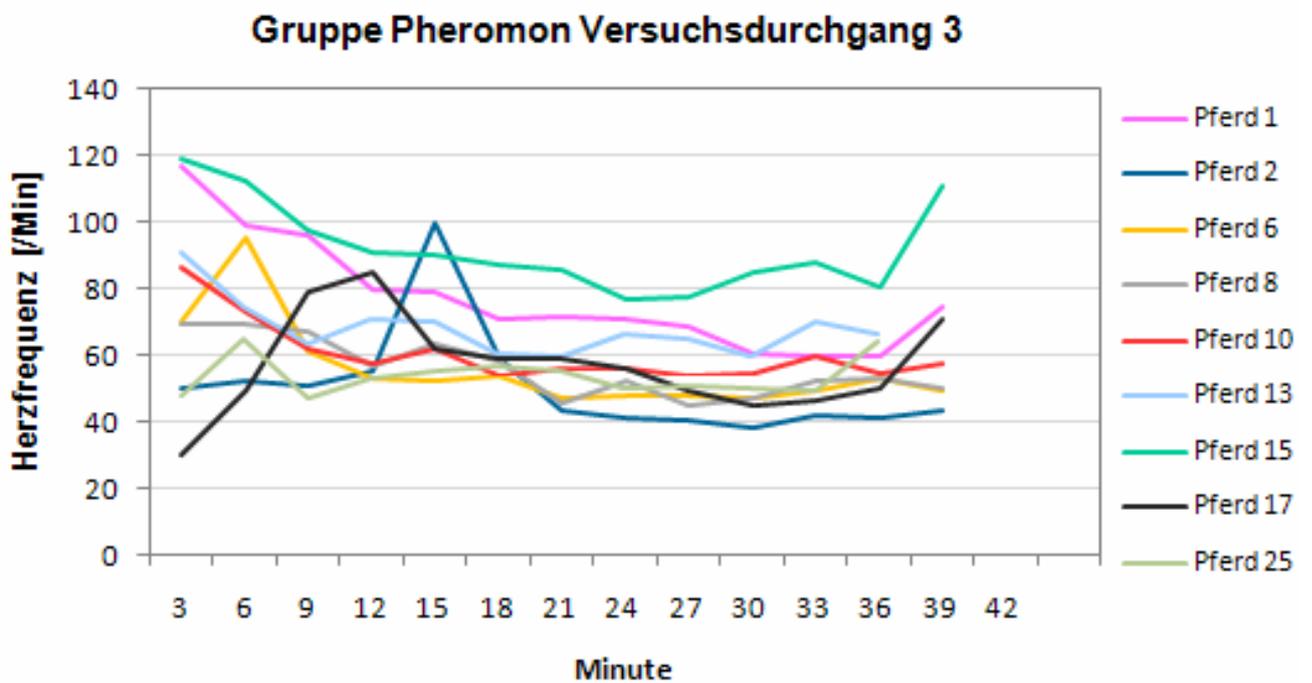


Abbildung 18: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 3 (n = 9 Pferde)

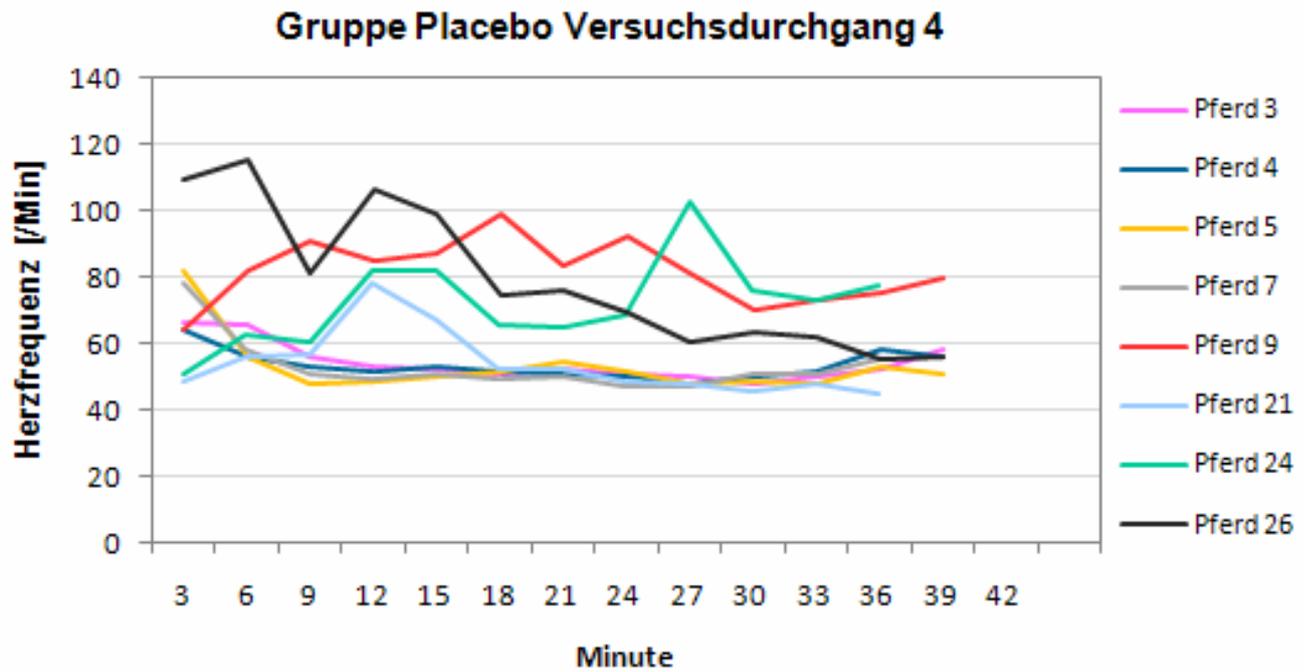


Abbildung 19: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Placebo-Gruppe bei Transport 4 (n = 8 Pferde)

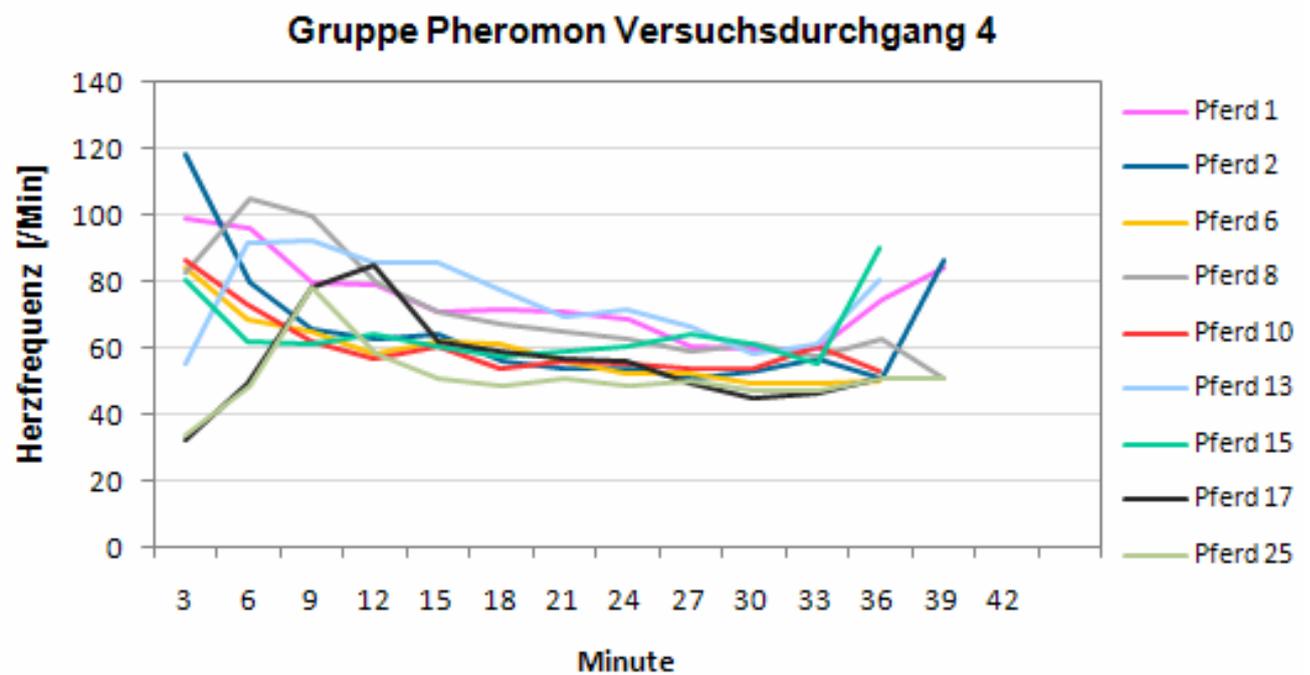


Abbildung 20: Herzfrequenzkurven der mittleren Herzfrequenzen in Minuten der Pheromon-Gruppe bei Transport 4 (n = 9 Pferde)

4.2.3 Körpertemperatur

Einen Überblick über die Körpertemperaturen der vier Versuchsdurchläufe geben die Tabelle 6, sowie die Abbildungen 21a (Ausschnitt) und 21b und die Tabelle 7 (KOT – Körperoberflächentemperatur) und Abbildung 22 (RT - Rektale Temperatur).

Ausgehend vom Ruhewert erfolgte bei beiden Gruppen und allen vier Transporten ein Temperaturabfall der Körperoberflächentemperatur zum Messzeitpunkt direkt vor dem Verladevorgang. Direkt nach den Transporten kam es bei allen Messungen, außer dem Versuchsdurchgang 1 der Placebo-Gruppe (B), zu einem leichten Anstieg der KOT, die sich im Verlauf der halbstündigen Ruhepause weiter auf ein Maximum steigerte, das oberhalb des Ausgangswertes lag.

Die Rektale Temperatur (RT) stieg bei allen Versuchen über den Transport an und fiel in der anschließenden Ruhephase wieder in den Bereich des Ausgangswertes ab.

Tabelle 6: Körperoberflächentemperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	0	8	24,21	2,54	18,3	26,9	24,30	24,65	25,30
		1	8	23,34	2,39	19,2	27,8	22,38	23,30	24,15
		2	8	22,69	2,05	18,6	25,7	22,05	22,80	24,00
		3	8	24,54	2,19	20,5	28,3	23,53	24,600	25,50
	Pheromon	0	9	24,34	2,45	19,3	27,7	23,40	24,10	26,30
		1	9	23,37	2,48	18,4	26,8	21,90	23,60	25,00
		2	9	24,56	4,13	18,9	33,6	21,55	24,70	25,75
		3	9	24,23	2,67	18,4	27,0	23,05	24,60	26,65
2	Placebo	0	8	26,66	1,94	24,0	29,9	24,88	26,80	28,08
		1	8	25,14	1,95	23,6	28,6	24,03	24,20	27,05
		2	8	25,98	2,09	23,1	29,6	24,65	25,55	27,80
		3	8	26,63	1,50	24,2	28,8	25,75	26,45	28,12
	Pheromon	0	9	25,61	2,38	22,4	29,0	23,60	25,30	27,85
		1	9	24,60	1,65	21,4	26,9	23,45	24,90	25,80
		2	9	25,12	1,95	22,3	28,6	23,65	25,10	26,60
		3	9	26,38	2,20	22,7	29,6	24,85	26,10	28,25
3	Placebo	0	8	26,34	1,75	24,2	28,7	24,55	26,00	28,15
		1	8	24,04	1,81	21,2	27,1	23,18	23,70	25,53
		2	8	25,21	1,87	22,8	28,3	23,88	24,75	27,00
		3	8	26,58	1,61	24,9	28,9	25,15	26,25	28,33
	Pheromon	0	9	25,40	1,54	22,6	27,8	24,35	25,60	26,40
		1	9	24,17	2,17	19,2	27,2	23,55	24,80	25,10
		2	9	25,07	2,07	20,1	27,6	24,65	25,60	26,05
		3	9	26,01	2,20	21,4	28,4	24,80	26,10	27,75
4	Placebo	0	8	23,53	1,41	22,1	25,6	22,50	22,90	25,18
		1	8	21,19	2,37	16,0	23,4	20,55	21,55	23,15
		2	8	23,18	2,12	21,0	26,2	21,25	22,60	25,65
		3	8	23,88	1,63	21,3	25,5	22,43	24,20	25,48
	Pheromon	0	9	24,41	1,52	22,4	27,1	22,85	24,60	25,40
		1	9	22,64	1,39	21,2	24,8	21,40	22,10	23,95
		2	9	24,50	1,58	22,4	26,5	22,85	24,60	26,00
		3	9	25,20	1,99	22,3	28,4	23,10	25,50	26,40

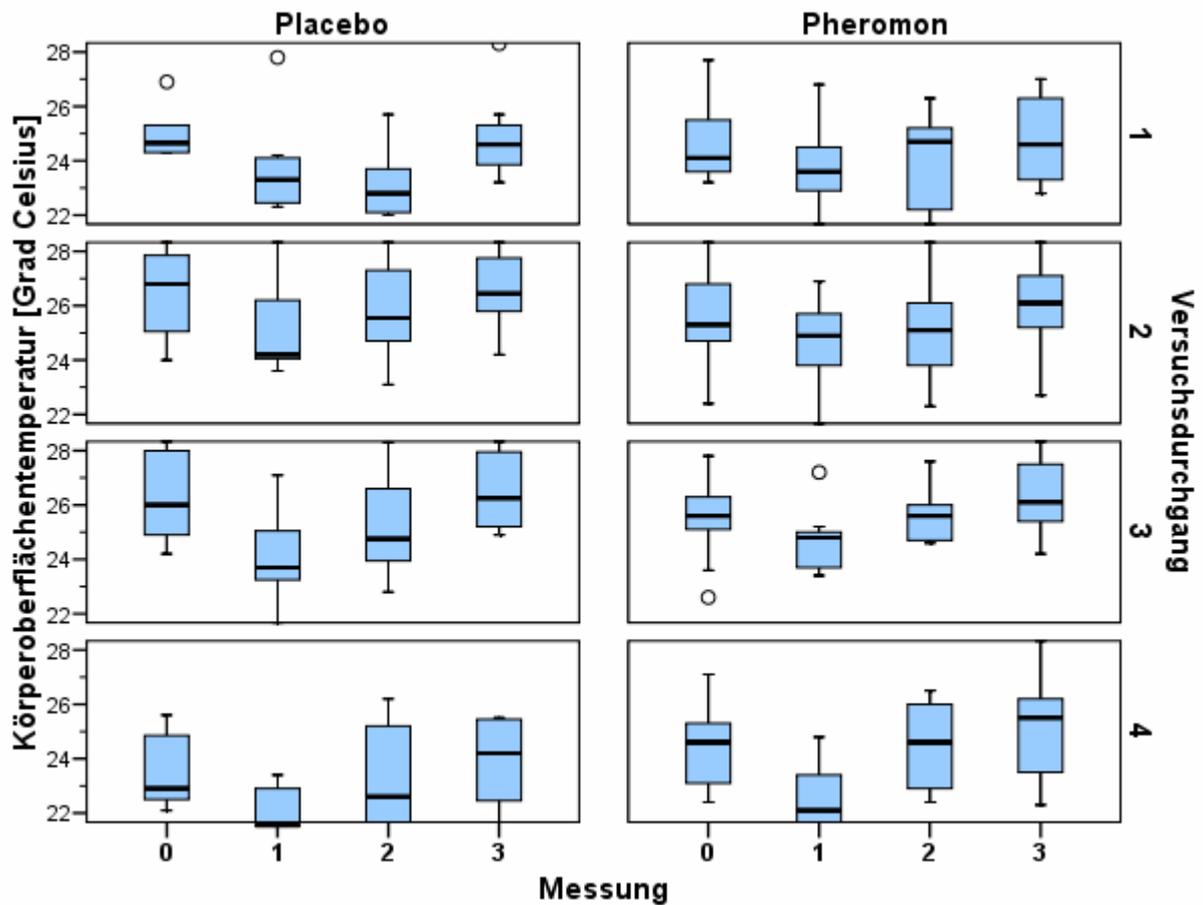


Abbildung 21a: Körperoberflächentemperatur in °C (Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3
 Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Messzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Verladebeginn
 Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall
 ° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

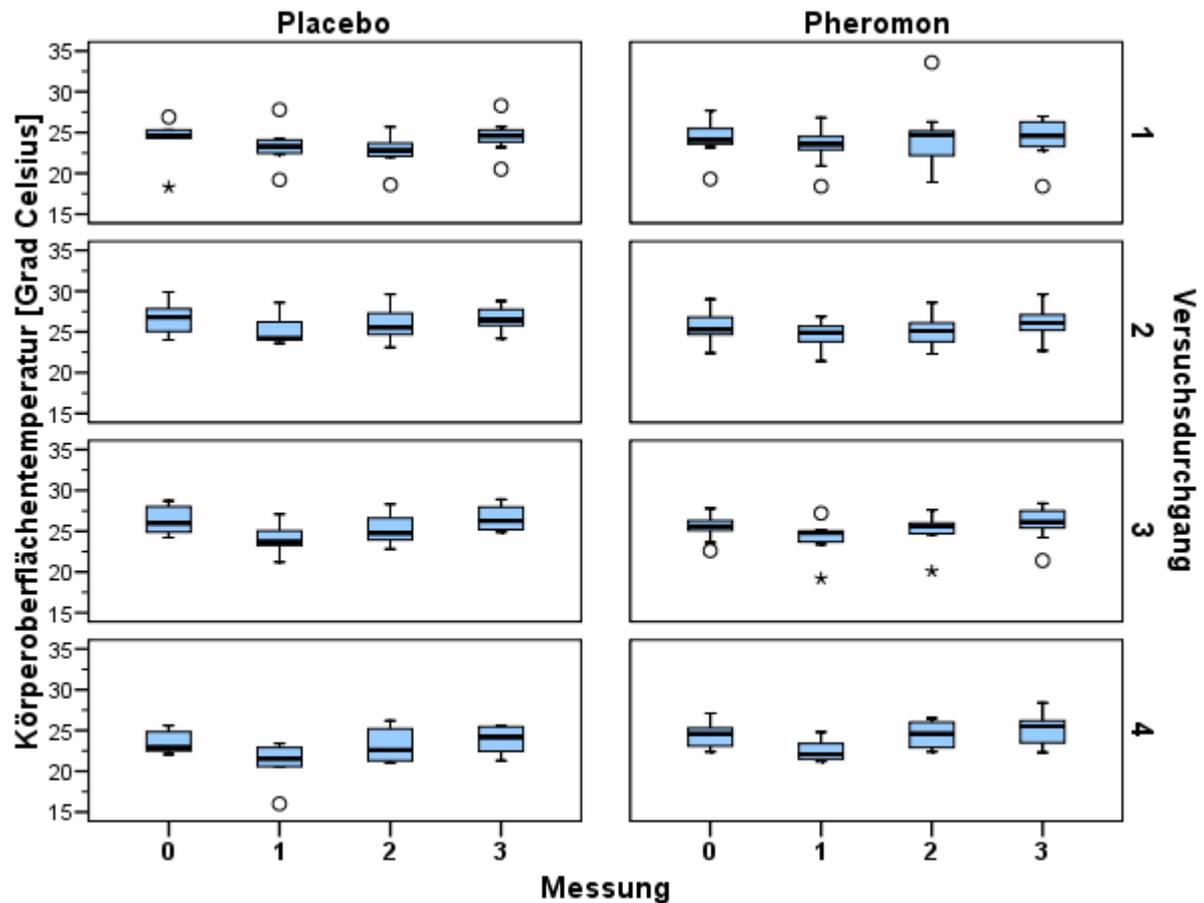


Abbildung 21b: Körperoberflächentemperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3

Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Messzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Verladebeginn

Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 7: Rektale Temperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	0	8	37,55	0,24	37,3	38,0	37,33	37,50	37,75
		1	8	37,50	0,25	37,2	37,9	37,30	37,45	37,75
		2	8	37,90	0,37	37,1	38,3	37,75	38,00	38,15
		3	8	37,84	0,40	37,3	38,5	37,45	37,85	38,15
	Pheromon	0	9	37,60	0,24	37,3	37,9	37,40	37,50	37,90
		1	9	37,47	0,26	37,1	37,8	37,15	37,60	37,65
		2	9	38,07	0,36	37,7	38,8	37,75	38,00	38,30
		3	9	37,57	0,29	37,2	38,0	37,25	37,60	37,80
2	Placebo	0	8	37,65	0,29	37,0	37,9	37,60	37,70	37,88
		1	8	37,55	0,32	37,1	37,9	37,25	37,55	37,88
		2	8	38,04	0,35	37,5	38,7	37,83	38,00	38,25
		3	8	37,69	0,40	37,0	38,2	37,43	37,65	38,08
	Pheromon	0	9	37,61	0,20	37,3	37,9	37,45	37,60	37,80
		1	9	37,62	0,25	37,2	37,9	37,40	37,80	37,80
		2	9	37,93	0,36	37,5	38,5	37,60	37,90	38,25
		3	9	37,77	0,36	37,0	38,1	37,55	37,90	38,05
3	Placebo	0	8	37,69	0,16	37,5	38,0	37,60	37,65	37,78
		1	8	37,53	0,23	37,3	38,0	37,33	37,50	37,60
		2	8	37,81	0,29	37,2	38,1	37,73	37,85	38,05
		3	8	37,76	0,21	37,3	38,0	37,70	37,80	37,90
	Pheromon	0	9	37,54	0,27	37,3	38,1	37,35	37,40	37,75
		1	9	37,62	0,26	37,2	38,0	37,45	37,50	37,85
		2	9	37,92	0,17	37,7	38,2	37,75	37,90	38,05
		3	9	37,59	0,25	37,1	37,9	37,45	37,60	37,80
4	Placebo	0	8	37,58	0,14	37,4	37,8	37,43	37,60	37,68
		1	8	37,59	0,21	37,2	37,8	37,43	37,65	37,78
		2	8	38,00	0,15	37,7	38,1	37,90	38,10	38,10
		3	8	37,74	0,35	37,1	38,3	37,60	37,75	37,95
	Pheromon	0	9	37,71	0,15	37,5	37,9	37,60	37,70	37,85
		1	9	37,62	0,25	37,0	37,8	37,60	37,70	37,80
		2	9	38,03	0,19	37,7	38,3	37,90	38,10	38,15
		3	9	37,74	0,17	37,5	37,9	37,55	37,80	37,90

