

Aus dem Klinischen Department für Kleintiere und Pferde
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Klinisches Zentrum für Pferde – Interne Medizin
(Leiterin: Univ.-Prof. Dr.med.vet. Jessika-Maximiliane Cavalleri, Dipl.ECEIM)

Beurteilung eines Bewegungssensors zum Aufzeichnen von Kopfbewegungen bei Pferden mit Headshaking

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von
Gerda Neuditschko

Wien, im Mai 2024

Betreuerin: Dr.med.vet. Dagmar Trachsel, PhD. Dipl.ECEIM
Klinisches Department für Kleintiere und Pferde
Klinisches Zentrum für Pferde - Interne Medizin
Veterinärmedizinische Universität Wien

Begutachterin: Priv.-Doz. Dr.med.vet. Ulrike Auer

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle übernommenen Textstellen aus fremden Quellen wurden kenntlich gemacht.

Ich habe die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt und alle zuarbeitend Tätigen mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt.

Die vorliegende Arbeit wurde nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Wien, den 28.05.2024

Gerda Neuditschko

Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, ob ein Bewegungssensor zur Aufzeichnung von Kopfbewegungen bei Pferden mit Headshaking herangezogen werden kann und ob dieser in weiterer Folge als sinnvolles Diagnosetool, sowie für Verlaufskontrollen von Headshaking zum Einsatz kommen könnte. Es wurde ein kommerziell erhältlicher Bewegungssensor getestet, welcher laut Hersteller sämtliche Bewegungen des Pferdes aufzeichnen kann. Drei Pferde wurden in dieser Studie eingeschlossen, welche am klinischen Zentrum für Pferde der Veterinärmedizinischen Universität Wien zur diagnostischen Abklärung und anschließender Therapie vorgestellt worden waren. Auf diesen Pferden wurde mittels Kopfhalterung ein Sensor angebracht und Bewegungsaufzeichnungen durchgeführt. Durch die in den Stallungen des klinischen Zentrums für Pferde installierten Kameras wurden gleichzeitig Videos der Pferde aufgezeichnet. Die Videodaten wurden später gesichtet und Zeitcodes aufgeschrieben, wann ein Headshake sichtbar war. Im Anschluss wurden die Videodaten und Sensordaten verglichen und Zeitcodes welche Übereinstimmten gekennzeichnet. Insgesamt wurden fünf Auswertungen und ein zusätzlicher Synchronisationsversuch durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass der Sensor erhebliche Schwierigkeiten hat Headshaking zu erkennen. Es wurden Headshakes vom Sensor erkannt, wenn keine stattgefunden hatten sowie Kopfbewegungen, die auf dem Video deutlich als Headshaking identifiziert werden konnten, vom Sensor nicht als solche erkannt. Es müssten viele Optimierungen durchgeführt werden, um den Sensor als Diagnosetool heranziehen zu können. Eine individuelle Anpassung an etwaige Headshakingformen sollte möglich sein.

Abstract

The objective of this thesis was to determine whether a motion sensor can be used to record head movements of horses suffering from head shaking and if the sensor can be used as a tool for diagnosis as well as for patient follow up. We tested a commercially available motion sensor which, according to its manufacturer, can recognize and record all movements of the horse. The study included three horses which had been presented at the University of Veterinary Medicine Vienna's University Clinic for diagnosis and therapy. The horses' movements were recorded by a motion sensor attached to a head halter mount. Cameras installed in the university hospital's stables recorded simultaneously videos of the horses. The video data was later reviewed, and timestamps were noted when a headshake was visible. Subsequently, the video data and sensor data were compared, and timestamps that matched were identified. In total, five evaluations and an additional synchronization attempt were conducted. The results showed that the sensor had significant difficulties in detecting headshaking. Headshakings were detected when none had occurred, and head movements that could be identified as headshaking on the video recordings were not recognized as such by the sensor. Many optimizations would need to be made to utilize the sensor as a diagnostic tool. An individual adaptation to any forms of headshaking should be possible.

Abkürzungsverzeichnis

N	Nervus
TMHS	trigeminus-mediiertes Headshaking
i-TMHS	idiopathisches trigeminus-mediiertes Headshaking
si-TMHS	<i>suspected idiopathic trigeminus-mediated Headshaking</i> (als vermutlich i-TMHS klassiertes Headshaking)
s-HS	Sekundäres Headshaking
CT	Computertomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
LA	<i>Local anaesthesia</i> (Lokalanästhesie)
PENS	Perkutane elektrische Nervenstimulation
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
For.	Foramen
Hz	Hertz
V	Volt
PET	<i>posterior ethmoidal branches of the trigeminal nerve</i>

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	1
1.1. Definition und Symptome von Headshaking	1
1.1.1. Auslöser	1
1.1.2. Ätiologie und Pathophysiologie	2
1.2. Diagnostik und Einteilung von Headshaking	3
1.2.1. Trigeminus-mediertes Headshaking	3
1.2.2. Nicht trigeminus-mediertes Headshaking	4
1.2.3. Diagnostischer Plan	4
1.2.4. Graduierungssysteme von Headshaking	6
1.3. Therapie von Headshaking	8
1.3.