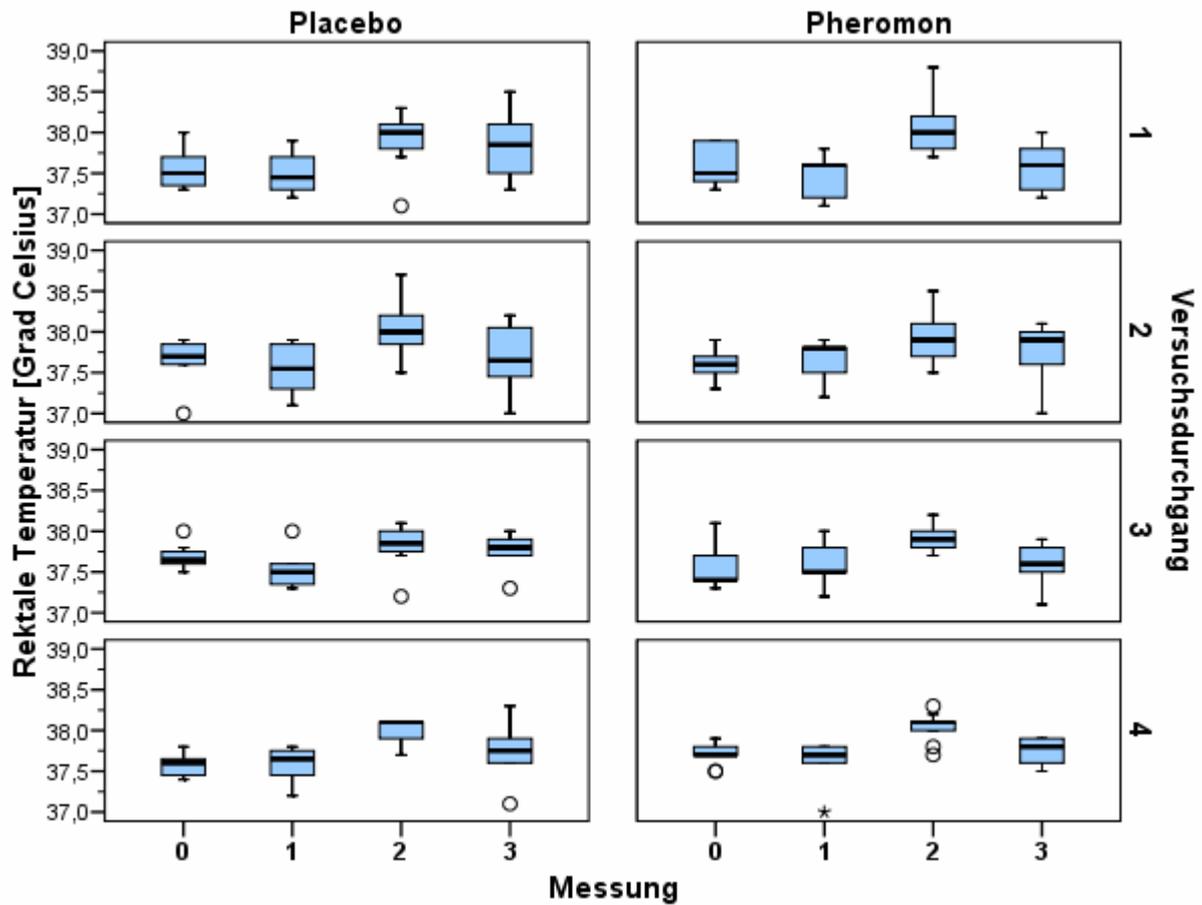


Abbildung 22: Rektale Temperatur in °C der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3

Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Messzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Verladebeginn

Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Anhand prozentualer Veränderungen zwischen Ruhewert/Basalwert (Messzeitpunkt 0) und Belastungswert nach Transport (Messzeitpunkt 2) konnte kein Effekt im zeitlichen Verlauf (Lernerfolg) nachgewiesen werden. Die Abbildung 23 zeigt die mittlere prozentuale Veränderung der KOT zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende und den unterschiedlichen Verlauf der Versuchsdurchgänge der Placebo- (blau) und Pheromon-Gruppe (rot). Eine Wechselwirkung zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff, sowie ein Gruppenunterschied (Placebo vs. Pheromon) war ebenfalls nicht nachzuweisen (ANOVA für Messwiederholungen).

Tabelle 8: Prozentuale Veränderung der Körperoberflächentemperatur zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Körperoberflächentemperatur	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
Basal -> T1	Placebo	-6,04	4,58	8
	Pheromon	1,07	15,52	9
	Gesamt	-2,27	11,96	17
Basal -> T2	Placebo	-2,57	3,63	8
	Pheromon	-1,69	4,71	9
	Gesamt	-2,10	4,13	17
Basal -> T3	Placebo	-4,23	4,36	8
	Pheromon	-1,33	4,77	9
	Gesamt	-2,69	4,68	17
Basal -> T4	Placebo	-1,61	4,31	8
	Pheromon	0,46	4,88	9
	Gesamt	0,52	4,60	17

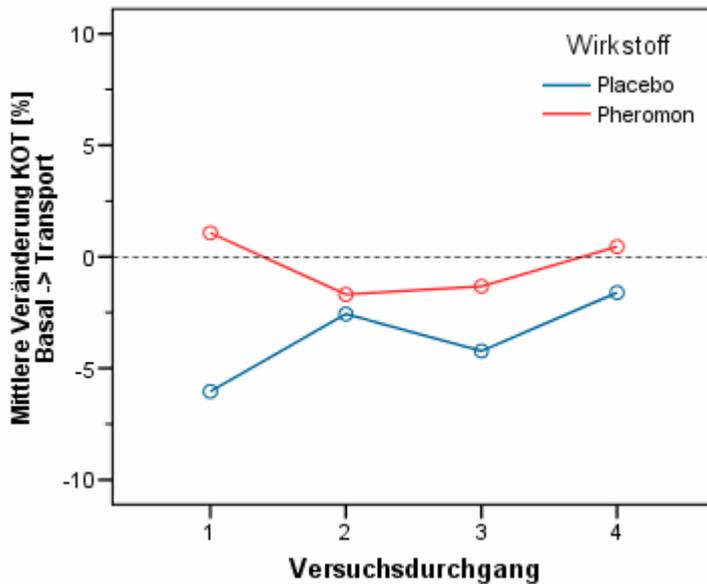


Abbildung 23: Mittlere prozentuale Veränderung der Körperoberflächentemperatur zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 9: Prozentuale Veränderung der Rektalen Temperatur zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] rektale Temperatur	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
Basal -> T1	Placebo	0,94	1,30	8
	Pheromon	1,24	0,98	9
	Gesamt	1,10	1,12	17
Basal -> T2	Placebo	1,03	0,97	8
	Pheromon	0,86	1,35	9
	Gesamt	0,94	1,15	17
Basal -> T3	Placebo	0,33	0,85	8
	Pheromon	1,01	0,98	9
	Gesamt	0,69	0,96	17
Basal -> T4	Placebo	1,13	0,31	8
	Pheromon	0,86	0,55	9
	Gesamt	0,99	0,46	17

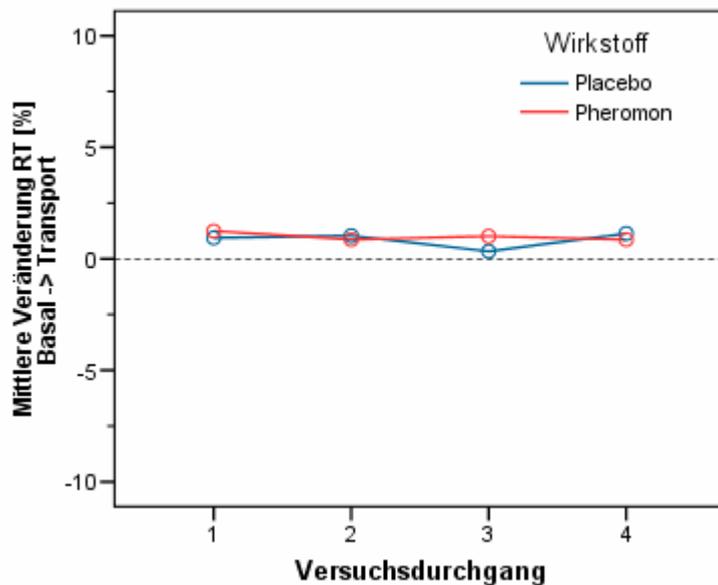


Abbildung 24: Mittlere prozentuale Veränderung der Rektalen Temperatur zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Zwischen Transport-Wert (Messzeitpunkt 2) und Ruhewert (Messzeitpunkt 3) konnte ebenfalls kein Effekt im zeitlichen Verlauf nachgewiesen werden, jedoch zeigt sich eine signifikante Wechselwirkungen zwischen der prozentualen Veränderung zwischen dem ersten und zweiten Transport und dem Wirkstoff ($p=0,012$), so kam es zu einer signifikanten Verringerung der RT in der Pheromon-Gruppe in Versuchsdurchgang 2. Es konnte ein signifikanter Gruppenunterschied zwischen Placebo (n = 8 Pferde) und Pheromon (n = 9 Pferde) ($p=0,038$) nachgewiesen werden (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die Veränderungen geben Tabelle 10 und Abbildung 25.

Tabelle 10: Prozentuale Veränderung der Körperoberflächentemperatur zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Körperoberflächentemperatur	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
T1 -> Stall	Placebo	8,22	3,27	8
	Pheromon	0,30	9,41	9
	Gesamt	3,71	8,26	17
T2 -> Stall	Placebo	2,69	3,38	8
	Pheromon	5,03	4,24	9
	Gesamt	3,93	3,93	17
T3 -> Stall	Placebo	5,59	5,14	8
	Pheromon	3,91	5,92	9
	Gesamt	4,70	5,46	17
T4 -> Stall	Placebo	3,39	7,11	8
	Pheromon	2,89	5,57	9
	Gesamt	3,12	6,14	17

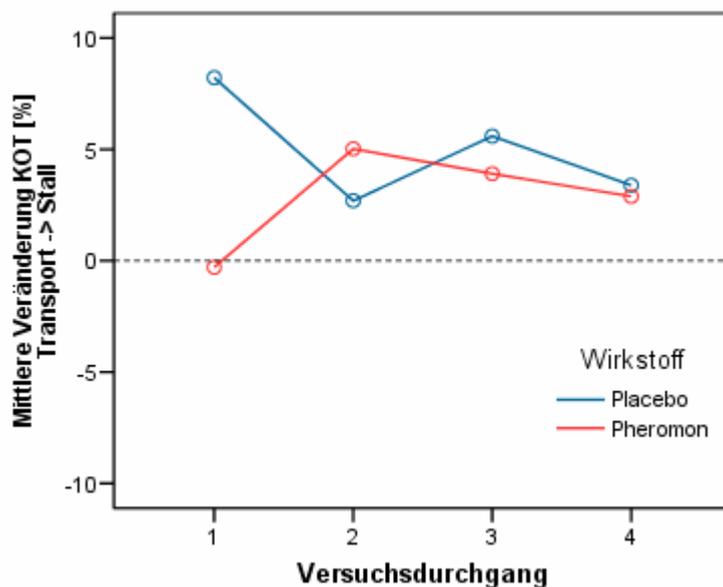


Abbildung 25: Mittlere prozentuale Veränderung der Körperoberflächentemperatur zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Zwischen Transport-Wert (Messzeitpunkt 2) und Ruhewert (Messzeitpunkt 3) der Rektalen Temperatur (RT) konnte ebenfalls kein Effekt im zeitlichen Verlauf nachgewiesen werden, jedoch zeigen sich signifikante Wechselwirkungen zwischen der prozentualen Veränderung zwischen dem ersten und zweiten Transport und dem Wirkstoff ($p=0,016$), so kam es in der Pheromon-Gruppe zu einem deutlichen Anstieg der RT, im Vergleich zu einer deutlichen Verringerung der RT in der Placebo-Gruppe. Für die Gesamtbetrachtung konnte jedoch kein signifikanter Gruppenunterschied zwischen Placebo ($n = 8$ Pferd) und Pheromon ($n = 9$ Pferde) nachgewiesen werden (ANOVA für Messwiederholungen).

Einen Überblick über die Veränderungen geben Tabelle 11 und Abbildung 26.

Tabelle 11: Prozentuale Veränderung der Rektalen Temperatur zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe $n = 8$ Pferde, Pheromon-Gruppe $n = 9$ Pferde)

Veränderung [%] rektale Temperatur	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
T1 -> Stall	Placebo	-0,16	0,95	8
	Pheromon	-1,31	1,21	9
	Gesamt	-0,77	1,22	17
T2 -> Stall	Placebo	-0,92	0,82	8
	Pheromon	-0,44	0,66	9
	Gesamt	-0,66	0,75	17
T3 -> Stall	Placebo	-0,13	0,97	8
	Pheromon	-0,88	0,42	9
	Gesamt	-0,53	0,80	17
T4 -> Stall	Placebo	-0,69	0,68	8
	Pheromon	-0,76	0,33	9
	Gesamt	-0,73	0,51	17

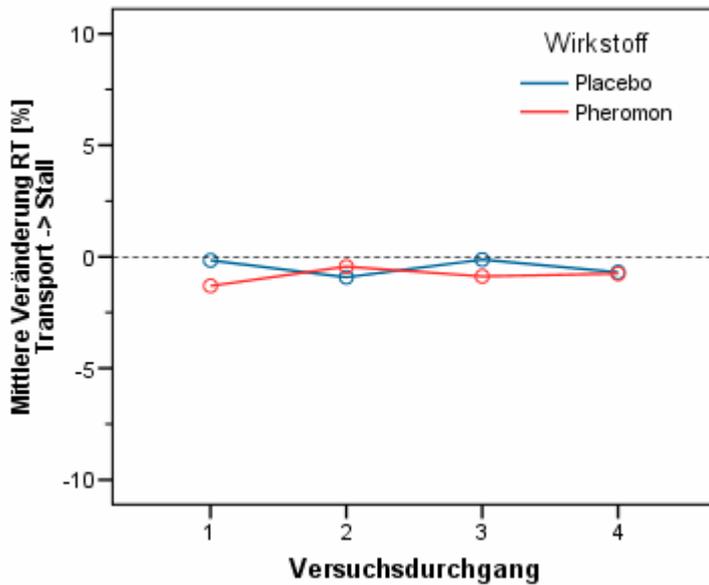


Abbildung 26: Mittlere prozentuale Veränderung der Rektalen Temperatur zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.4 Atemfrequenz

In Tabelle 12 und Abbildung 27 sind die Mittelwerte der Atemfrequenzen angegeben. Die Atemfrequenz steigerte sich in beiden Gruppen (Placebo: n = 8 Pferde, Pheromon: n = 9 Pferde) von einem Messzeitpunkt zum nächsten, mit einem Maximum direkt nach dem Transport, beruhigte sich anschließend und lag bei der letzten Messung wieder im Ausgangsbereich.

Tabelle 12: Atemfrequenz pro Minute der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	0	8	12,5	1,4	12	16	12	12	12
		1	8	19,5	2,6	16	24	17	20	20
		2	8	32,5	10,1	20	48	22	32	42
		3	8	14,5	2,9	12	20	12	14	16
	Pheromon	0	9	13,8	3,5	8	20	12	12	16
		1	9	18,2	4,9	12	28	16	16	22
		2	9	28,9	10,5	20	48	20	24	38
		3	9	13,3	3,5	8	20	12	12	16
2	Placebo	0	8	13,5	2,1	12	16	12	12	16
		1	8	22,0	7,4	12	36	17	20	27
		2	8	39,5	9,4	28	52	32	38	48
		3	8	17,5	4,2	12	24	13	18	20
	Pheromon	0	9	13,8	4,5	8	20	10	12	18
		1	9	22,2	7,2	16	40	18	20	24
		2	9	36,0	4,9	32	44	32	36	40
		3	9	14,2	5,7	8	28	12	12	16
3	Placebo	0	8	12,0	2,1	8	16	12	12	12
		1	8	20,5	8,7	12	40	16	18	23
		2	8	34,5	6,7	28	48	29	32	39
		3	8	13,0	1,9	12	16	12	12	15
	Pheromon	0	9	11,6	3,1	8	16	8	12	14
		1	9	16,9	3,9	12	24	14	16	20
		2	9	37,8	8,9	24	52	32	36	46
		3	9	12,0	0,0	12	12	12	12	12
4	Placebo	0	8	11,5	1,4	8	12	12	12	12
		1	8	21,5	8,5	12	36	16	18	30
		2	8	37,8	8,9	28	52	29	36	46
		3	8	12,5	1,4	12	16	12	12	12
	Pheromon	0	9	12,4	3,1	8	16	10	12	16
		1	9	18,7	4,0	12	24	16	20	22
		2	9	36,0	5,7	24	44	34	36	40
		3	9	10,7	2,0	8	12	8	12	12

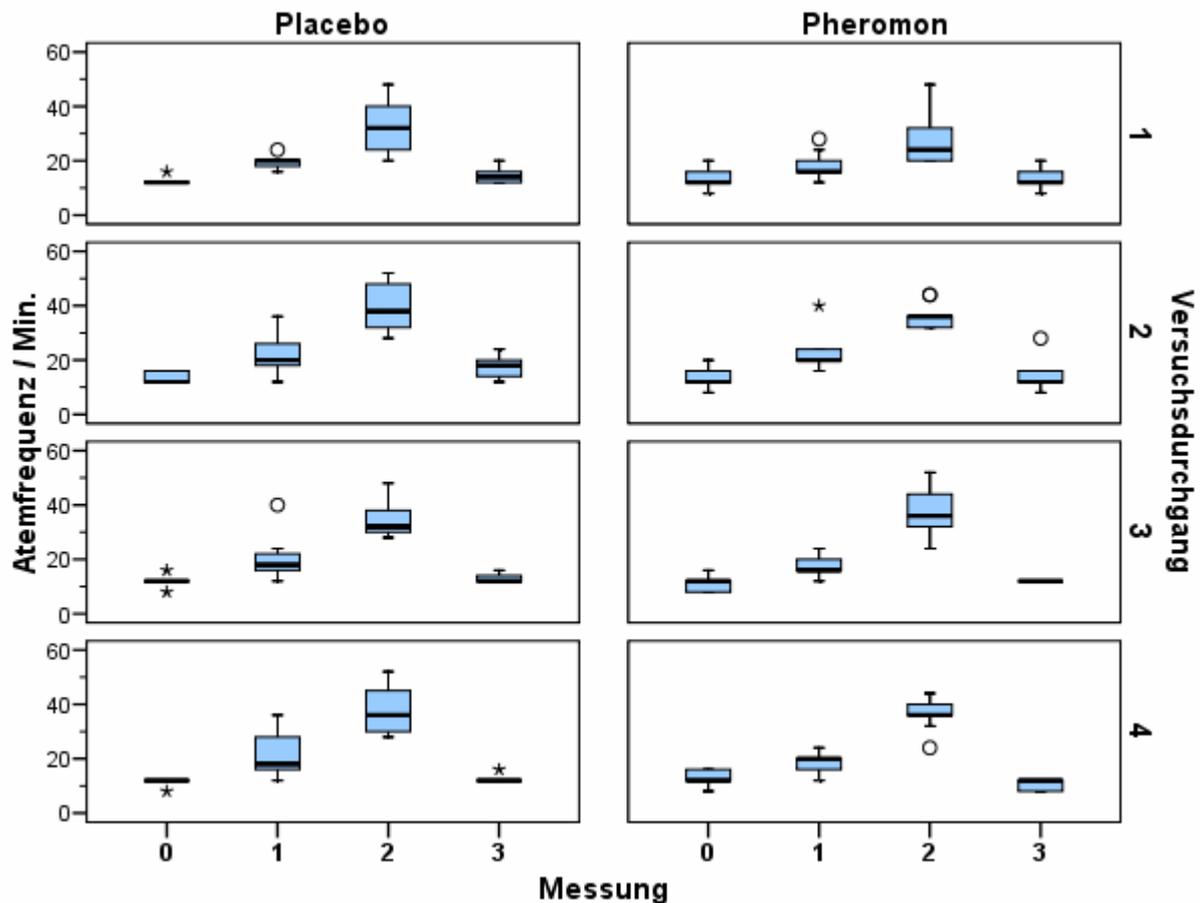


Abbildung 27: Atemfrequenz pro Minute der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Messzeitpunkten 0 bis 3

Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Messzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Verladebeginn

Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Im zeitlichen Verlauf ist kein Effekt (Lernerfolg) nachweisbar, ebenso konnten keine Wechselwirkungen zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff, sowie auch kein Gruppenunterschied nachgewiesen werden. Beim dritten Transport ist die Atemfrequenz gegenüber dem ersten Transport zwischen Basalwert (Messung 0) und Transport-Wert (Messung 2) signifikant erhöht ($p=0,013$, ANOVA für Messwiederholungen).

Einen Überblick geben darüber Tabelle 13 und Abbildung 28.

Tabelle 13: Prozentuale Veränderung der Atemfrequenz zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und den Transportwerten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Atemfrequenz	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
Basal -> T1	Placebo	159,38	75,26	8
	Pheromon	127,59	109,46	9
	Gesamt	142,55	93,46	17
Basal -> T2	Placebo	195,83	73,46	8
	Pheromon	194,26	128,23	9
	Gesamt	195,00	102,88	17
Basal -> T3	Placebo	191,67	56,34	8
	Pheromon	249,07	126,41	9
	Gesamt	222,06	101,25	17
Basal -> T4	Placebo	241,67	136,86	8
	Pheromon	478,70	835,81	9
	Gesamt	367,16	610,21	17

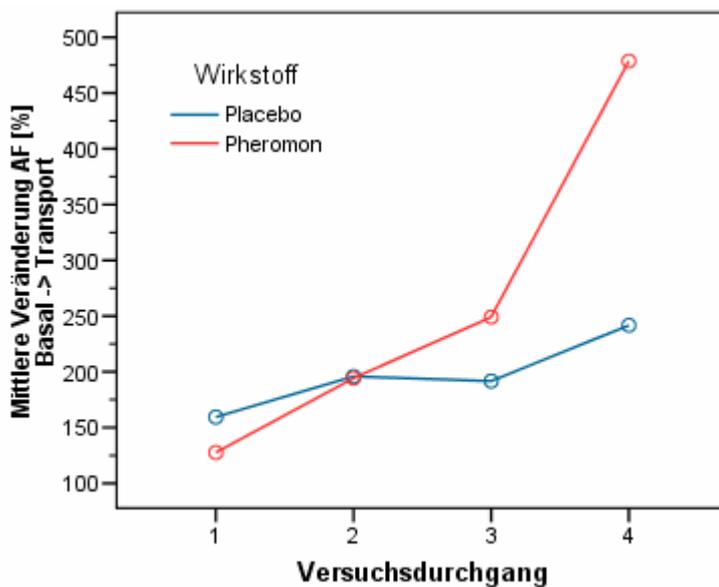


Abbildung 28: Mittlere prozentuale Veränderung der Atemfrequenz zwischen Basalwert (Messzeitpunkt 0 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation) und den Transportwerten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Bei Betrachtung der prozentualen Veränderungen der Atemfrequenz zwischen Transport-Wert und Ruhewert (Stall) lassen sich signifikante Veränderungen nachweisen ($p=0,001$). Dabei unterscheiden sich der dritte und der vierte Transport durch eine signifikante Verringerung der Atemfrequenz vom ersten (T3 vs. T1: $p=0,013$ und T4 vs. T1: $0,002$).

Wechselwirkungen zwischen Veränderungen im zeitlichen Verlauf und Wirkstoff sind nicht nachweisbar, sowie auch kein Unterschied zwischen Placebo ($n = 8$ Pferde) und Pheromon ($n = 9$ Pferde) (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick darüber geben Tabelle 14 und Abbildung 29.

Tabelle 14: Prozentuale Veränderung der Atemfrequenz zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe $n = 8$ Pferde, Pheromon-Gruppe $n = 9$ Pferde)

Veränderung [%] Atemfrequenz	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
T1 -> Stall	Placebo	-51,86	16,42	8
	Pheromon	-50,17	16,69	9
	Gesamt	-50,97	16,07	17
T2 -> Stall	Placebo	-53,86	15,15	8
	Pheromon	-59,60	19,02	9
	Gesamt	-56,90	17,03	17
T3 -> Stall	Placebo	-61,58	6,52	8
	Pheromon	-66,54	8,31	9
	Gesamt	-64,20	7,72	17
T4 -> Stall	Placebo	-65,49	7,42	8
	Pheromon	-73,55	9,43	9
	Gesamt	-69,76	9,26	17

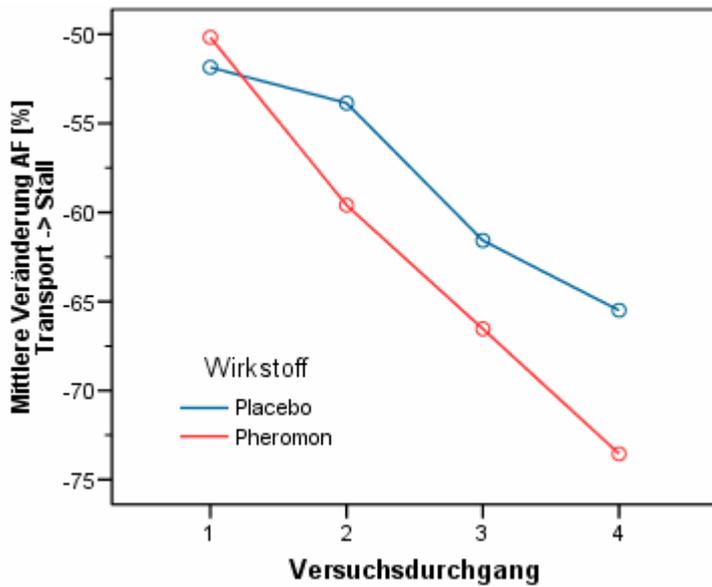


Abbildung 29: Mittlere prozentuale Veränderung der Atemfrequenz zwischen den Transport-Werten 1 bis 4 (Messzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende) und den Ruhewerten (Messzeitpunkt 3 = Nach 30 Minuten Ruhephase im Stall) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.5 Cortisol

Einen Überblick über die Mittelwerte und Anstiege der Cortisolkonzentrationen im Serum gibt Tabelle 15, sowie Abbildung 30a (Ausschnitt) und 30b.

Tabelle 15: Cortisolwerte im Serum in nmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	10,52	3,12	5,58	15,65	8,77	10,30	12,84
		2	8	22,73	6,31	12,72	30,28	16,29	24,07	27,61
	Pheromon	1	9	14,87	7,19	7,01	30,94	9,59	12,53	18,16
		2	9	30,24	3,78	24,18	35,11	26,97	30,69	33,72
2	Placebo	1	8	12,90	4,79	7,20	22,22	8,91	12,08	15,66
		2	8	28,40	4,11	23,76	34,47	25,23	27,04	33,13
	Pheromon	1	9	15,24	3,60	10,07	20,53	11,83	15,48	18,25
		2	9	26,68	5,32	18,49	37,32	23,20	26,19	29,76
3	Placebo	1	8	12,53	3,20	8,09	16,70	9,32	12,24	15,56
		2	8	30,16	11,96	18,02	56,14	21,29	27,92	34,59
	Pheromon	1	9	13,92	4,28	8,42	20,29	10,10	13,97	18,31
		2	8	32,89	21,58	18,49	88,49	21,38	25,81	33,36
4	Placebo	1	8	13,28	5,02	4,72	22,47	11,32	12,86	15,83
		2	8	27,46	9,83	8,56	38,78	20,63	30,24	35,15
	Pheromon	1	9	13,80	4,68	8,00	20,64	10,68	11,81	19,35
		2	9	27,02	6,19	18,55	38,78	22,30	26,22	30,76

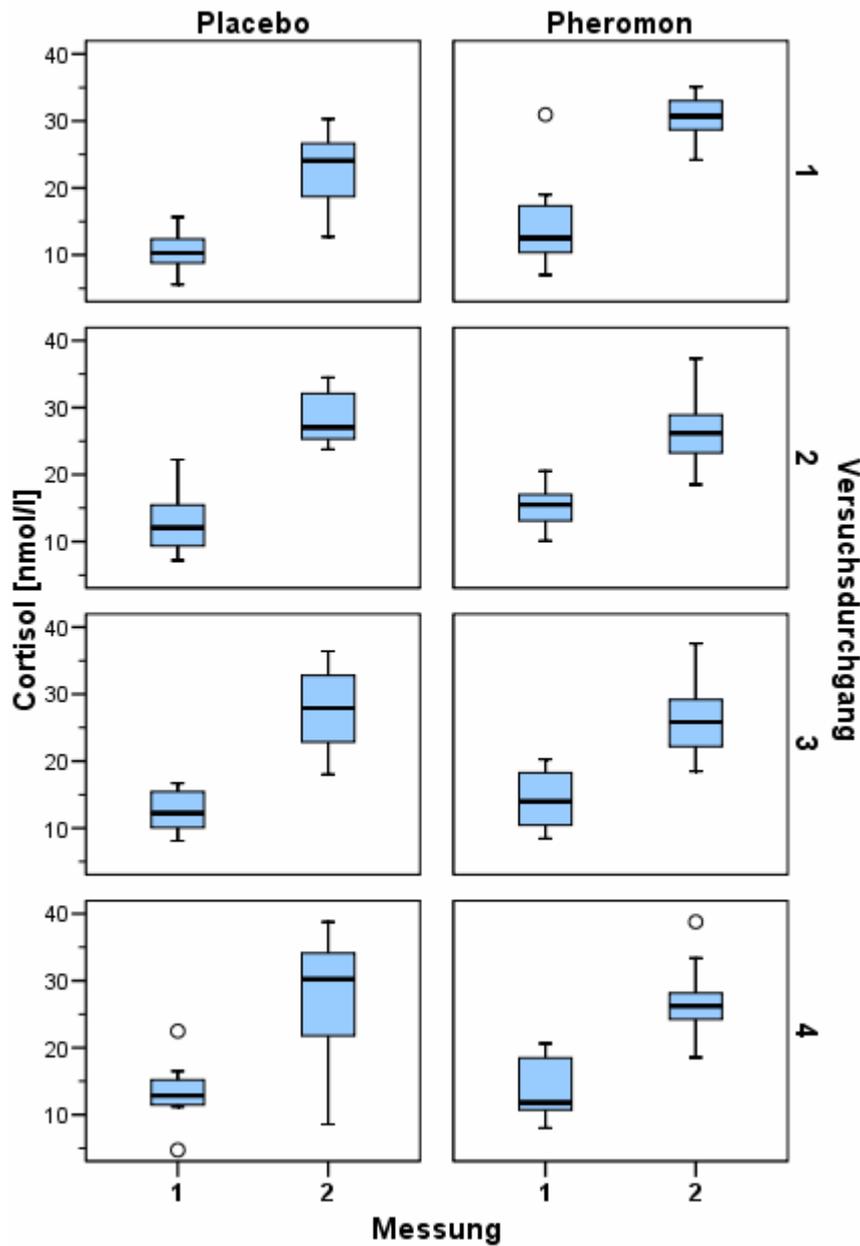


Abbildung 30a: Cortisolwerte im Serum in nmol/l (Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2
 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 ° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

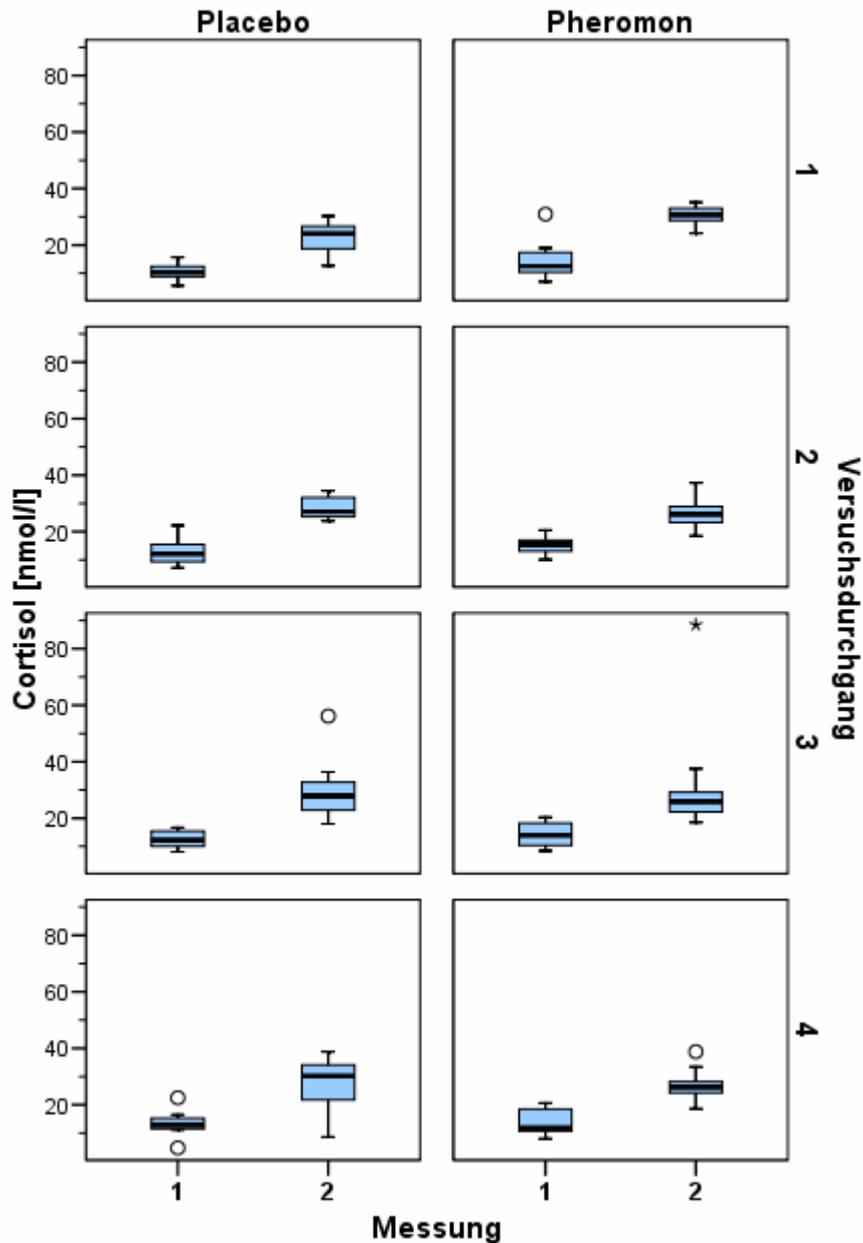


Abbildung 30b: Cortisolwerte im Serum in nmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Der Steigerungsverlauf der Serum-Cortisolkonzentration ist in allen Versuchsdurchläufen sehr ähnlich und unterscheidet sich in beiden Gruppen nur minimal. In der Placebo-Gruppe (n = 8 Pferde) ist beim ersten Versuchsdurchgang eine Steigerung der Konzentration von 121,93 %, von 10,52 auf 22,73 nmol/l, zu beobachten, beim zweiten Versuchsdurchgang steigert sich der Ruhewert um 149,72 %, von 12,8 auf 28,4 nmol/l, beim dritten Versuchsdurchgang um 143,56 %, von 12,53 auf 30,16 nmol/l, und beim vierten Versuchsdurchgang um 110,5 %, von 13,28 auf 27,46 nmol/l.

In der Pheromongruppe (n = 9 Pferde) steigert sich der Ruhewert um 134,38 % bei Versuchsdurchgang 1, von 14,87 auf 30,24 nmol/l, bei Versuchsdurchgang 2 um 79,57 %, von 15,24 auf 26,68 nmol/l, Versuchsdurchgang 3 um 179,09 %, von 13,92 auf 32,89 nmol/l und bei Versuchsdurchgang 4 um 107,39 %, von 13,8 auf 27,02 nmol/l.

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Die prozentualen Veränderungen zeigen keinen Effekt im zeitlichen Verlauf (Lernerfolg), ebenso sind keine Wechselwirkungen zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff, sowie kein Gruppenunterschied nachzuweisen (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die prozentualen Veränderungen geben Tabelle 16 und Abbildung 31.

Tabelle 16: Prozentuale Veränderung des Cortisolwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Cortisol vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardabweichung	N
T1	Placebo	121,93	56,77	8
	Pheromon	134,39	80,26	9
	Gesamt	128,52	68,35	17
T2	Placebo	149,72	108,27	8
	Pheromon	79,57	34,48	9
	Gesamt	112,59	83,82	17
T3	Placebo	143,56	75,70	8
	Pheromon	179,10	291,35	9
	Gesamt	162,38	212,80	17
T4	Placebo	110,50	54,73	8
	Pheromon	107,39	53,52	9
	Gesamt	108,86	52,39	17

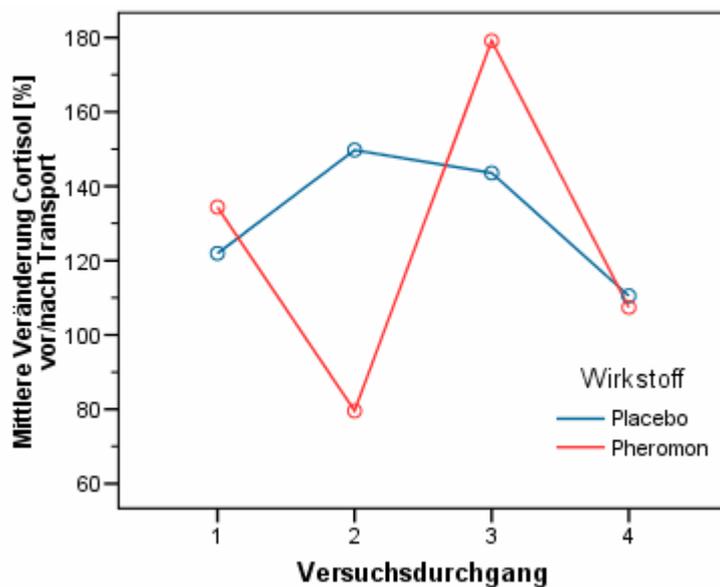


Abbildung 31: Mittlere prozentuale Veränderung des Cortisolwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.6 Glucose

Einen Überblick über die Blutglucosewerte gibt die Tabelle 17, sowie die Abbildung 32. Bei allen Versuchsdurchgängen der Placebo- (n = 8 Pferde) und Pheromon-Gruppen (n = 9 Pferde) kam es zu einer geringgradigen Verringerung der Blutglucosewerte nach den Transporten.

Tabelle 17: Glucosewerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	3,59	0,46	3,11	4,27	3,1774	3,4965	4,0931
		2	8	3,39	0,21	3,05	3,72	3,2884	3,3300	3,5659
	Pheromon	1	9	3,87	0,53	3,00	4,77	3,5798	3,8295	4,3012
		2	9	3,43	0,63	2,89	4,77	2,9692	3,1080	3,8573
2	Placebo	1	8	3,91	0,30	3,50	4,33	3,6491	3,8573	4,2319
		2	8	3,34	0,33	2,72	3,72	3,1496	3,3578	3,6075
	Pheromon	1	9	3,60	0,45	3,00	4,22	3,1357	3,6630	3,9683
		2	9	3,27	0,61	2,66	4,72	2,8860	3,1635	3,4133
3	Placebo	1	8	3,61	0,35	3,27	4,33	3,3300	3,5520	3,7601
		2	8	3,28	0,36	2,83	3,89	2,9554	3,3023	3,5520
	Pheromon	1	9	3,35	0,34	2,89	3,77	3,0525	3,3300	3,6908
		2	9	3,32	0,52	2,72	4,38	2,8860	3,2190	3,5798
4	Placebo	1	8	3,46	0,50	2,83	4,16	2,9831	3,4410	3,9405
		2	8	3,39	0,24	3,05	3,77	3,2329	3,3300	3,6075
	Pheromon	1	9	3,47	0,37	3,00	4,27	3,2468	3,3855	3,6353
		2	9	3,29	0,28	2,89	3,89	3,0803	3,3300	3,4133

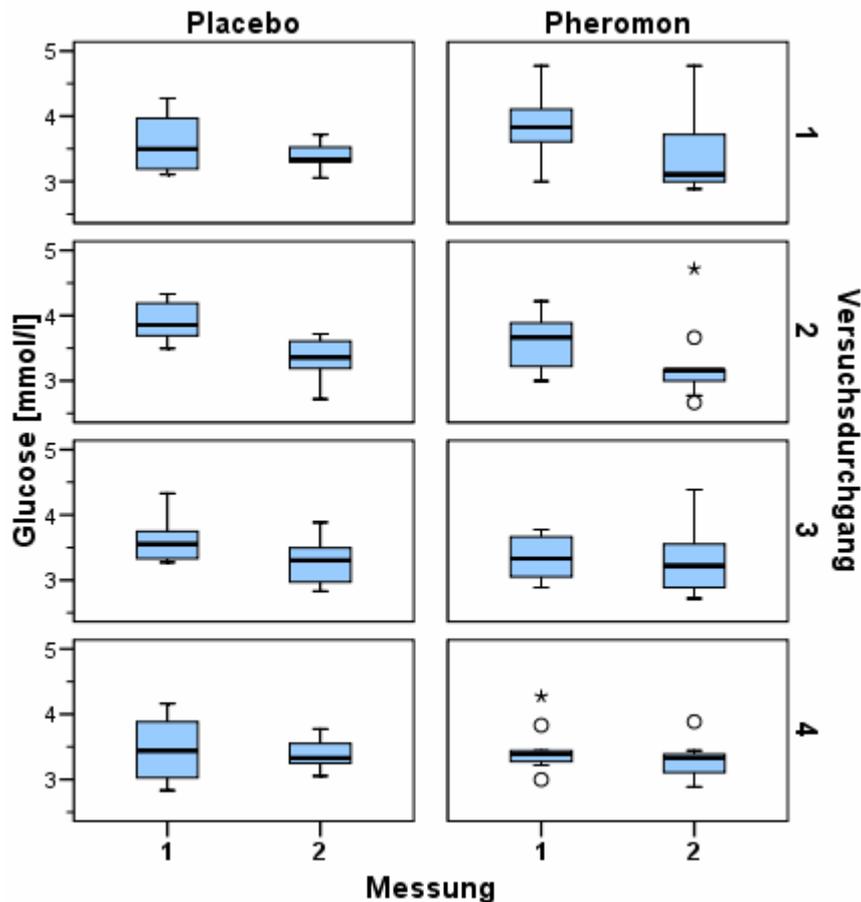


Abbildung 32: Glucosewerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Anhand prozentualer Veränderungen zwischen Ruhewert/Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Belastungswert nach Transport (Probenzeitpunkt 2) konnte kein Effekt im zeitlichen Verlauf (Lernerfolg) nachgewiesen werden. Eine Wechselwirkung zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff, sowie ein Gruppenunterschied (Placebo vs. Pheromon) war ebenfalls nicht nachzuweisen (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die prozentualen Veränderungen geben Tabelle 18 und Abbildung 33.

Tabelle 18: Prozentuale Veränderung des Glucosewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Glucose vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardabweichung	N
T1	Placebo	-4,37	12,07	8
	Pheromon	-8,84	28,44	9
	Gesamt	-6,74	21,76	17
T2	Placebo	-14,02	10,98	8
	Pheromon	-8,92	12,73	9
	Gesamt	-11,32	11,86	17
T3	Placebo	-8,43	12,83	8
	Pheromon	0,02	19,34	9
	Gesamt	-3,96	16,68	17
T4	Placebo	-0,94	11,33	8
	Pheromon	-4,44	11,02	9
	Gesamt	-2,79	10,96	17

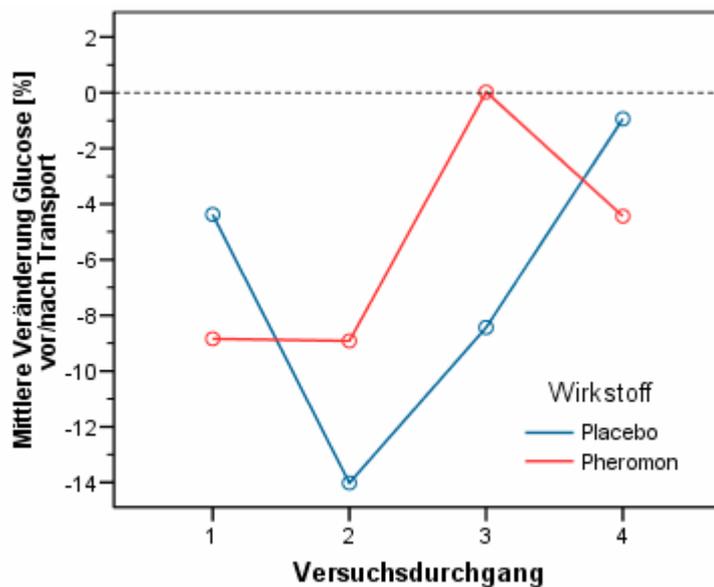


Abbildung 33: Mittlere prozentuale Veränderung des Glucosewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2
 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.7 Laktat

Einen Überblick über die Laktatwerte gibt die Tabelle 19, sowie die Abbildung 34. Bei allen Versuchsdurchgängen der Placebo- (n = 8 Pferde) und Pheromon-Gruppen (n = 9 Pferde) kam es zu einer Steigerung der Laktatwerte nach den Transporten um bis zu 63,2 %.

Tabelle 19: Laktatwerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	1,86	0,52	1,0	2,5	1,40	1,90	2,35
		2	8	2,45	0,59	1,7	3,3	1,80	2,55	2,93
	Pheromon	1	9	1,72	0,62	0,9	2,7	1,20	1,60	2,25
		2	9	2,50	0,34	2,0	3,0	2,20	2,50	2,80
2	Placebo	1	8	1,53	0,26	1,1	1,9	1,33	1,55	1,75
		2	8	2,00	0,41	1,2	2,4	1,75	2,05	2,38
	Pheromon	1	9	1,63	0,33	1,2	2,1	1,30	1,70	1,90
		2	9	2,10	0,54	1,4	3,0	1,65	1,90	2,50
3	Placebo	1	8	1,94	0,33	1,5	2,4	1,70	1,90	2,30
		2	8	2,31	0,33	1,7	2,7	2,13	2,35	2,63
	Pheromon	1	9	1,27	0,33	0,9	1,8	1,00	1,20	1,60
		2	9	1,93	0,30	1,5	2,4	1,70	1,90	2,20
4	Placebo	1	8	1,36	0,21	1,1	1,7	1,20	1,35	1,55
		2	8	1,78	0,41	1,0	2,1	1,45	1,95	2,10
	Pheromon	1	9	1,72	0,42	1,1	2,4	1,35	1,80	2,05
		2	9	2,22	0,40	1,4	2,7	2,00	2,30	2,50

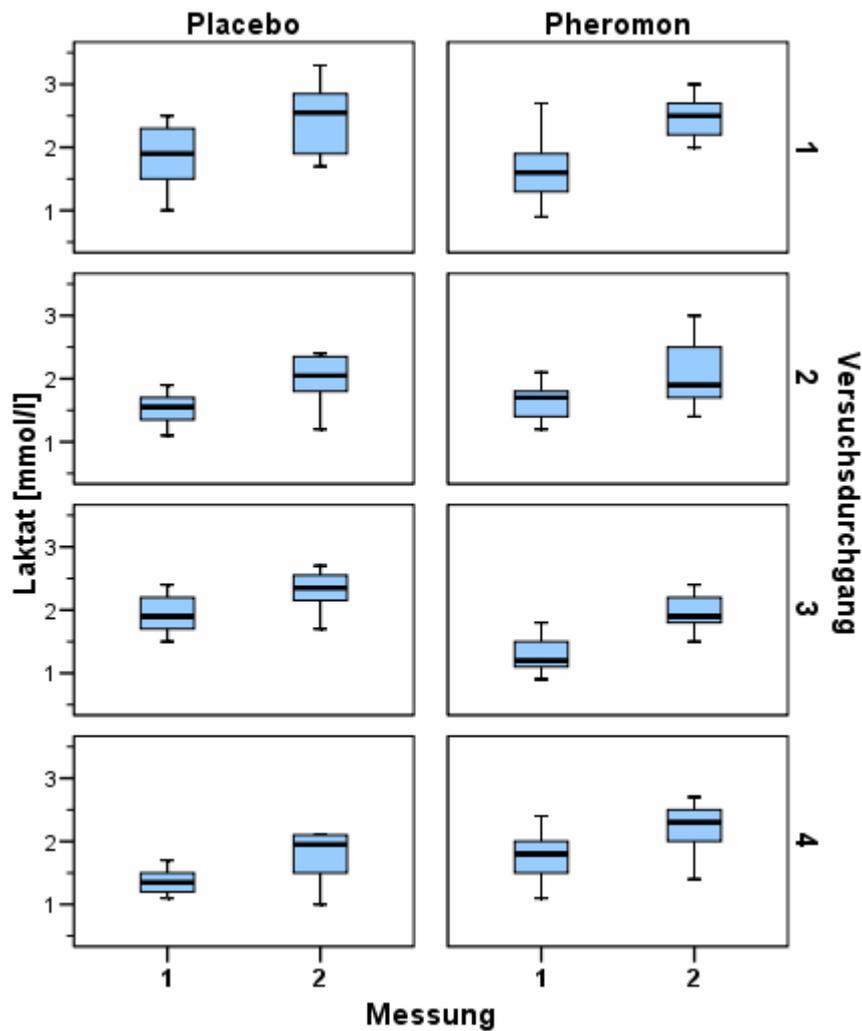


Abbildung 34: Laktatwerte in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Anhand prozentualer Veränderungen zwischen Ruhewert/Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Belastungswert nach Transport (Probenzeitpunkt 2) konnte kein Effekt im zeitlichen Verlauf (Lernerfolg) nachgewiesen werden. Eine Wechselwirkung zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff, sowie ein Gruppenunterschied (Placebo vs. Pheromon) war ebenfalls nicht nachzuweisen (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die prozentualen Veränderungen geben Tabelle 20 und Abbildung 35.

Tabelle 20: Prozentuale Veränderung des Laktatwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Laktat vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardab- weichung	N
T1	Placebo	51,78	88,25	8
	Pheromon	63,20	66,07	9
	Gesamt	57,82	74,99	17
T2	Placebo	32,69	28,24	8
	Pheromon	34,89	46,43	9
	Gesamt	33,86	37,79	17
T3	Placebo	22,42	28,67	8
	Pheromon	60,77	45,41	9
	Gesamt	42,72	42,19	17
T4	Placebo	35,71	43,99	8
	Pheromon	37,32	47,10	9
	Gesamt	36,56	44,23	17

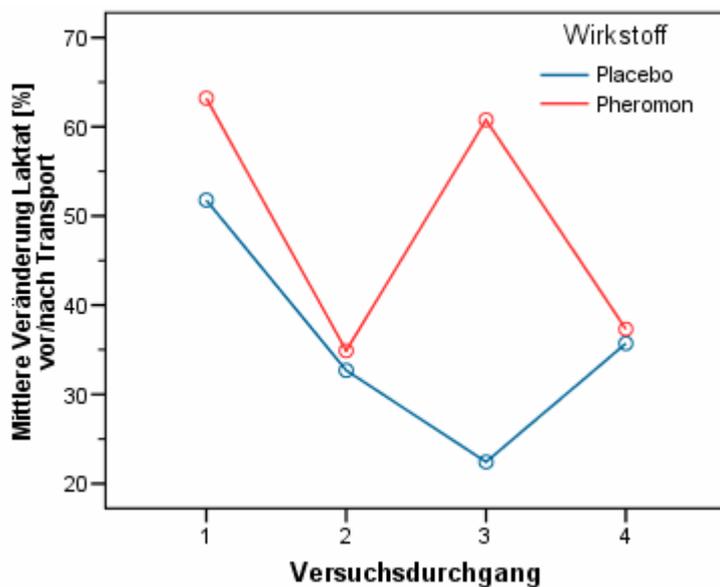


Abbildung 35: Mittlere prozentuale Veränderung des Laktatwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2
 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.8 Kreatinin und Kreatininkinase

Einen Überblick über die Kreatinin- und Kreatininkinasewerte geben die Tabellen 21 und 22, sowie die Abbildungen 36 und 37a (Ausschnitt), sowie 37b.

Bei allen Versuchsdurchgängen der Placebo- (n= 8 Pferde) und Pheromon-Gruppen (n = 9 Pferde) kam es zu einer Steigerung der Kreatininwerte, die beim ersten Versuchsdurchgang bei 10,16 % (Placebo-Gruppe) und 9,13 (Pheromon-Gruppe) lag, bei den weiteren Versuchsdurchgängen aber deutlich geringer ausfiel.

Bei den Kreatininkinasewerten kam es nur bei der Pheromon-Gruppe (n = 9 Pferde) zu einer prozentualen Steigerung der Werte, bei der Placebo-Gruppe (n = 8 Pferde) schwankten die Werte und es kam beim zweiten Versuchsdurchgang zu einer Verringerung der Werte um 0,94 % und beim vierten Versuchsdurchgang zu einer Verringerung der Werte um 0,32 %.

Tabelle 21: Kreatininwerte in $\mu\text{mol/l}$ der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	97,91	13,54	76,56	113,16	84,03	99,89	109,18
		2	8	107,92	16,64	80,09	122,88	91,05	115,37	121,55
	Pheromon	1	9	98,32	21,78	76,82	138,79	79,78	93,71	118,02
		2	9	106,38	19,79	76,91	141,44	89,29	106,08	121,11
2	Placebo	1	8	95,60	8,79	82,30	106,97	89,73	93,26	104,76
		2	8	100,75	9,55	86,72	114,04	90,13	102,99	106,75
	Pheromon	1	9	104,86	16,34	81,15	131,72	91,85	101,66	117,13
		2	9	109,44	16,72	79,74	133,49	98,13	108,73	123,32
3	Placebo	1	8	97,26	12,45	80,80	114,04	85,84	98,13	108,96
		2	8	102,66	11,60	89,29	120,23	90,83	102,10	113,59
	Pheromon	1	9	101,69	15,42	78,24	131,72	89,64	103,43	107,85
		2	9	103,81	16,97	76,38	132,60	92,60	101,66	116,25
4	Placebo	1	8	98,75	6,10	88,05	104,31	93,71	101,66	103,87
		2	8	101,99	4,46	95,47	106,97	96,80	103,43	105,64
	Pheromon	1	9	101,27	19,65	75,58	138,79	85,53	99,89	115,81
		2	9	106,79	18,49	79,74	136,14	89,29	114,04	119,34

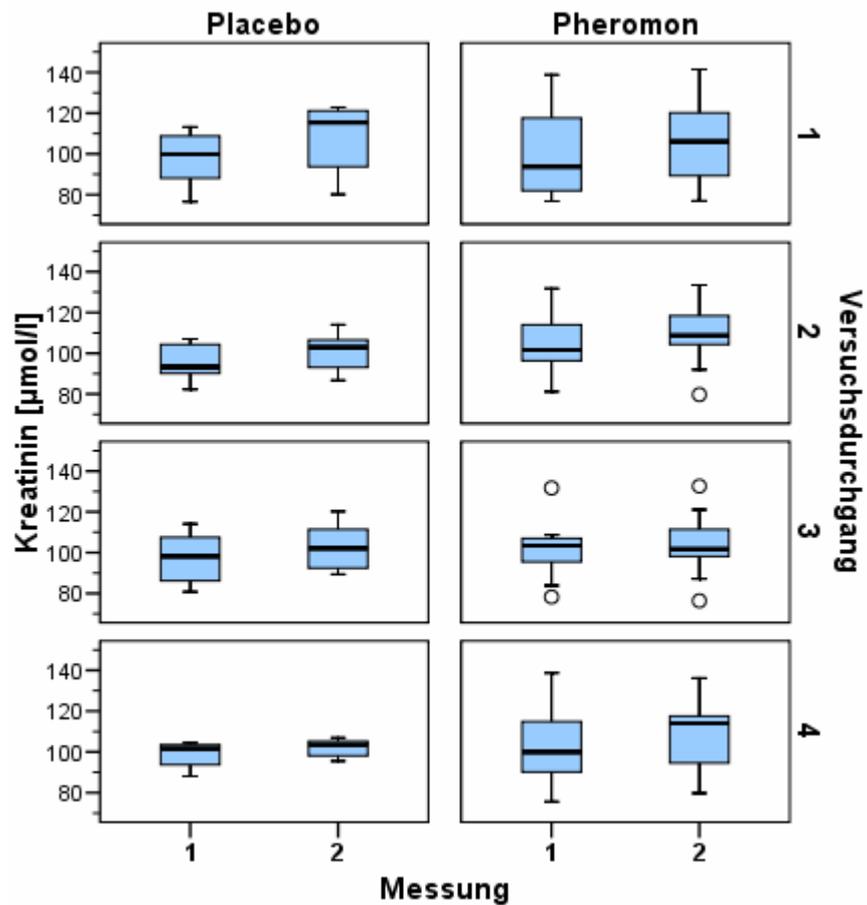


Abbildung 36: Kreatininwerte in µmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2 (n = 17 Pferde)

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 22: Kreatininkinasewerte in $\mu\text{kat/l}$ der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	2,35	0,35	1,98	3,10	2,092	2,267	2,479
		2	8	2,43	0,41	1,78	3,20	2,196	2,409	2,621
	Pheromon	1	9	2,32	0,47	1,61	3,35	2,059	2,301	2,476
		2	9	2,48	0,57	1,95	3,77	2,025	2,484	2,701
2	Placebo	1	8	2,28	0,64	1,87	3,82	1,892	2,109	2,305
		2	8	2,26	0,76	1,15	3,85	2,013	2,092	2,451
	Pheromon	1	9	2,21	0,44	1,57	2,85	1,859	2,084	2,584
		2	9	2,34	0,25	1,97	2,70	2,159	2,251	2,609
3	Placebo	1	8	2,15	0,26	1,80	2,52	1,896	2,200	2,363
		2	8	2,22	0,26	1,83	2,68	2,042	2,209	2,413
	Pheromon	1	9	2,04	0,38	1,62	2,70	1,709	1,934	2,351
		2	9	2,34	0,68	1,47	3,68	1,892	2,167	2,826
4	Placebo	1	8	2,14	0,34	1,72	2,87	1,938	2,084	2,246
		2	8	2,10	0,15	1,82	2,27	2,017	2,075	2,246
	Pheromon	1	9	2,16	0,46	1,68	3,18	1,859	2,017	2,359
		2	9	2,13	0,36	1,70	2,58	1,767	2,200	2,509

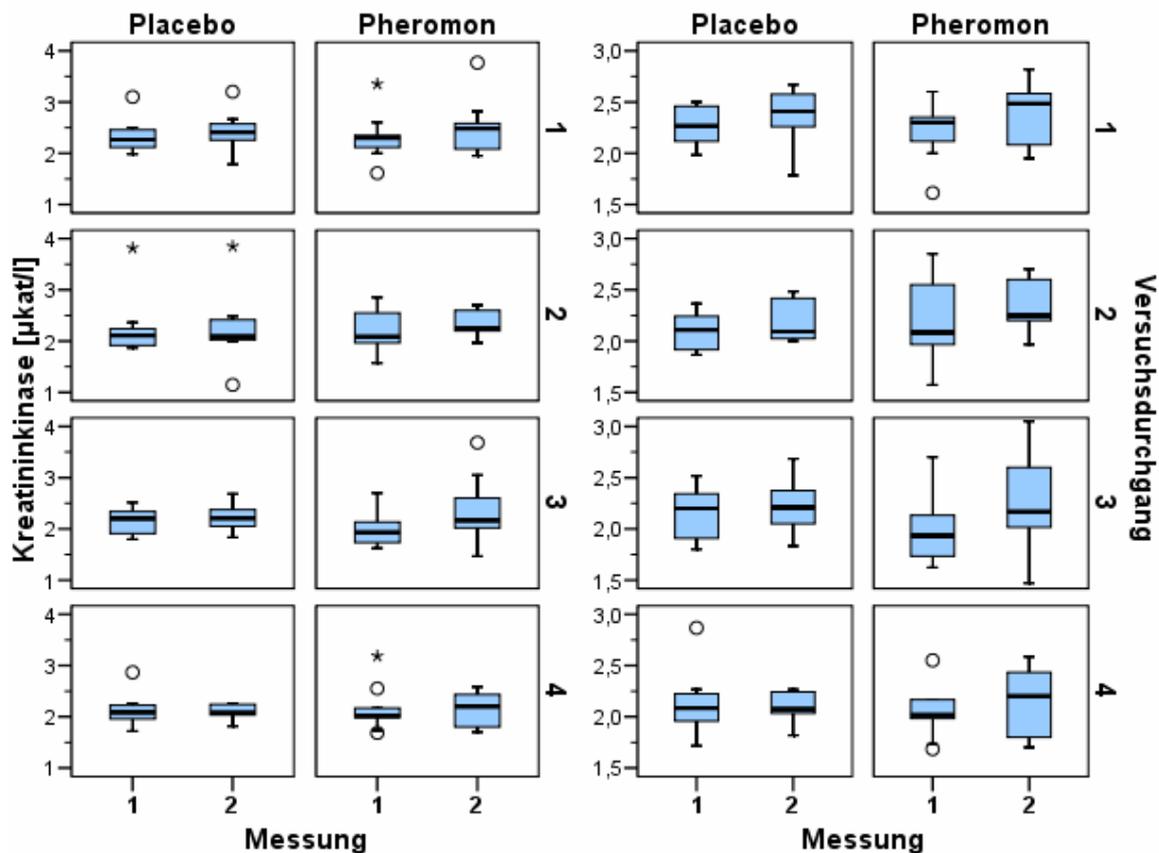


Abbildung 37a und 37b: Kreatinin kinase werte in $\mu\text{kat/l}$ (rechts Ausschnitt) der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe $n = 8$ Pferde, Pheromon-Gruppe $n = 9$ Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Insgesamt ist bei den Kreatininwerten kein signifikanter Effekt im zeitlichen Verlauf und weder eine Steigerung, noch eine Verringerung der Werte nachweisbar. Wechselwirkungen zwischen zeitlicher Veränderung (Lernerfolg) und Wirkstoff, sowie ein Unterschied zwischen den Wirkstoffen (Placebo vs. Pheromon) konnte nicht nachgewiesen werden (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die prozentualen Veränderungen geben Tabelle 23 und Abbildung 38.

Tabelle 23: Prozentuale Veränderung des Kreatininwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Kreatinin vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardabweichung	N
T1	Placebo	10,16	7,14	8
	Pheromon	9,14	10,36	9
	Gesamt	9,62	8,74	17
T2	Placebo	5,50	5,99	8
	Pheromon	4,45	4,62	9
	Gesamt	4,94	5,16	17
T3	Placebo	5,76	3,10	8
	Pheromon	2,09	6,72	9
	Gesamt	3,82	5,51	17
T4	Placebo	3,44	3,72	8
	Pheromon	5,96	7,80	9
	Gesamt	4,77	6,17	17

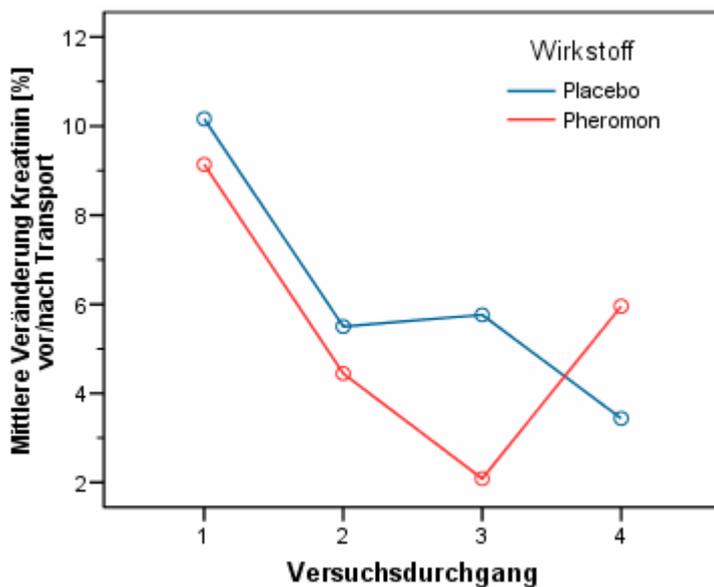


Abbildung 38: Mittlere prozentuale Veränderung des Kreatininwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2
 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Bei der Betrachtung der Kreatininkinasewerte konnte anhand prozentualer Veränderungen zwischen Ruhewert/Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Belastungswert nach Transport (Probenzeitpunkt 2) kein Effekt im zeitlichen Verlauf (Lernerfolg) nachgewiesen werden. Eine Wechselwirkung zwischen dem Verlauf und dem Wirkstoff, sowie ein Gruppenunterschied (Placebo vs. Pheromon) war ebenfalls nicht nachzuweisen (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die prozentualen Veränderungen geben Tabelle 24 und Abbildung 39.

Tabelle 24: Prozentuale Veränderung des Kreatininkinasewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Kreatininkinase vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardabweichung	N
T1	Placebo	3,87	10,62	8
	Pheromon	7,80	16,73	9
	Gesamt	5,95	13,91	17
T2	Placebo	-0,94	18,80	8
	Pheromon	8,54	18,16	9
	Gesamt	4,08	18,53	17
T3	Placebo	3,73	9,67	8
	Pheromon	15,46	32,17	9
	Gesamt	9,94	24,39	17
T4	Placebo	-0,32	13,94	8
	Pheromon	0,15	14,66	9
	Gesamt	-0,07	13,87	17

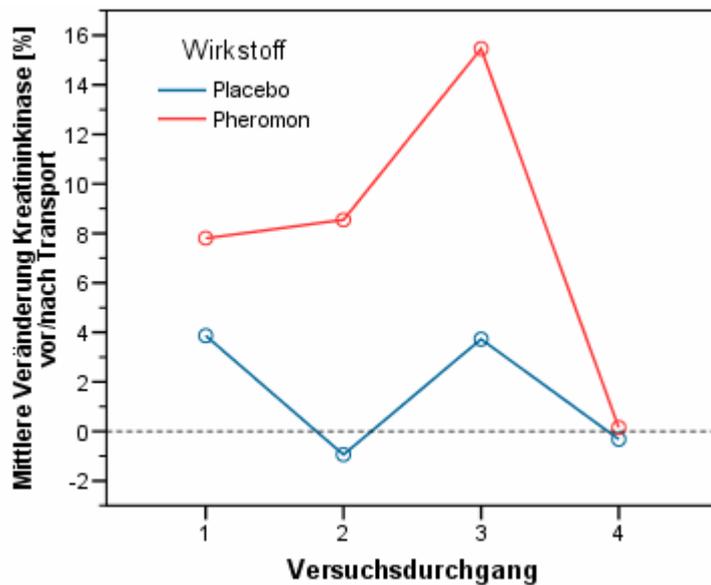


Abbildung 39: Mittlere prozentuale Veränderung des Kreatininkinasewertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.9 Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

Einen Überblick über die Hämatokrit- und Hämoglobinwerte geben die Tabellen 25 und 26, sowie die Abbildungen 40 und 41a (Ausschnitt), sowie 41b.

Bei allen Versuchsdurchgängen der Placebo- (n = 8 Pferde) und Pheromon-Gruppen (n = 9 Pferde) kam es zu einer Steigerung der Hämatokrit- und Hämoglobinwerte, die beim Hämatokrit bis zu 26,22 % und beim Hämoglobin bis zu 23,9 % (Pheromon-Gruppe – Versuchsdurchgang 1) betrug.

Tabelle 25: Hämatokrit in % der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	37,79	2,85	34,9	43,1	35,125	37,650	39,775
		2	8	45,56	1,80	43,0	49,0	44,275	45,600	46,525
	Pheromon	1	9	36,49	2,31	30,9	38,8	36,000	37,000	37,850
		2	9	45,83	3,10	41,4	51,9	43,550	45,900	47,750
2	Placebo	1	8	36,64	1,76	34,5	39,2	34,950	36,550	38,475
		2	8	44,08	2,32	41,2	49,0	42,550	43,950	44,775
	Pheromon	1	9	39,03	1,94	36,7	43,2	37,550	39,200	39,800
		2	9	46,58	3,84	41,7	52,4	42,800	46,900	49,850
3	Placebo	1	8	38,25	2,68	35,1	43,6	36,425	37,500	39,700
		2	8	45,19	2,23	41,7	48,0	43,250	45,200	47,350
	Pheromon	1	9	37,79	2,42	33,6	42,6	36,600	38,000	38,650
		2	9	44,40	2,80	40,1	48,5	42,200	44,700	46,800
4	Placebo	1	8	36,74	1,99	32,3	38,3	36,050	37,200	38,275
		2	8	41,79	2,97	37,8	46,3	39,100	41,700	44,200
	Pheromon	1	9	39,93	3,86	32,3	44,3	36,900	40,700	42,850
		2	9	46,50	4,28	39,0	51,7	42,950	47,000	50,650

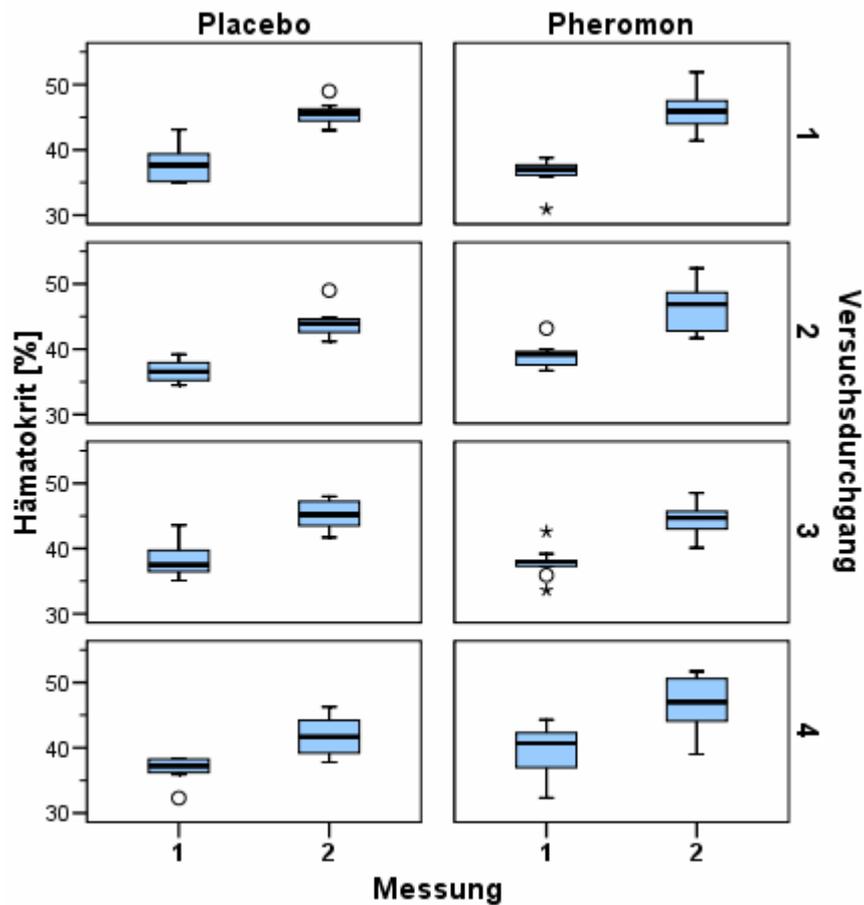


Abbildung 40: Hämatokrit in % der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 26: Hämoglobin in mmol/l der Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	Zeitpunkt	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	1	8	8,50	0,76	7,7	9,9	7,85	8,4	9,1
		2	8	10,06	0,52	9,3	11,0	9,65	10,1	10,4
	Pheromon	1	9	8,33	0,57	6,9	8,7	8,20	8,6	8,7
		2	9	10,27	0,60	9,4	11,4	9,80	10,3	10,7
2	Placebo	1	8	8,30	0,42	7,8	8,9	7,85	8,3	8,7
		2	8	9,93	0,51	9,3	11,0	9,58	9,9	10,1
	Pheromon	1	9	8,86	0,47	8,3	9,8	8,45	8,8	9,2
		2	9	10,38	0,73	9,4	11,4	9,70	10,5	11,1
3	Placebo	1	8	8,63	0,52	8,0	9,7	8,33	8,5	8,9
		2	8	10,15	0,60	9,3	10,9	9,60	10,1	10,8
	Pheromon	1	9	8,57	0,56	7,5	9,6	8,30	8,6	8,8
		2	9	9,93	0,56	9,3	10,8	9,35	10,0	10,4
4	Placebo	1	8	8,45	0,51	7,3	8,8	8,28	8,6	8,8
		2	8	9,46	0,64	8,6	10,4	8,83	9,6	9,9
	Pheromon	1	9	9,69	2,34	7,3	15,5	8,40	9,3	9,9
		2	9	11,17	3,05	8,6	19,0	9,50	10,7	11,0

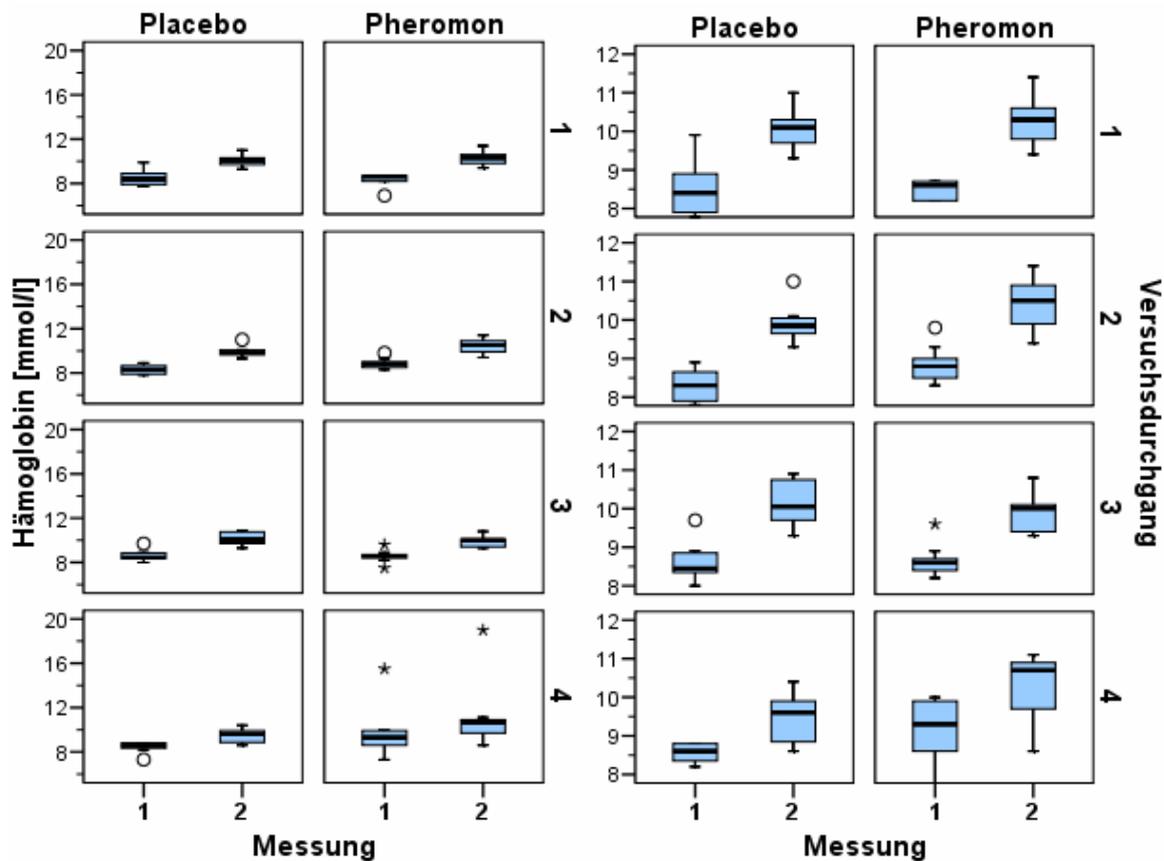


Abbildung 41a und 41b: Häemoglobin in mmol/l (rechts Ausschnitt) der

Versuchsdurchgänge 1 bis 4 zu den Probenzeitpunkten 1 und 2

Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation

Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Betrachtung von Wirksamkeit und Lernerfolg

Hinsichtlich der prozentualen Veränderungen der Hämatokrit- und Häemoglobinwerte lassen sich signifikante Effekte im zeitlichen Verlauf (Lernerfolg) nachweisen (Hämatokrit: $p=0,024$; Häemoglobin: $p=0,015$). Dabei zeigt sich eine signifikant höhere Zunahme im ersten Versuchsdurchgang gegenüber dem vierten Versuchsdurchgang (Hämatokrit: $p=0,025$; Häemoglobin: $p=0,016$). Eine Wechselwirkung zwischen der Veränderung im Verlauf und dem Wirkstoff, sowie ein Unterschied zwischen den Wirkstoffen (Placebo vs. Pheromon) waren nicht nachzuweisen (ANOVA für Messwiederholungen). Einen Überblick über die prozentualen Veränderungen geben Tabelle 27 und Abbildung 42, sowie Tabelle 28 und Abbildung 43.

Tabelle 27: Prozentuale Veränderung des Hämatokritwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Hämatokrit vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardabweichung	N
T1	Placebo	21,08	8,39	8
	Pheromon	26,23	13,78	9
	Gesamt	23,81	11,52	17
T2	Placebo	20,34	4,02	8
	Pheromon	19,45	9,87	9
	Gesamt	19,87	7,49	17
T3	Placebo	18,48	7,88	8
	Pheromon	17,98	11,25	9
	Gesamt	18,21	9,52	17
T4	Placebo	13,88	7,60	8
	Pheromon	16,72	7,50	9
	Gesamt	15,38	7,45	17

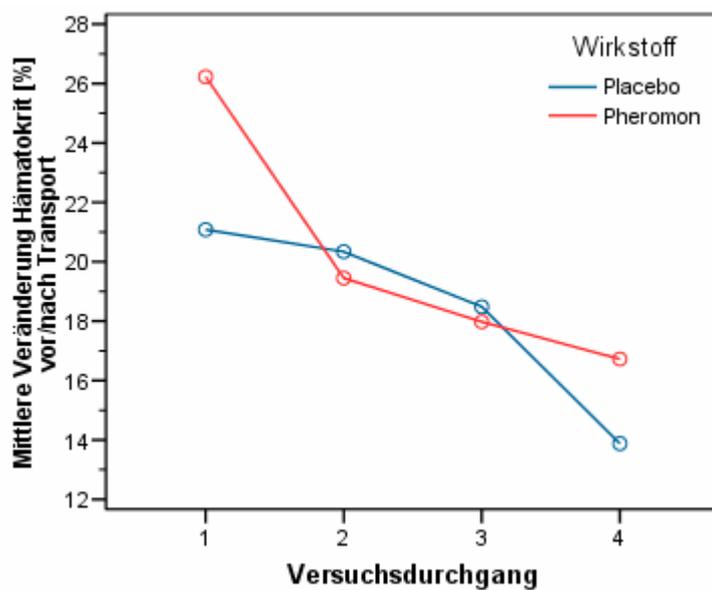


Abbildung 42: Mittlere prozentuale Veränderung des Hämatokritwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2
 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 28: Prozentuale Veränderung des Hämoglobinwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Veränderung [%] Hämoglobin vor/nach Transport	Wirkstoff	Mittelwert	Standardabweichung	N
T1	Placebo	18,94	8,87	8
	Pheromon	23,90	13,41	9
	Gesamt	21,57	11,44	17
T2	Placebo	19,66	4,69	8
	Pheromon	17,43	9,86	9
	Gesamt	18,48	7,71	17
T3	Placebo	17,86	7,10	8
	Pheromon	16,34	9,35	9
	Gesamt	17,06	8,15	17
T4	Placebo	12,09	6,16	8
	Pheromon	14,92	6,48	9
	Gesamt	13,60	6,30	17

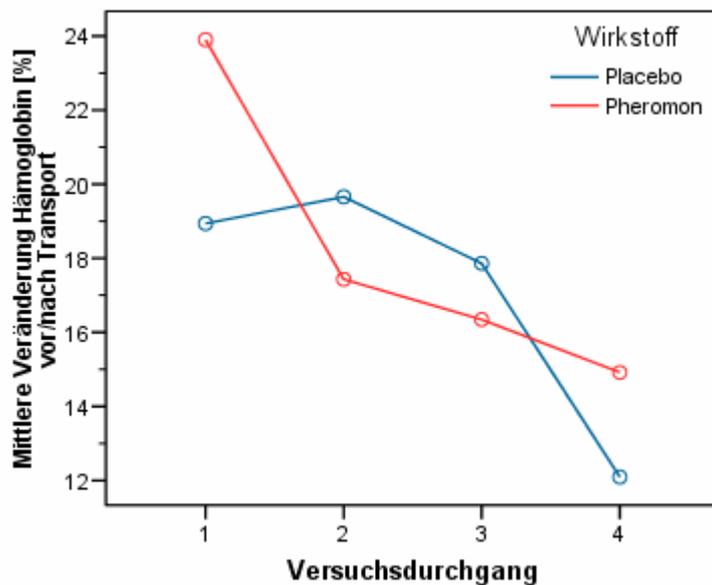


Abbildung 43: Mittlere prozentuale Veränderung des Hämoglobinwertes zwischen Basalwert (Probenzeitpunkt 1) und Transport-Werten 1 bis 4 zum Probenzeitpunkt 2
 Probenzeitpunkt 1 = Unmittelbar vor Placebo/Pheromon-Applikation
 Probenzeitpunkt 2 = Unmittelbar nach Transportende
 (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

4.2.10 Verhaltensbeobachtung

Die Tabellen 29 bis 36, sowie die Abbildungen 44 bis 51 geben einen Überblick über die beobachteten Verhaltensmerkmale während der Transporte. Am häufigsten ist das Verhaltensmerkmal „Scharren“ aufgetreten, es konnte aber bei keinem Transport ein Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen werden. In beiden Gruppen (n = 8 Pferde Placebo, n = 9 Pferde Pheromon) zeigte sich aber eine signifikante Reduktion der Häufigkeit des „Scharrens“ von 21,38 (Placebo-Gruppe, p=0,033) auf 1,5 und von 8,89 (Pheromon-Gruppe, p=0,015) auf 1,78 pro Transport (Friedman-Test) von Versuchsdurchgang 1 zu Versuchsdurchgang 4. Die auffallend hohe Standardabweichung der Placebo-Gruppe im Versuchsdurchgang 1 lässt sich durch ein Pferd erklären, bei dem das Verhaltensmerkmal „Scharren“ während des ersten Transports mit einer Häufigkeit von 124 auftrat.

Tabelle 29: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Scharren“ (n = 17 Pferde) (Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	21,38	42,01	0	124	2,00	5,50	18,50
	Pheromon	9	8,89	5,95	0	20	5,50	6,00	13,00
2	Placebo	8	2,63	3,02	0	8	0,00	1,50	5,00
	Pheromon	9	3,44	5,29	0	14	0,00	1,00	7,00
3	Placebo	8	1,50	1,69	0	4	0,00	1,00	3,00
	Pheromon	9	2,67	3,97	0	10	0,00	0,00	6,50
4	Placebo	8	1,50	1,51	0	4	0,00	1,50	2,75
	Pheromon	9	1,78	2,86	0	9	0,00	1,00	2,00

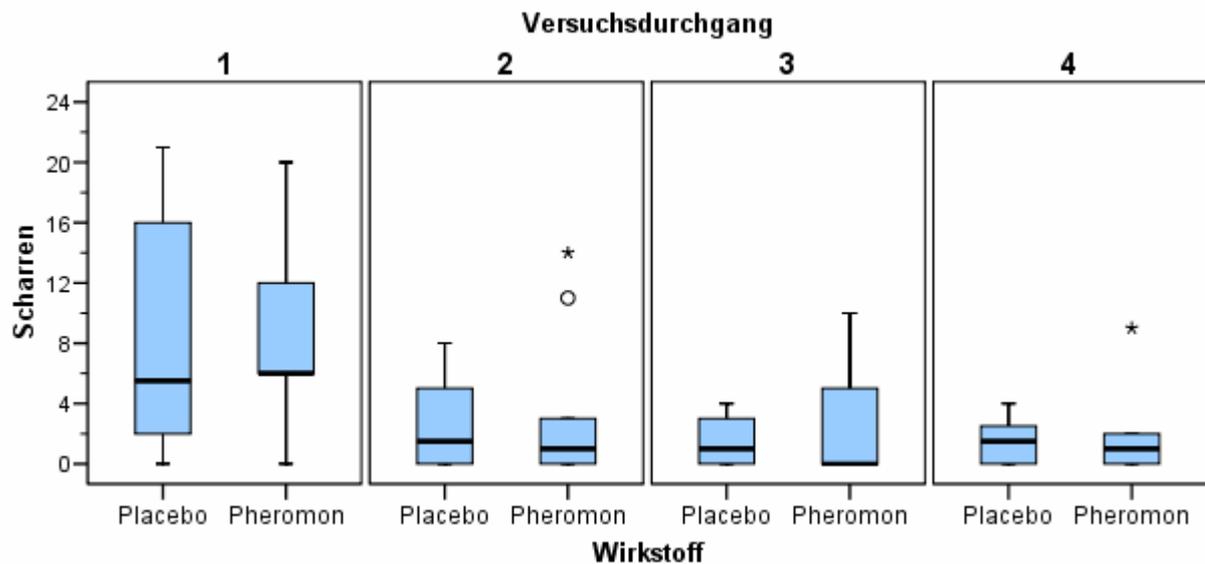


Abbildung 44: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Scharren“ (Ausschnitt)

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Als zweithäufigste Verhaltensweise trat das „Umsehen“ auf. Tabelle 30 und Abbildung 45 geben einen Überblick über die festgestellten Häufigkeiten. In beiden Gruppen (n = 8 Pferde Placebo, n = 9 Pferde Pheromon) kam es von Versuchsdurchgang 1 zu Versuchsdurchgang 4 zu einer Reduktion der Häufigkeit des Verhaltens. In der Placebo-Gruppe reduzierte sich der festgestellte Mittelwert von 23,1 (Transport 1) auf 13,4 (Transport 2), 13,4 (Transport 3) und 11,6 (Transport 4). In der Pheromon-Gruppe reduzierte sich die festgestellte Häufigkeit von 24,8 (Transport 1) auf 16,8 (Transport 2), 14,3 (Transport 3) und 12,4 (Transport 4). Ein zeitlicher Effekt oder ein Unterschied zwischen den Gruppen war nicht erkennbar (Friedman-Test).

Tabelle 30: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Umsehen“

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	23,1	22,7	7	73	7,25	13,50	33,75
	Pheromon	9	24,8	21,6	5	76	11,00	17,00	32,00
2	Placebo	8	13,4	8,1	4	28	6,75	11,50	20,25
	Pheromon	9	16,8	14,1	0	45	7,50	13,00	26,00
3	Placebo	8	13,4	6,9	3	27	10,00	12,50	16,50
	Pheromon	9	14,3	11,3	3	40	5,00	12,00	19,00
4	Placebo	8	11,6	2,9	7	15	8,50	12,50	14,00
	Pheromon	9	12,4	7,7	4	29	6,00	11,00	16,00

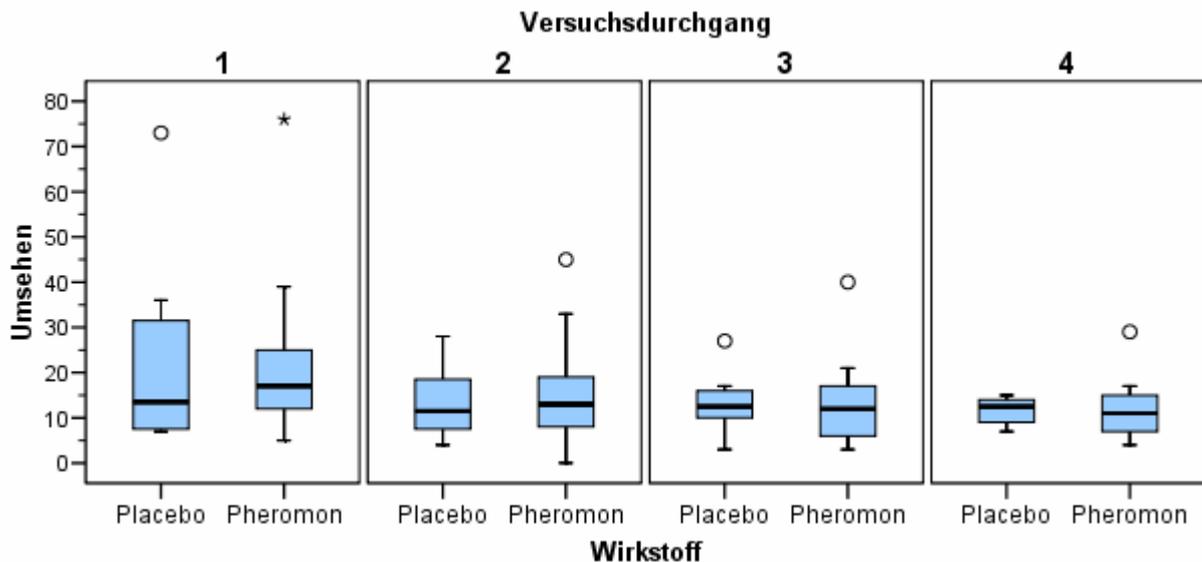


Abbildung 45: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Umsehen“

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Seltener konnten die Verhaltensmerkmale „Wiehern“, „Kopfschlagen“, „Steigen“, „Schnauben“ und „Kotabsatz“ beobachtet werden. Eine Übersicht über die festgestellten Häufigkeiten geben die Tabellen 31 bis 36 und die Abbildungen 46 bis 51. Die statistische Betrachtung dieser Verhaltensmerkmale, sowie die dichotome Betrachtung des „Steigens“ zeigt keinerlei zeitlichen Effekt, sowie keinen relevanten

Unterschied zwischen den behandelten und unbehandelten Tieren (Friedman-Test, U-Test, Cochran-Test, Exakter Test nach Fischer).

Tabelle 31: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Wiehern“

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	3,75	2,92	0	8	0,75	3,50	6,50
	Pheromon	9	1,89	2,85	0	8	0,00	0,00	3,50
2	Placebo	8	7,00	7,17	0	21	2,00	5,00	12,25
	Pheromon	9	4,11	7,37	0	23	0,00	2,00	4,50
3	Placebo	8	5,13	6,03	0	16	0,00	3,50	10,50
	Pheromon	9	3,33	5,43	0	17	0,00	2,00	4,00
4	Placebo	8	5,88	7,12	0	17	0,00	3,50	13,75
	Pheromon	9	2,78	3,77	0	12	0,00	2,00	3,50

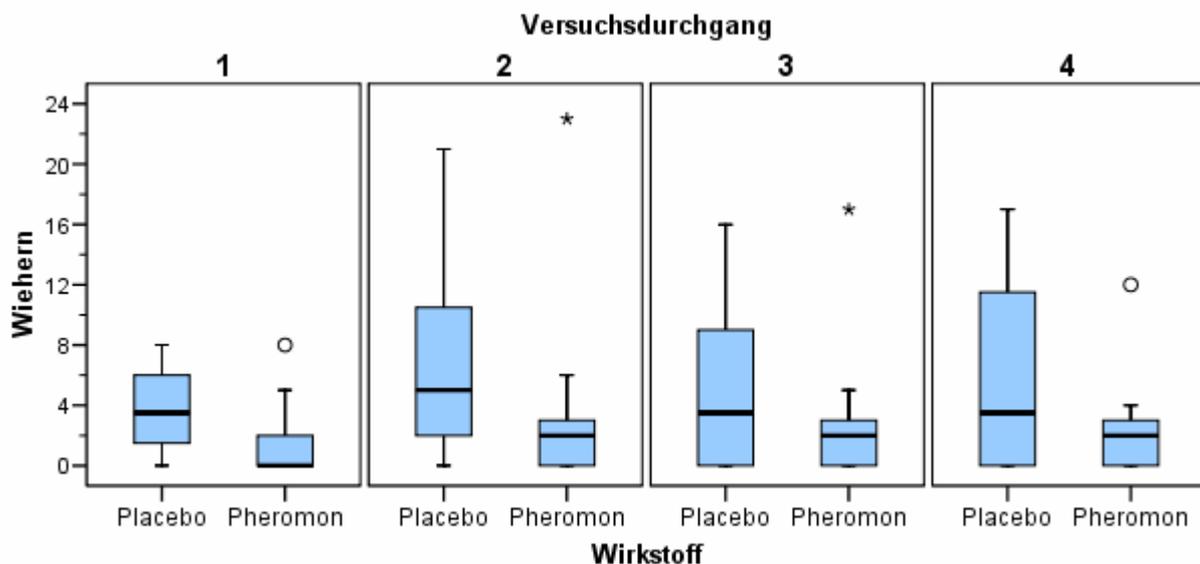


Abbildung 46: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Wiehern“

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 32: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kopfschlagen“

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	5,25	13,66	0	39	0,00	0,00	1,75
	Pheromon	9	1,78	3,38	0	10	0,00	0,00	3,00
2	Placebo	8	2,13	4,45	0	13	0,00	0,50	1,75
	Pheromon	9	1,33	1,66	0	4	0,00	0,00	3,00
3	Placebo	8	2,13	4,09	0	12	0,00	0,50	2,00
	Pheromon	9	1,89	2,09	0	5	0,00	1,00	4,00
4	Placebo	8	2,00	3,55	0	10	0,00	0,00	3,50
	Pheromon	9	2,22	2,33	0	6	0,00	1,00	4,50

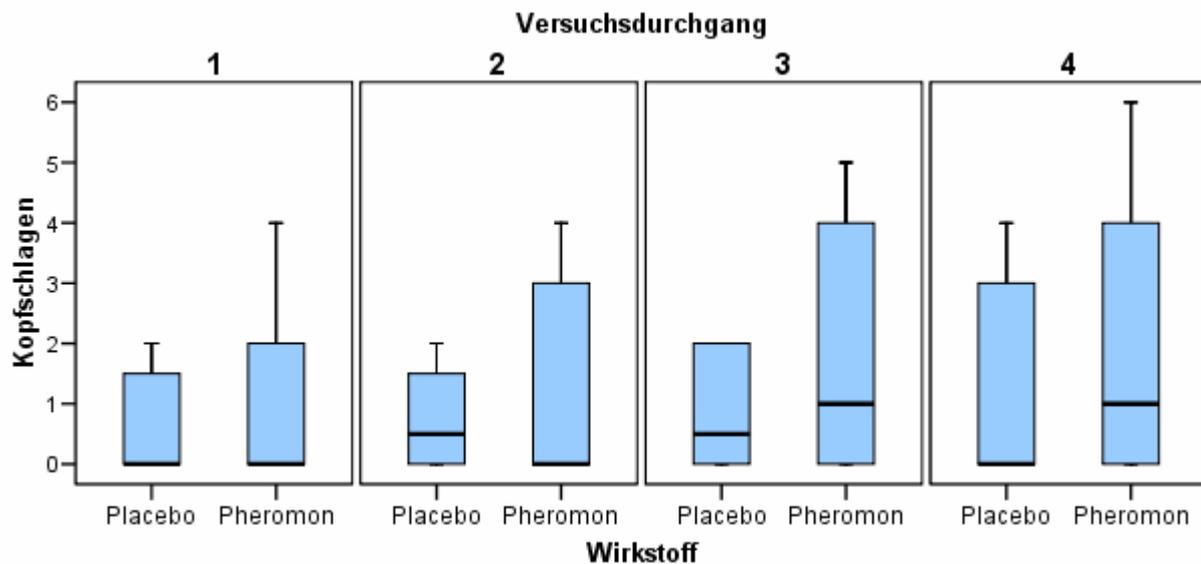


Abbildung 47: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kopfschlagen“

(Ausschnitt)

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 33: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Steigen“
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	0,88	2,48	0	7	0,00	0,00	0,00
	Pheromon	9	1,00	1,80	0	5	0,00	0,00	2,00
2	Placebo	8	0,38	1,06	0	3	0,00	0,00	0,00
	Pheromon	9	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00
3	Placebo	8	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00
	Pheromon	9	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00
4	Placebo	8	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00
	Pheromon	9	0,11	0,33	0	1	0,00	0,00	0,00

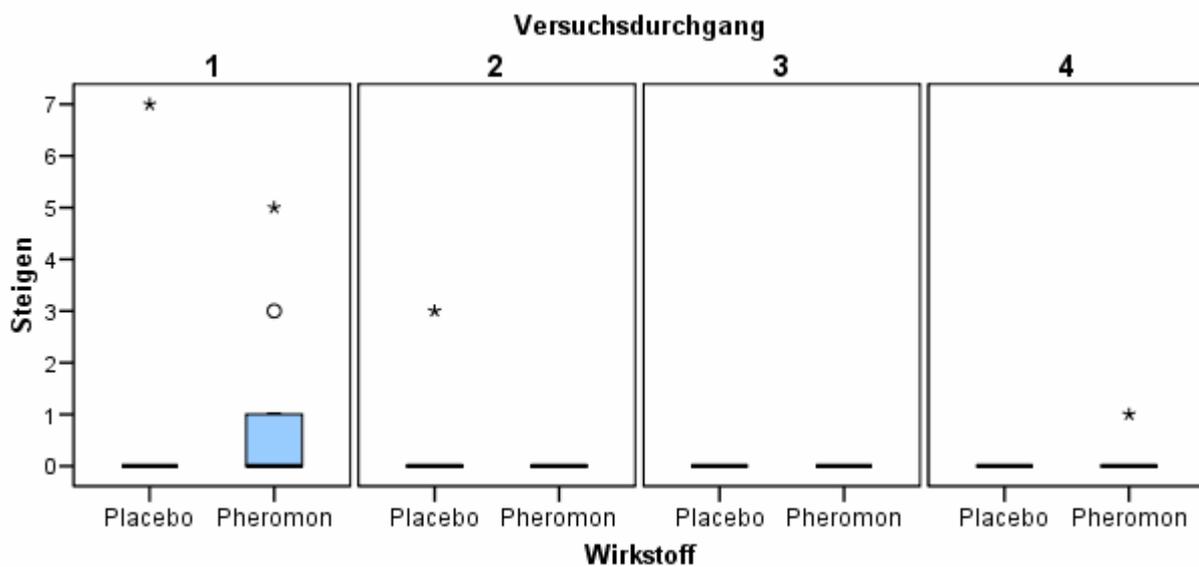


Abbildung 48: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Steigen“

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 34: Dichotome Betrachtung des Verhaltensmerkmals „Steigen“
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang		Steigen		Gesamt
		nein	ja	
1	Placebo	7 (87,5%)	1 (12,5%)	8 (100,0%)
	Pheromon	6 (66,7%)	3 (33,3%)	9 (100,0%)
	Gesamt	13 (76,5%)	4 (23,5%)	17 (100,0%)
2	Placebo	7 (87,5%)	1 (12,5%)	8 (100,0%)
	Pheromon	9 (100,0%)	0 (0,0%)	9 (100,0%)
	Gesamt	16 (94,1%)	1 (5,9%)	17 (100,0%)
3	Placebo	8 (100,0%)	0 (0,0%)	8 (100,0%)
	Pheromon	9 (100,0%)	0 (0,0%)	9 (100,0%)
	Gesamt	17 (100,0%)	0 (0,0%)	17 (100,0%)
4	Placebo	8 (100,0%)	0 (0,0%)	8 (100,0%)
	Pheromon	8 (88,9%)	1 (11,1%)	9 (100,0%)
	Gesamt	16 (94,1%)	1 (5,9%)	17 (100,0%)

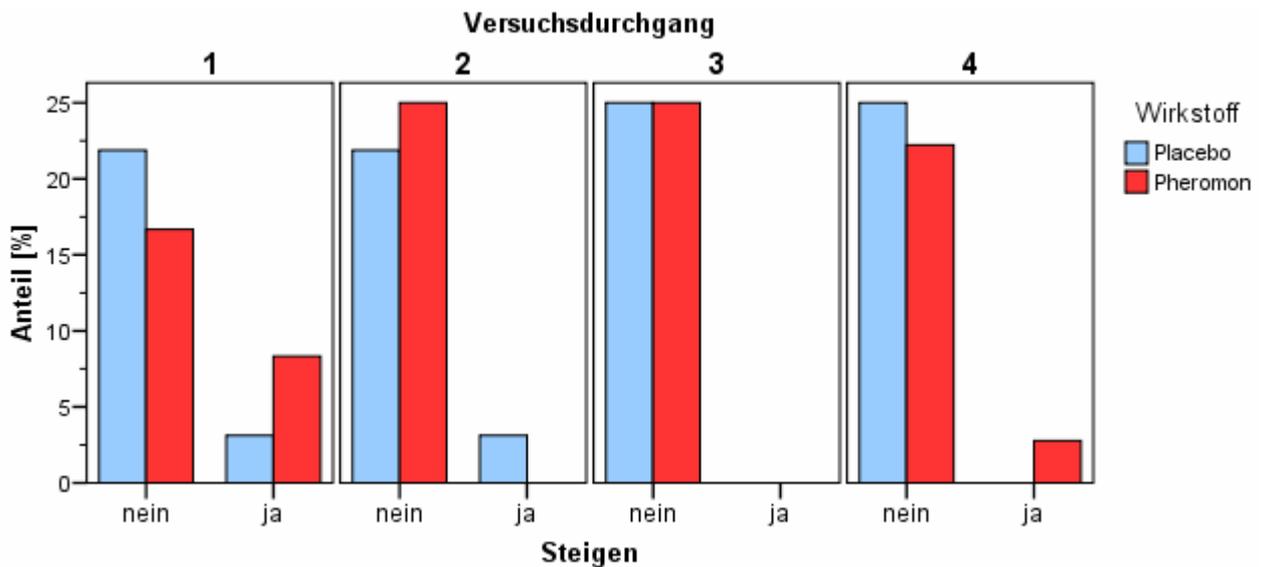


Abbildung 49: Dichotome Betrachtung des Verhaltensmerkmals „Steigen“
(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 35: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Schnauben“

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	7,63	7,43	0	19	,00	7,50	13,75
	Pheromon	9	10,22	8,06	2	23	4,00	5,00	18,50
2	Placebo	8	4,38	4,03	0	11	1,25	2,50	8,00
	Pheromon	9	3,33	3,94	0	13	1,00	3,00	4,00
3	Placebo	8	2,75	3,58	0	10	0,00	1,50	5,25
	Pheromon	9	5,67	5,77	2	17	2,00	3,00	10,00
4	Placebo	8	2,75	3,66	0	11	0,00	2,00	3,75
	Pheromon	9	5,11	4,23	1	15	2,50	4,00	6,50

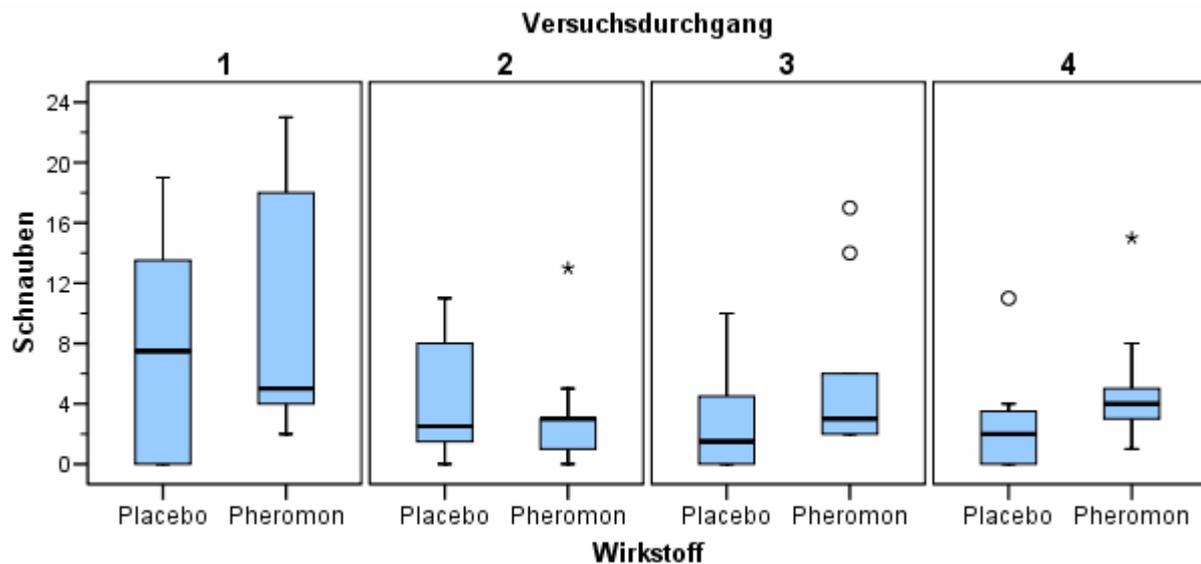


Abbildung 50: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Schnauben“

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Tabelle 36: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kotabsatz“

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

Versuchsdurchgang	Wirkstoff	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
1	Placebo	8	1,50	0,54	1	2	1,00	1,50	2,00
	Pheromon	9	1,56	0,88	0	3	1,00	2,00	2,00
2	Placebo	8	1,13	0,64	0	2	1,00	1,00	1,75
	Pheromon	9	1,22	0,67	0	2	1,00	1,00	2,00
3	Placebo	8	1,38	0,52	1	2	1,00	1,00	2,00
	Pheromon	9	1,11	0,60	0	2	1,00	1,00	1,50
4	Placebo	8	1,25	0,46	1	2	1,00	1,00	1,75
	Pheromon	9	1,33	0,71	0	2	1,00	1,00	2,00

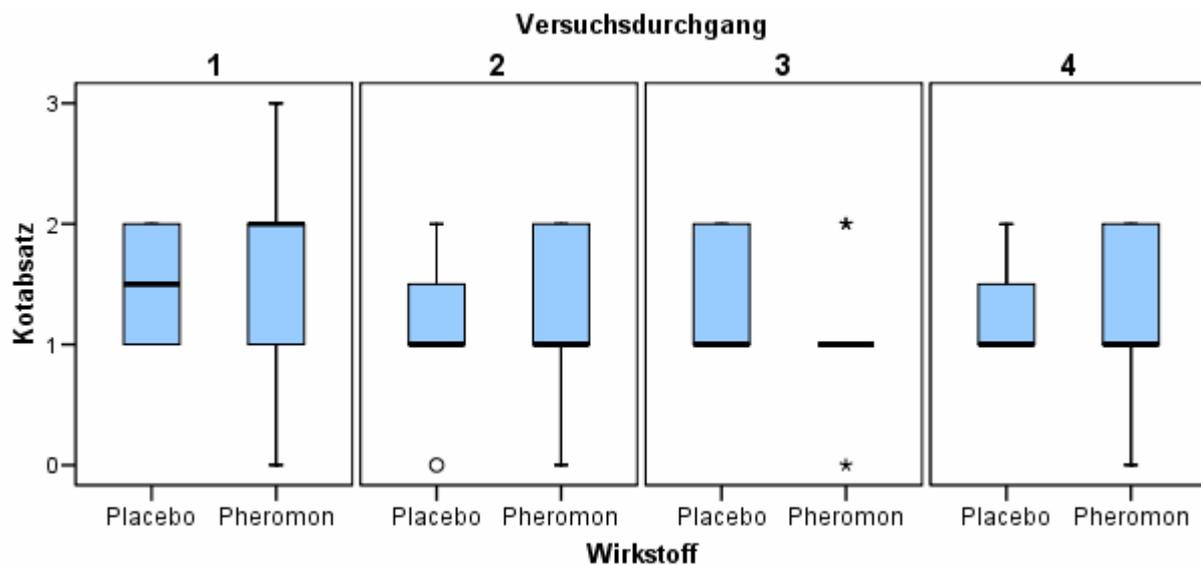


Abbildung 51: Mittlere Häufigkeit des Verhaltensmerkmals „Kotabsatz“

* = Wert >3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

° = Wert 1,5 bis 3 Kastenlängen (Interquartilsbereiche) entfernt

(Placebo-Gruppe n = 8 Pferde, Pheromon-Gruppe n = 9 Pferde)

5 Diskussion

Zielsetzung dieser Arbeit war es die stressreduzierende Wirkung eines synthetischen Equinen Appeasing Pheromons E.A.P. (Pherocalm®, Merial) zu untersuchen und unter praxisnahen Bedingungen im Bereich des Pferdetransports zu testen.

5.1 Methoden und Versuchsaufbau

Der Versuch wurde als Feldversuch durchgeführt, mit der größtmöglichen Standardisierung der Bedingungen (Versuchstiergruppe, Strecke, Fahrtzeit, Personen, Transporter, Jahreszeit) und es ist gelungen die Versuche bei nahezu gleich bleibenden Versuchs- und Klimabedingungen durchzuführen.

Der Versuchsaufbau war grundsätzlich gut dazu geeignet die Stressbelastung beim Transport zu untersuchen. Es wurden wohlwissentlich nur gesunde, transportunerfahrene, aber an Menschen gewöhnte Pferde in die Testgruppen aufgenommen, um die Stressbelastung untereinander vergleichen zu können. Diese Stressbelastung könnte bei transporterfahrenen Pferden einerseits geringer, andererseits sogar durch fehlgeschlagene Desensitivierung (MEYER, 2007) bei vorhergegangenen Transporten auch höher sein. Es stellte sich heraus, dass auch in einer so eng gefassten standardisierten Pferdepopulation deutliche individuelle Unterschiede bestehen und die Abstammung, sowie die physische und vor allem die psychische Konstitution des einzelnen Pferdes einen großen Einfluss auf die individuelle Stressbelastung nehmen. Möglicherweise wäre eine erheblich größere Anzahl von Versuchstieren nötig gewesen, um diese Effekte statistisch auszuschließen. Dieser individuelle Charakter war auffällig und korrelierte subjektiv mit der physischen Konstitution der Tiere, statistisch ließ sich aber kein Hinweis auf stressanfälligeren Blutlinien finden. Es wäre interessant Untersuchungen über die unterschiedliche Stressanfälligkeit verschiedener Linien der Warmblutzucht anzustellen, um eventuell auch einen Zusammenhang zur Leistungsbereitschaft der verschiedenen Zuchtlinien herstellen zu können.

Aufgrund der möglichst eng gefassten Standards hinsichtlich Rasse, Alter, Geschlecht und Haltung der Pferde, sowie der Transportstrecke und der Jahreszeit konnte leider nur eine kleine Anzahl von Pferden in die Versuchsgruppen aufgenommen werden.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Verladedauer

Die Verladedauer ist ein Parameter für eine Stressbelastung, die eine neue unbekannte Situation darstellt. Es stellte sich heraus, dass im direkten Vergleich bei Versuchsdurchgang 1 die Verladedauer der Pheromon-Gruppe geringer ausfiel (2,56 Minuten) als die der Placebo-Gruppe (3,19 Minuten). Dies zeigt, dass die mit Pheromon behandelten Pferde besser mit dieser neuen Situation zurechtkamen und akzeptierten, sowie dass eine Pheromonbehandlung gerade bei unbekanntem Situationen und neuen Reizen sinnvoll sein könnte. Bei den weiteren Versuchsdurchgängen konnte aber kein signifikanter Gruppenunterschied nachgewiesen werden, so dass der Lerneffekt der wiederholten Transporte den Effekt des Pheromons aufzuheben scheint. Zusätzlich zu den Lerneffekten, die bei den Versuchsdurchgängen 2 bis 4 aufgetreten sind, sprechen wahrscheinlich die individuellen Unterschiede der Pferde für die schwankenden Verladezeiten.

5.2.2 Physiologische Parameter

5.2.2.1 Herzfrequenz

Die durchgeführte Herzfrequenzmessung mittels einem POLAR® Herzfrequenz-Messgerät (Fa. Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) erwies sich zur Aufzeichnung der kontinuierlichen Herzfrequenz als sehr gut geeignet. Die Pferde akzeptierten die Brustgurte mit den Elektroden ausnahmslos gut und es wurde keine Beeinträchtigung während des Tragens festgestellt. Teilweise kam es in den ersten Minuten zu Fehlmessungen durch fehlenden Kontakt zwischen Elektroden und Haut. Durch die Erwärmung und die Schweißbildung der Haut unter den Elektroden blieb aber über die gesamte Transportdauer ein guter Kontakt vorhanden und eine gleich bleibend funktionierende Aufzeichnung gegeben.

Damit liefert die POLAR®-Uhr S 810 i™ eine gute Möglichkeit zur nicht-invasiven und kontinuierlichen Herzfrequenzmessung.

Die Herzfrequenz lag bei der Placebo-Gruppe während des Verladezeitraumes durchschnittlich zwischen $61,7 \pm 26,7$ bpm und $49,1 \pm 8,4$ bpm, bei der Pheromon-Gruppe zwischen $53,1 \pm 11,4$ und $43,9 \pm 16,3$ bpm und erreichte damit Werte oberhalb der Ruhfrequenz, aber unterhalb der von WARAN und CUDDEFORD (1995) angegebenen Werte für das Verladen ein- bis dreijähriger Pferde.

Vor allem die Herzfrequenzen der mit Pheromon behandelten Pferde sind beim ersten Versuchsdurchgang deutlich niedriger als die vergleichbaren Frequenzen der Placebo-Gruppe und der in der Literatur beschriebenen Werte.

Beim eigentlichen Transport lag die mittlere Herzfrequenz zwischen $84,6 \pm 8,8$ bpm und $62,8 \pm 12,6$ bpm bei der Placebo-Gruppe und zwischen $76,0 \pm 15,7$ bpm und $63,8 \pm 13,4$ bpm in der Pheromon-Gruppe und somit höher als beim Verladevorgang. In der Placebo-Gruppe konnte mit der Anzahl der Versuchsdurchgänge eine Abnahme der mittleren Herzfrequenz beobachtet werden, was bei der Pheromon-Gruppe nicht festzustellen war. Dieser Unterschied konnte aber nicht statistisch bewiesen werden und sollte damit auch nicht überinterpretiert werden.

5.2.2.2 Körpertemperatur

Die Messung der Körpertemperatur über die berührungslose Infrarot-Thermometrie für die Körperoberflächentemperatur und die rektale Temperaturmessung ermöglichte eine einfache und gering invasive Messung der Körpertemperatur.

Ausgehend vom Ruhewert erfolgte bei beiden Gruppen und allen vier Versuchsdurchgängen ein Temperaturabfall der Körperoberflächentemperatur (KOT) zum Messzeitpunkt unmittelbar vor dem Verladevorgang. Direkt nach den Transporten kam es bei allen Messungen, außer dem Versuchsdurchgang 1 der Placebo-Gruppe, zu einem leichten Anstieg der KOT, die sich im Verlauf der halbstündigen Ruhepause weiter auf ein Maximum steigerte, das oberhalb des Ausgangswertes lag.

Die Rektale Temperatur (RT) stieg bei allen Versuchen während des Transportes an und fiel in der anschließenden Ruhephase wieder in den Bereich des Ausgangswertes ab.

Durch die Transportbelastung stieg die Körpertemperatur durchgängig an und es kam, vergleichbar zu den Ergebnissen von MARAHRENS (1994), zu einer Aktivierung des vegetativen Nervensystems, um kurzfristig auf die Stressoren reagieren zu können. Zwischen dem ersten und dem zweiten Versuchsdurchgang konnte bei der KOT, sowie bei der RT ein signifikanter Unterschied zwischen Placebo-Gruppe und Pheromon-Gruppe nachgewiesen werden. Ein Lernerfolg, wie auch ein signifikanter Gruppenunterschied war bei der Gesamtbetrachtung der Gruppen im Bereich der Körpertemperatur nicht feststellbar. Es ist wahrscheinlich,

dass eine verzögerte Durchblutung der Peripherie den verzögerten Anstieg der KOT erklärt.

Es wurde ein signifikanter Gruppenunterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Versuchsdurchgang festgestellt, bei dem es in der Placebo-Gruppe zu einem Anstieg im Gegensatz zu einer deutlichen Verringerung der KOT in der Pheromon-Gruppe kam. Dies lässt auf eine Stressreduktion durch die Pheromonbehandlung schließen. Bei der Gesamtbetrachtung der Temperaturkurven waren keine Rückschlüsse auf die Verbesserung der Transportbedingungen durch Pheromonbehandlung möglich, was auch den Ergebnissen von MAYER (2005) über die Anwendung eines P.A.P. beim Schweinetransport entspricht.

5.2.3 Blutparameter

5.2.3.1 Cortisol

Die Ausgangskonzentration der Cortisolwerte war bei beiden Gruppen nahezu identisch (Placebo-Gruppe $12,31 \pm 1,23$ nmol/l; Pheromon-Gruppe $14,46 \pm 0,71$ nmol/l), lag aber unter den in der Literatur angegebenen basalen Cortisolspiegeln von 50 – 200 nmol/l (IRVINE und ALEXANDER, 1994), 30 – 120 nmol/l (LEBELT et al., 1996) bzw. 89 – 204 nmol/l (VAN HEERDEN et al., 1990). Eine einheitliche Ausgangslage war somit gegeben. Da durch die tageszeitlich einheitliche Probennahme tageszeitliche Schwankungen berücksichtigt wurden, konnten die prozentualen Veränderungen der basalen Werte nach dem Transport in beiden Gruppen vergleichend betrachtet werden. Durch die Transportbelastung stiegen die Werte deutlich an, blieben aber unter den erwarteten hohen Werten durch die stressbedingte Freisetzung von Cortisol in der Zona fasciculata der Nebenniere. Dieser Anstieg der Konzentration zeigt die Belastung durch den Transport, überraschenderweise ließ sich aber wie in den Transportversuchen mit Schweinen von MAYER (2005) kein Gruppenunterschied nachweisen.

5.2.3.2 Glucose

Die Blutglucosewerte lagen bei allen Versuchsdurchgängen im Referenzbereich zwischen 2,8 und 5,0 mmol/l (KRAFT et al., 2005) und boten bei beiden Gruppen eine nahezu gleiche Ausgangssituation. Auch die Werte nach Belastung lagen weiterhin im angegebenen Referenzbereich, doch kam es durch die Transportbelastung interessanterweise zu einer Verringerung der

Glucosekonzentration im Blut. Eine massive Stressreaktion oder maximale Belastung hätte erwartungsgemäß zu einer Hyperglykämie im Blut geführt (SCHRÖPFER, 1984), so dass die Metabolisierung und Reduktion des Blutglucosespiegels auf eine mäßige Belastung hinweist und wahrscheinlich nicht ausreichend war, um einen deutlichen Unterschied zwischen Placebo- und Pheromon-Gruppe aufzuzeigen.

5.2.3.3 Laktat, Kreatinin und Kreatininkinase

Die Parameter des Muskelstoffwechsels eignen sich bedingt als Stressindikator (Laktat), aber auch als Indikatoren für ungewohnte körperliche Belastung und Belastungsintensität und sind abhängig von Trainingszustand, Muskularbeit und Muskelmasse.

Die Laktat-Ruhewerte lagen bei allen Pferden oberhalb des von LINDNER (1997) angegebenen Bereichs unter 1,5 mmol/l, die Ruhewerte von Kreatinin und Kreatininkinase lagen innerhalb der Referenzbereiche (Kreatinin 71 – 159 μ mol/l; Kreatininkinase bis 2,2 μ kat/l). Dass die Laktat-Ruhewerte so hoch lagen (Placebo-Gruppe $1,67 \pm 0,27$; Pheromon-Gruppe $1,58 \pm 0,21$), könnte an einer trainingsbedingten Laktatanhäufung liegen, da alle Pferde auch während der Versuche täglich geritten oder longiert wurden und sich in einem kontinuierlich aufbauenden Trainingsprogramm befanden. Durch die Transportbelastung kam es bei allen Werten zu einer Steigerung um bis zu 63,2 % beim Laktat. Die Belastungswerte der anderen Muskelparameter blieben trotz einer durchgängig geringen Erhöhung nach dem Transport immer in ihren Referenzbereichen und unterschieden sich auch in den Gruppen nicht signifikant voneinander. Dies lässt vermuten, dass diese Parameter des Muskelstoffwechsels bei einer geringen Belastung nicht ausreichend geeignet sind, um die Auswirkungen einer Stressbelastung bei mit Pheromon behandelten und unbehandelten Pferden zu unterscheiden.

5.2.3.4 Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration

Die Ausgangswerte des roten Blutbildes befanden sich vor dem Transport im Referenzbereich (Placebo-Gruppe Hämatokrit: $37,35 \pm 0,79$ % Hämoglobin: $8,47 \pm 0,14$ mmol/l; Pheromon-Gruppe Hämatokrit: $38,31 \pm 1,49$ % Hämoglobin: $8,86 \pm 0,59$ mmol/l) und insbesondere Hämatokrit- und Hämoglobinkonzentration korrelierten in ihrem Verlauf miteinander. Durch körperliche Anstrengung, sowie durch

Stresssituationen und Aufregung kann es beim Pferd zu einer Hämokonzentration kommen, indem durch eine Milzkontraktion Erythrozyten freigesetzt werden.

Beim Hämatokrit, sowie bei der Hämoglobinkonzentration kam es durch die Transporte zu einem Konzentrationsanstieg, der beim vierten Versuchsdurchgang signifikant am geringsten ausfiel und auf einen deutlichen Lerneffekt und eine Gewöhnung an die Transportphase hindeutet.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen war jedoch nicht nachweisbar.

5.2.4 Verhaltensbeobachtung

Anhand der Verhaltensbeobachtungen über die erfolgte Videoaufzeichnung lassen sich nur wenige Aussagen bezüglich des Stressgeschehens, des Lerneffekts und der Pheromonwirkung treffen.

Bei der Betrachtung des häufigsten Verhaltensmerkmals „Scharren“ konnte kein positiver Effekt des Pheromons festgestellt werden, jedoch trat eine signifikante Reduktion des „Scharrens“ vom ersten zum zweiten Transport auf. Bei der zweithäufigsten Verhaltensweise „Umsehen“ kam es ebenfalls zu einer Reduktion der Häufigkeit des Verhaltens. Beide Verhaltensmerkmale weisen auf eine Gewöhnung der Pferde beider Gruppen an die Transportsituation hin, bei der aber kein signifikanter Unterschied zwischen pheromonbehandelten und placebobehandelten Tieren auffällt.

5.3 Schlussbetrachtung

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie hat sich nicht beweisen lassen, dass die Anwendung eines Equinen Appeasing Pheromons eine signifikante Stressreduktion beim Pferdetransport bewirkt. Die Ergebnisse fielen nicht erwartungsgemäß aus und führten zu keiner nachweisbaren Wirkung bei den transportierten Pferden.

Der Transport stellte insgesamt für die Pferde nur eine mäßige Belastung dar. Überraschenderweise deuten die Belastungswerte der Cortisol-, Laktat- und Glucosebestimmung, sowie die niedrigen Herzfrequenzen im Vergleich zu den Untersuchungen von WARAN und CUDDEFORD (1995) darauf hin, dass Stress hervorrufendes Verladen und Transportieren der jungen Pferde zwar eine praxisnahe und alltägliche Situation darstellt, diese aber anscheinend nur eine geringe physische und psychische Belastung für diese Pferde bedeutet. Dazu könnten zum einen der vorschriftsmäßige Transport mit einem optimalen Transportfahrzeug, der ruhige Umgang beim Verladen, eine dezente und vorrausschauende Fahrweise; zum anderen der tägliche professionelle Umgang des Personals, die schon fortgeschrittene Ausbildung der Pferde und die optimalen Haltungsbedingungen und pferdegerechte Aufzucht im Gestüt beigetragen haben.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass es hinsichtlich der potentiellen Wirksamkeit und Wirkung deutliche individuelle Unterschiede gibt. Diese individuellen Unterschiede, die trotz einer standardisierten Auswahl in der betrachteten Pferdegruppe vorhanden waren, waren nicht unbedingt offensichtlich, aber Grund genug um die erwartete klare Aussage dieser Versuchsreihe zu verklären. Natürlich kann dem synthetischen Pheromon eine grundsätzliche Wirkung nicht abgesprochen werden, es bedürfte jedoch einer gewissen psychischen Konstitution des Tieres, um seine optimale Wirkung entfalten zu können. Beispielsweise gab es während des Versuches Pferde, bei denen schon die Applikationsart nicht optimal erscheint. Einem rohen und zugleich sensiblen Pferd über ein Nasenspray zweimal und zugleich gezielt in beide empfindliche Nüstern zu sprühen funktionierte im ersten Versuchsdurchgang problemlos, bei den weiteren Versuchen führte dies dann aber zu mehr oder weniger starkem Abwehrverhalten und allein durch die Applikation zu einer sicherlich nicht unerheblichen Belastung. Bei diesen Pferden könnte durch anhaltenden Distress die optimale Funktion der Lernfähigkeit unterbunden sein, was dadurch zu einer Leistungsminderung und einer Anfälligkeit für das erneute Auftreten

belastender Erlebnisse führen könnte (MEYER, 2007). Andere Pferde nahmen die Applikation wiederum über den gesamten Versuch gelassen hin.

Ein Ansatz könnte sein ein Verneblersystem zu benutzen, das den gesamten Transporter mit Pheromon befüllt. Hierzu sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Die unterschiedlichen Ergebnisse, die kein eindeutiges Ergebnis lieferten, stehen aber in engem Zusammenhang zu den Ergebnissen von FALEWEE et al. (2006), sowie den Ergebnissen von RILEY, GROGAN und MC DONNALL (2003). Diese zeigen zwar einen Effekt der E.A.P.-Behandlungen, sind aber ohne statistische Signifikanz.

Die Wirkung eines Equinen Appeasing Pheromons muss grundsätzlich kritisch betrachtet werden und das Thema bietet Potential für weitere Diskussionen. So stellt DODMAN et al. (2008) in einem Leserbrief in Frage, ob ein synthetisches Equines Appeasing Pheromone ein wirksames Pheromon ist und gibt zu bedenken, dass es keine statistisch belegten Untersuchungen dazu gibt. Möglicherweise müssten für eine statistisch signifikante Aussage andere Probanden unter anderen Verhältnissen untersucht werden. Hierzu könnten die Untersuchung von Langzeittransporten bei Schlachtpferden oder die Untersuchung der Wirksamkeit bei Problempferden als weiterer Ansatz dienen.

In der vorliegenden Studie kann keine grundlegende stressreduzierende Wirkung des E.A.P. festgestellt werden. Der Pheromoneinsatz erscheint unter diesen optimalen und standardisierten Bedingungen nicht notwendig zu sein.

Eine Pheromongabe hat in diesem Fall die Gewöhnung und Desensitivierung an ein neues Geschehen (Transport) weder beschleunigt noch begünstigt. Wichtiger erscheinen das „Vertrauen“ des Pferdes zu einer menschlichen Bezugsperson oder einem Artgenossen und die Nutzung 'positiver', sowie 'negativer' Verstärkung während dieser Lernprozesse (MEYER, 2007).

6 Zusammenfassung

Wirkung eines synthetischen Equinen Appeasing Pheromons (E.A.P.) auf das Stressgeschehen von Pferden beim Transport.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es eine potentielle stressreduzierende Wirkung eines synthetischen Equinen Appeasing Pheromons E.A.P. (Pherocalm®, Merial) anhand von physiologischen Parametern (Herzfrequenz, Körpertemperatur) und verschiedener messbarer Blutparameter (Cortisol, Glucose, Laktat, Kreatinin, Kreatininkinase, Hämatokrit, Hämoglobin) zu untersuchen. Zudem wurde die Wirkung unter ethologischen Gesichtspunkten (Verladedauer, Videodokumentation 'focal sampling') beurteilt.

Um den größtmöglichen Praxisbezug zu bekommen wurde als Feldversuch der Transport von dreijährigen Jungpferden gewählt. Es wurden 17 Warmblutwallache des Haupt- und Landgestüts Schwaiganger der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft aus standardisierten Haltungsbedingungen, die per Los in zwei Gruppen eingeteilt wurden, auf einer standardisierten Strecke transportiert, um im Sinne einer Placebo-kontrollierten-Doppelblindstudie untersucht zu werden.

Die Pferde wurden in definierten Abständen viermal transportiert und ihnen jeweils vor und nach dem Transport Blut abgenommen, sowie physiologische Parameter bestimmt und eine kontinuierliche Herzfrequenzmessung mittels POLAR® Herzfrequenz-Messgerät mit einem Bauchgurt und der POLAR®-Uhr S 810 i™ durchgeführt. Zusätzlich wurde das gesamte Transportverhalten durch Videoaufnahmen dokumentiert und unter ethologischen Gesichtspunkten analysiert.

Die festgestellten Ergebnisse weisen für beide Gruppen auf eine geringe Stressbelastung durch das Verladen und den Transport hin. In der Placebo-Gruppe lag die mittlere Herzfrequenz bei $55,29 \pm 5,91$ bpm während des Verladens und bei $71,28 \pm 9,31$ bpm beim Transport. In der Pheromon-Gruppe lag die mittlere Herzfrequenz beim Verladen bei $50,4 \pm 4,33$ bpm und bei $69,66 \pm 6,51$ bpm beim Transport.

Bei der Verladedauer konnte direkt beim ersten Transport eine geringere Verladedauer in der Pheromongruppe festgestellt werden, die aber keine Signifikanz aufwies.

Bei Betrachtung des Verhaltens konnten als häufigste Verhaltensmuster das „Scharren“ und das „Umsehen“ festgestellt werden, die auf eine Unruhe des Pferdes deuten. Bei beiden Verhaltensweisen kam es zu einer signifikanten Reduktion der Häufigkeit des Verhaltens vom ersten zum zweiten Transport, bei der aber kein signifikanter Unterschied zwischen pheromon- und placebobehandelten Tieren auffiel.

Während der Transporte stieg die Körpertemperatur durchgängig an und es konnte im Vergleich der ersten beiden Transporte ein signifikanter Unterschied zwischen Pheromon- und Placebo-Gruppe festgestellt werden. Es zeigt sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen der prozentualen Veränderung zwischen dem ersten und zweiten Transport und dem Wirkstoff ($p=0,012$), so kam es zu einer signifikanten Verringerung der rektalen Temperatur in der Pheromon-Gruppe in Versuchsdurchgang 2.

Die Serum-Cortisolkonzentration lag während den Versuchen zwischen 10,5 und 30,2 nmol/l (Placebo-Gruppe) und 13,8 und 32,9 nmol/l (Pheromon-Gruppe). Alle Transporte verursachten einen deutlichen Anstieg der Cortisolkonzentration um bis zu 179 % vom Ausgangswert, welche aber trotzdem im Vergleich zur Literatur im unteren Belastungsbereich blieb.

Die Blutglucosewerte lagen bei allen Transporten im Referenzbereich zwischen 2,8 und 5,0 mmol/l und verringerten sich durch die Transportbelastung.

Die Parameter des Muskelstoffwechsels (Laktat, Kreatinin, Kreatininkinase) stiegen durch die Transportbelastung an, verblieben aber im Referenzbereich.

Beim Hämatokrit, sowie bei der Hämoglobinkonzentration kam es durch die Transporte zu einem Konzentrationsanstieg, der beim vierten Transport signifikant am geringsten ausfiel und auf eine Gewöhnung an die Transportphase hindeutet (Hämatokrit: $p=0,025$; Hämoglobin: $p=0,016$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen war jedoch nicht nachweisbar.

Mit Hilfe der untersuchten Parameter ergaben sich ansatzweise Hinweise für eine stressreduzierende und/oder lerneffektunterstützende Wirkung des Equinen Appeasing Pheromons, die aber nur in einzelnen Punkten statistisch signifikant zu beweisen war und vor allem einen Unterschied bei den ersten beiden Transporten ausmachte (Verladedauer, Verhalten, Körpertemperatur).

Weder bei der Herzfrequenz, der Glucosekonzentration, dem Hämatokrit und der Hämoglobinkonzentration oder den Parametern des Muskelstoffwechsels, noch beim

klassischen Stressparameter Cortisol konnte ein signifikanter Gruppenunterschied und eine Wirkung des Pheromons nachgewiesen werden.

Interessant wären weitere Untersuchungen über individuelle Charakterunterschiede und Stressanfälligkeit verschiedener Zuchtlinien, auch im Hinblick auf die Nutzung als Sport- und Leistungspferd. Dies könnte auch ein Ansatz sein im Rahmen weiterer Untersuchungen über Modifikationen hinsichtlich Applikationsdauer und Applikationsart (Verneblersysteme) nachzudenken.

7 Summary

Effect of a synthetic Equine Appeasing Pheromone (E.A.P.) on stress-behaviour of horses in transport.

It was the aim of the present study to analyse the stress reductive effect of a synthetic Equine Appeasing Pheromone (E.A.P.) on the basis of physiological parameters (heart rate, body temperature) and various bloodwork parameters (cortisol, glucose, lactate, creatinin, creatininkinase, hematocrit, haemoglobin) on the one hand and to evaluate the effect of E.A.P. according to ethological aspects (loading time, video documentation, `focal sampling`) on the other hand.

To obtain maximum correlation with the circumstances in practise the transport of young horses was chosen for field trial.

Seventeen three-year-old warmblood geldings, owned by the main state stud "Schwaiganger" of the Bavarian state Research Center for Agriculture, kept in a standardized husbandry, were divided randomly into two groups for analysis in terms of a placebo-controlled double blinded study. These geldings were then transported four times within defined intervals on a standardized route.

Blood samples were taken before and after each transport. In addition the physiological parameters were examined and a continuous heart rate was determined by means of a POLAR® heart rate measuring device with an abdominal girth and the POLAR®- watch type S 810 i™.

The behaviour on the transports was documented by videotaping and analysed considering ethological aspects.

The results within both groups reveal a low stress burden caused by loading and transporting.

In the placebo-group the horses showed an average heart rate of 55.29 ± 5.91 bpm at loading and 69.65 bpm on transport.

For the group which received pheromones the average heart rate was 50.4 ± 4.33 bpm at loading and 69.99 ± 6.51 on transport.

The loading time was different for the two groups before the first transport but the variance was not significant.

The behaviours pawing and turning around were most commonly displayed. These behavioural patterns account for pronounced restlessness.

Both behaviour types were significantly reduced on the second transport, but there were no variations between the two groups.

When transported the geldings' body temperature continuously increased and in a comparison of the two groups a significant difference could be detected.

During the trials cortisol concentration ranged between 10.52 and 30.16 in the placebo- group and 13.6 and 32.69 in the pheromone group.

All transports caused a pronounced increase of cortisol levels up to approximately 179% of the initial values. However, in comparison to the values stated in literature the levels remained within the lower impact-range.

Blood glucose was within normal limits (2.8 – 5 mmol/l) during all transports, but lowered due to the stress of transport.

Parameters of the muscular metabolism (lactate, creatinin, creatininkinase) increased because of the transporting stress but remained within normal limits.

The transports caused higher hematocrit and haemoglobin concentrations, but this effect was reduced on the fourth transport compared to previous ones.

This reduction indicates a learning effect and acclimatization to the transporting phases.

Via the examined parameters a stress reductive as well as a supportive effect on learning of the E.A.P. was partly demonstrated. But a statistically significant proof was obtained only for individual parameters, such as loading time, behaviour and body temperature, and differences showed mainly for the first two transports.

Regarding heart rate, blood glucose, hematocrit, haemoglobin concentration, parameters of the muscular metabolism or classical stress parameter cortisol, no significant difference showed between the two groups and therefore no effect of the E.A.P. could be proven.

This probably implies a certain psychic constitution of the horse to develop an optimal effect of the pheromone. For future research it would be interesting to analyse individual discrepancies in character and susceptibility to stress of different breeding lines, particularly with regard to the use of the horses as competition and working horses.

8 Literaturverzeichnis

- Alexander, S.L.; ROUD, H.K.; Irvine, C.H. (1997):** Effect of insulin-induced hypoglycaemia on secretion patterns and rates of corticotrophin releasing hormone, arginine vasopressin and adrenocorticotrophin in horses. J. Endocrinol. 153(3): 401 – 409.
- Alexander, S.L.; Irvine, C.H.G. (1998):** The effect of social stress on adrenal axis activity in horses: the importance of monitoring corticosteroid- binding globulin capacity. J. Endocrin. 157: 425 – 432.
- Anderson, N.V.; DeBowes, R.M.; Nyrop, K.A.; Dayton, A.D. (1985):** Mononuclear phagocytes of transport-stressed horses with viral respiratory tract infection. Am. J. Vet. Res. 46(11): 2272 – 2277.
- Beata, C. (2001):** Appeasing pheromones in mammals. 26th WSAVA congress proceedings. Vancouver, British Columbia, Canada August 8 – 11
- Brock, A. (1992):** Veränderungen der Laktat-, Glucose-, und Biopterinspiegel im jugularvenösen Blut von Trabrennpferden bei unterschiedlicher Belastung. Ludwig-Maximilians Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.
- Broom, D.M.; Johnson, K.G. (1993):** Stress and animal welfare. London, New York, Chapman & Hall
- Brossut, R. (1996):** Pheromones – La communication chimique chez les animaux. CNRS-editions, ISBN 2-271-05301-3
- Brown, E.L.; Eisner, T.; Whittaker, R.H. (1970):** Allomones and Kairomones: Transspecific chemical messengers. Bioscience 20: 21 – 22.

Brown, R.E.; Roser, B.; Singh, P.B. (1990): The MHC and individual odours in rats.
In: MacDonald, D.W. (Hrsg.); Müller-Schwarze, D. (Hrsg.); Natynczuk, S.E.
(Hrsg.) : Chemical signals in vertebrates.
Oxford, University Press: 228 – 243.

Cape, J.; Morris, D. (1988): Horsecatching.
3. Auflage, Wilhelm Heyne Verlag GmbH & Co. KG, München: 44 – 45.

Clark, D.K.; Friend, T.H.; Delleimer, G. (1993): The effect of orientation during
trailer transport on heart rate, cortisol and valance in horses.
Appl. An. Behavior. Sci. 38: 179 – 189.

Claus, R. (1994): Pheromone. In: Döcke, F. (Hrsg.): Veterinärmedizinische
Endokrinologie.
Gustav Fischer Verlag – Jena, Stuttgart: 691 – 712.

Dietz, O.; Huskamp, B. (1999): Handbuch Pferdepraxis.
2. Auflage, Stuttgart, F. Enke Verlag

Dodman, N.H.; Wrubel, K.M.; Cottam, N. (2008): Letter to the editor: Effect of a
synthetic equine maternal pheromone during a controlled fear-eliciting
situation: A critic on Falewee (2006).
Appl. Anim.Behav. Sci. 109: 85 – 87.

Doty, R.L. (1986): Odor-guided behaviour in mammals.
Experiencia 42: 257 – 271.

DVG (Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft) (1982): Arbeitswerte in der
Laboratoriumsdiagnostik beim Pferd.
Tierärztl. Umschau 37: 47 – 48.

Eckert, R. (2002): Tierphysiologie.
4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart

EG-Verordnung Nr. 1/2005 des Rates: Verordnung über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen vom 22. September 2004.

Engelhardt, W.v. (2005): Arbeitsphysiologie unter der besonderen Berücksichtigung des Pferdeleistungssports. In : Engelhardt, W.v.(Hrsg.), Breves, G. (Hrsg.) : Physiologie der Haustiere.
2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 482 – 489.

Erler, J. (1992): Untersuchungen mit Pheromonen. Ein Beitrag zum Problem der chemischen Kommunikation mit Insekten.
Erlangen-Nürnberg, Friedrich-Alexander Universität, Diss.

Evans, J.W.; Thompson, P.G.; Winget, C.M. (1974): Glucose and insulin biorhythms in the horse.
J. S. Afr. Vet. Assoc. 45: 317 – 329.

Falewee, C.; Gaultier, E.; Lafont, C. ; Bougrat, L. ; Pageat, P. (2006): Effect of synthetic equine maternal pheromone during a controlled fear-eliciting situation.
Appl. Anim. Behav. Science 101 (2006): 144 – 153.

Frey, H.-H. (2005): Zentrales Nervensystem (ZNS). In : Engelhardt, W.v. (Hrsg.), Breves, G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere.
2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 43 – 67.

Friend, T.H.; Martin, M.T.; Householder, D.D.; Bushong, D.M. (1998): Stress responses of horses during a long period of transport in a commercial truck.
J. Am. Vet. Med. Ass. 212(6): 838 – 844.

Garbe, W. (1992): Synthese von Pheromonen und Pheromonanaloga.
Erlangen-Nürnberg, Friedrich-Alexander Universität, Diss.

Harbuz, M.S.; Lightman, S.L. (1992): Stress and the hypothalamo-pituitary-adrenal axis: acute, chronic and immunological activity.
Journal of Endocrinology 134: 327 – 339.

Heipertz-Hengst, C. (1997): Reiten – Listen to the heart of horse and rider.
Institut für angewandte Sportwissenschaften, Kelkheim: 7 – 23.

Hoffsis, G.F.; Murdick, P.W.; Tharp, V.L.; Ault, K. (1970): Plasma concentrations of cortisol and corticosterone in the normal horse.
Am. J. Vet. Res. 31 (8): 1379 – 1387.

Irvine, C.H.G.; Alexander, S.L. (1994): Factors affecting the circadian rhythm in plasma cortisol concentrations in the horse.
Domest. Anim. Endocrinol. 11: 227 – 238.

Jeffcott, L.B. (1977): Clinical haematology in the horse.
Comparative clinical haematology. R.K.A. a. L.B. Jeffcott
Oxford, Blackwell Scientific Publications: 161 – 213.

Jessen, C. (2000): Wärmebilanz und Temperaturregulation.
In: Engelhardt, W.v.(Hrsg.), Breves, G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere.
2. Auflage, Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart: 467 – 481.

Karlson, P.; Lüscher, M. (1959): 'Pheromones': a new term for a class of biologically active substances.
Nature 183: 55 – 56.

Kirsch, K. (1994): Leistungsphysiologie.
In: Klinke, R.; Silbernagel, S. (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart: 517 ff.

Kirschvink, N. (1998): Herz-Kreislaufsystem und respiratorisches System beim Sportpferd. In: Diagnostik und Beeinflussung von Belastungsindikatoren bei Sportpferden.

Institut für Tierzucht und Tierverhalten, FAL Mariensee, Neustadt: 1 – 4.

Klingelhöfer, K. (1998): Muskelenzymaktivitäten (AST,CK,LDH) und Laktatgehalte beim Islandpferd. Ein Beitrag zur Referenzbereichsdiskussion.

Ludwig-Maximilians Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.

Kraft, W.; Dürr, U.M. (2005): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

6. Auflage, F.K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart.

Kraft, W.; Fürli, M.; Bostedt, H.; Heinritzi, K. (2005): Klinische Endokrinologie. In: Kraft, W. (Hrsg.); Dürr, U.M. (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin.

6. Auflage, F.K. Schattauer Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart: 212 – 234.

Krzywanek, H.; Berge, E. (1933): Das Verhalten der Erythrozyten bei Ruhe und Bewegung bei einem milzlosen Pferd.

Pflügers Arch. 232: 478 – 481.

Krzywanek, H. (1999): Leistungsphysiologie. In: Dietz, O.; Huskamp, B. (1999): Handbuch Pferdepraxis.

2. Auflage, Stuttgart, F. Enke Verlag: 37 – 64.

Krzywanek, H.; Mohr, E.; Mill, J.; Scharpenack, M. (1996): Veränderungen von Serumenzymen, Lactat-, und Hämoglobinkonzentrationen im Blut junger Trabrennpferde durch Trainingsbelastung.

J. Vet. Med. A. 43: 345 – 352.

Ladewig, J. (1994): Stress. In: Döcke, F. (Hrsg.): Veterinärmedizinische Endokrinologie.

Gustav Fischer Verlag – Jena, Stuttgart.

- Leadon, D.P.; Daykin, J.; Backhouse, W.; Frank, C.; Atock, M.A. (1990):**
 Environmental haematological and blood biochemical changes in equine transit stress.
 Am. Assoc. Equine Pract. Proc. 36: 458 – 490.
- Lebelt, D.; Schönreiter, S.; Zanella, A.J. (1996):** Salivary cortisol in stallions: the relationship with plasma levels, daytime profile and changes in response to semen collection.
 Pferdeheilkunde 12 (4): 411 – 414.
- Licht, A. (2000):** Nicht-invasive Streßparameter beim Trabrennpferd.
 Ludwig-Maximilians-Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.
- Linden, A.; Art, T.; Amory, H.; Desmecht, D.; Lekeux, P. (1991):** Effect of 5 different types of exercise, transportation and ACTH administration on plasma cortisol concentration in sport horses.
 Equine Exerc. Physiol. 3: 394 – 396.
- Lindner, A. (1997):** Laktat und Leistung – Wie Pferdesport mit Methode statt mit Mythos betrieben wird.
 Bonn, Arbeitsgruppe Pferd.
- Lorenz, K. (1973):** Die Rückseite des Spiegels. Versuch einer Naturgeschichte menschlichen Erkennens.
 München: 98.
- Marahrens, M. (1994):** Methoden für physiologische Untersuchungen an Tieren auf dem Transport.
 Hygiene und Tierschutz beim Tiertransport, DVG-Tagung, Hannover: 60 – 71.
- May, A. (2007):** Evaluierung von Stressparametern beim Pferd im Zusammenhang mit dem Klinikaufenthalt.
 Ludwig-Maximilians Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.

- Mayer, C.M. (2005):** Wirkung eines synthetisch hergestellten Pheromonanalog (P.A.P.) auf das Wohlbefinden von Mastschweinen beim Transport zum Schlachthof.
Ludwig-Maximilians Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.
- McClure, S.R.; Carithers, D.S.; Gross, S.J.; Murray, M.J. (2005):** Gastric ulcer development in horses in a simulated show or training environment.
J. Am. Vet. Med. Ass. 227(5): 775 – 777.
- McGreevy, P. (2004):** Equine Behavior.
London et al.: 92.
- Meyer, H. (2007):** Zum Lernen des Pferdes – Ein Überblick über das Phänomen.
Pferdeheilkunde 23 (6): 611 – 652.
- Mills, P.C.; NG, J.C.; Kramer, H.; Auer, D.E. (1997):** Stress response to chronic inflammation in the horse.
Equine Vet. J. 29 (6): 483 – 486.
- Moberg, G.P. (1985):** Animal Stress.
Am. Psychol. Soc. (Bethesda): 324.
- Müller-Schwarze, D. (1974):** Olfactory recognition of species groups, individuals and physiological states among mammals. In: Birch, M.C. (Hrsg.): Pheromones.
North Holland, Amsterdam, London: 316 – 326.
- Mugford, R.A.; Nowell, N.W. (1970):** Pheromones and their effect on aggression in mice.
Nature 226, Nr. 6: 967 – 968.
- Nagata, S.; Takeda, F.; Kurosawa, M.; Mima, K.; Hiraga, A.; Kai, M.; Taya, K. (1999):** Plasma adrenocorticotropine, cortisol and catecholamines response to various exercises.
Equine Vet. J. Suppl. 30: 570 – 574.

- Nickel, R.; Schummer, A.; Seiferle, E. (1992):** Lehrbuch der Anatomie der Haustiere,
Band IV, 3. Auflage, Berlin und Hamburg, Paul Parey: 403 – 404.
- Over, R.; Cohen-Tannoudji, J.; Claus, M.; Signoret, J.P. (1990):** Effect of Pheromones from male goats on LH secretion in anestrus ewes.
Physiol. Behav. 48: 665 – 668.
- Pageat, P.; Gaultier, E. (2003):** Current research in canine and feline pheromones.
Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract. 33: 187 – 211.
- Pflum, W. (1989):** Biologie der Säugetiere.
Berlin und Hamburg, Paul Parey.
- Poindron, P.; Le Neindre, P. (1980):** Endocrine and sensory regulation of maternal behaviour in the ewe.
Adv. Study. Behav. 11: 75 – 119.
- Raidal, S.L. (1996):** The role of physical factors in the development of equine pleuropneumonia.
PhD Thesis, University of Sydney.
- Raidal, S.L.; Love, D.N.; Bailey, G.D. (1995):** Inflammation and increased numbers of bacteria in the lower respiratory tract of horses within 6-12 hours of confinement with the head elevated.
Aust. Vet. J. 72: 45 – 50.
- Rand, J.S.; Kinnaird, E.; Baglioni, A.; Blackshaw, J. (2002):** Acute stress-hyperglycaemia in cats is associated with struggling and increased concentrations of lactate and norepinephrine.
J. Vet. Int. Med. 16 (2): 123 – 132.

Rasmussen, C.E.; Schmidt, M.J.; Henneous, R.; Groves, D.; Daves, G.D. (1982):

Asian bull elephants. Flehmenlike response to extractable components in female elephant estrous urine.

Science 217: 159 – 162.

Reinhart, E. (1988): Untersuchungen über die Einsatzmöglichkeiten der Infrarot-

Thermometrie in der Rinder- und Schweinehaltung.

Ludwig-Maximilians Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.

Riley, R.; Grogan, E.; McDonnell, S. (2003): Evaluation usefulness of equine appeasing pheromone in gentling of foals and yearlings.

Equine Behavior Lab, New Bolton Center, University of Pennsylvania School of Veterinary Medicine.

Röhl, I. (2000): Isolierung und Identifizierung von Sexualpheromonen des marinen

Polychaeten *Platynereis dumerilii* (Annelida, Polychaeta).

Carl-von-Ossietzky Universität, Diss., Fachbereich Chemie.

Romeyer, A.; Poindron, P.; Orgeur, P. (1994 a): Olfaction mediates the

establishment of selective bonding in goats.

Physiol. Behav. 56: 693 – 700.

Romeyer, A.; Poindron, P.; Porter, R.H. ; Lèvy, F. ; Orgeur, P. (1994 b):

Establishment of maternal bonding and its mediation by vaginocervical stimulation in goats.

Physiol. Behav. 55: 395 – 400.

Schaal, B.; Orgeur, P.; Arnould, C. (1995): Olfactory preferences in newborn

lambs: Possible influence in prenatal experience.

Behaviour 132: 351 – 365.

Schalm, O.W. (1965): Veterinary haematology.

Philadelphia, Lea & Febinger.

- Schalm, O.W.; Jain, N.C.; Carroll, E.J. (1975):** Veterinary haematology.
Philadelphia, Lea & Febinger.
- Schäfer, M. (1999):** Hämatologische und biochemische Parameter des gesunden Pferdes. In: Dietz, O.; Huskamp, B. (1999): Handbuch Pferdepraxis.
2. Auflage, Stuttgart, F. Enke Verlag: 1 – 6.
- Schmidt, W.D. (2003):** Einsatz von Dog Appeasing Pheromon (D.A.P.) in der Verhaltenstherapie beim Hund.
Praktischer Tierarzt 84: 11.
- Schramm, U. (1986):** Die Untugenden des Pferdes im Stall und unter dem Sattel.
2. Auflage, München; Wien; Zürich; BLV: 64 – 67.
- Schröpfer, T. (1984):** Blutwerte bei Trabrennpferden: Veränderungen durch Training und kurze intensive Belastung.
Ludwig-Maximilians Universität München, Fachbereich Tiermedizin, Diss.
- Selye, H. (1950):** The physiology and pathology of exposure to stress.
Acta Inc., Montreal, Canada.
- Smith, B.L.; Jones, J.H.; Carlson, G.P.; Pascoe, J.R. (1994a):** Effect of body direction on heart rate in trailered horses.
Am. J. Vet. Res. 55: 1007 – 1011.
- Smith, B.L.; Jones, J.H.; Carlson, G.P.; Pascoe, J.R. (1994b):** Body position and direction preferences in horses during road transport.
Equine Vet. J. 26: 374 – 377.
- Snow, D.H.; Harris, R.C.; Stuttard, E. (1988):** Changes in haematology and plasma biochemistry during maximal exercise in greyhounds.
Vet. Rec. 123 (19): 487 – 489.

Snow, D.H.; Ricketts, S.W.; Mason, D.K. (1983): Haematological response to racing and training exercise in thoroughbred horses, with particular reference to the leucocyte response.
Equine Vet. J. 15 (2): 149 – 154.

Sommerville, B.A; Broom, D.M. (1998): Olfactory awareness.
Appl. Anim. Behav. Sci. 57: 269 – 286.

Stull, C.L.; Rodiek, A.V. (2002): Effects of cross-tying horses during 24 h of road transport.
Equine Vet. J. 34 (6): 550 – 555.

TierSchTrV (2006): Verordnung zum Schutz von Tieren beim Transport (Tierschutztransportverordnung). BGBl. I 31. Oktober 2006.

Van Heerden, J.; Dauth, J.; Dreyer, M.J.; Nichas, E.; Marshall, C.; De Waal, D.T. (1990): Selected laboratory parameters of thoroughbreds.
J. S. Afr. Vet. Assoc. 61: 155 – 158.

Vince, M.A.; Ward, T.M. (1984): The responsiveness of newly born Clun-Forest lambs to odour sources in the ewe.
Behaviour 89: 117 – 127.

Wagener, A. (1996): Übersicht über die Wirkung des Transportes auf Pferde.
Tierärztl. Umsch. 41: 633 – 641.

Waran, N.K. (1993): The behaviour of horses during and after transport by road.
Equine Vet. Ed. 5: 129 – 132.

Waran, N.K.; Cuddeford, D. (1995): Effects of loading and transport on the heart rate and behaviour of horses.
Appl. Anim. Behav. Scin. 43: 71 – 81.

Warris, P.D.; Brown, S.N.; Edwards, J.E.; Anil, M.H.; Fordham, D.P. (1992): Time in lairage needed by pigs to recover from stress of transport.
Vet. Rec. 131: 194 – 196.

Wilson, E.O. (1963): Pheromones.
Sci. Am. 208: 100 – 114.

Wilson, E.O. (1965): Chemical communication in the social insects.
Science 149: 1064 – 1071.

Wolski, T.R.; Houpt, K.A.; Aronson, R. (1980): The role of the senses in mare-foal recognition.
Appl. Anim. Ethol. 6: 121 – 138.

Wong, C.W.; Smith, S.E.; Thong, Y.H.; Opdebeek, J.B.; Thornton, J.R. (1992): Effects of exercise stress on various immune functions in horses.
Am. J. Vet. Res. 53(8): 1414 – 1417.

Wysocki, C.F. (1979): Neurobehavioral evidence for the involvement of the vomeronasal system in mammalian reproduction.
Neurosci. Biobehav. 5: 301 – 341.

Yamaguchi, M.; Yamazaki, K.; Beauchamp, G.K.; Bard, J.; Thomas, Z.; Boyse, E.A. (1981): Distinctive urinary odors governed by the major histocompatibility locus in the mouse.
Proc. Nat. Acad. Sci. USA 78: 5817 – 5820.

Yamuachi, T.; Oikawa, M.; Hiraga, A. (1993): Effects of transit stress on white blood cell count in the peripheral blood in thoroughbred racehorses.
Bull. Equine Res. Inst. 30: 30 – 32.

Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Erhard danken für die Überlassung dieses Themas und die Hilfe bei der Planung, sowie freundlichen Unterstützung meines Dissertationsprojektes.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Caroline Wöhr für Ihre freundliche und kompetente Betreuung, Ihre Hilfe bei der Erstellung des Konzepts, Ihre Korrektur, sowie die jederzeit gewährte Unterstützung und wertvollen Anregungen.

Allen Mitarbeitern des Lehrstuhls für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung möchte ich für Ihre Hilfsbereitschaft und das freundliche Arbeitsklima danken, insbesondere Frau Nicole Zobel, die mir bei allen Laborarbeiten mit Rat zur Seite stand.

Mein weiterer Dank gilt dem Haupt- und Landgestüt Schwaiganger, besonders Herrn Dr. Eberhard Senkenberg für die unkomplizierte Bereitstellung der Versuchspferde, Herrn Dr. Hans-Peter Remler für seine freundliche Unterstützung, sowie Herrn Oskar Preischel und allen Mitarbeitern im Gestüt für Ihre freundliche Aufnahme und Hilfe.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Herrn Elmar Stauber von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub bedanken, der mir über die gesamte Versuchszeit stets zuverlässig, gutgelaunt und hilfreich zur Seite stand, sowie Herrn Walter Peschke der diese Zusammenarbeit ermöglicht hat, sowie allen interessierten Studenten, die mir während den Transporten behilflich waren.

Für die unkomplizierte Bereitstellung des Pferdeanhängers danke ich der Firma Böckmann Fahrzeugwerke GmbH in Lastrup, besonders Frau Flerlage für Ihr Engagement, ebenso bedanke ich mich bei der Firma Merial für die kostenlose Bereitstellung ihres Produktes Pherocalm®.

Frau Dipl.-Math. Ulrike Schulz vom Statistischen Institut medistat in Kiel danke ich für die freundliche Betreuung und Beratung bei der statistischen Auswertung des umfangreichen Datenmaterials.

Des Weiteren möchte ich mich ganz besonders bei Herrn Dr. Peter Tilkorn und Herrn Dr. Michael Mäule bedanken, die mir uneingeschränkt zur Seite standen und immer ein offenes Ohr für Fragen und Probleme aller Art hatten.

Zu guter letzt gilt mein Dank meinen Eltern, meinem Onkel Heiner Helfmeier und meiner gesamten Familie für Ihren Rückhalt und Ihre Unterstützung. Ohne Euch wären mein Studium und die Doktorarbeit nicht möglich gewesen.

Lebenslauf

- Name:** Dirk Schellhoff
- Geboren:** 03.06.1976 in Essen
- Schulbildung:** 1982 bis 1986 Grundschule, Karlschule, Essen
1986 bis 1996 Leibniz Gymnasium, Essen
- Studium:** Oktober 1999 bis Februar 2005 Studium der Veterinärmedizin an der Ludwig Maximilians Universität München
22.02.2005 Abschluss des Studiums mit der tierärztlichen Prüfung
- Approbation:** 23.03.2005
- Dissertation:** 10.01.2006 Beginn der vorliegenden Dissertation am Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung der Tierärztlichen Fakultät München
- Berufstätigkeit:** Mai bis August 2005, Nachtdienststelle in der Tierärztlichen Klinik für Pferde, Dr. Bayer & Dr. Horstmann, Ludwigshafen
- August bis Dezember 2005, Assistentenstelle in der Tierärztlichen Klinik in Telgte, Dr. Boening, Dr. Weitkamp, Dr. Stadtbäumer, Dr. Merz, Dr. Niederhofer
- Seit Februar 2006, Assistentenstelle in der Tierärztlichen Praxis für Pferde, Dr. Peter Tilkorn, Marl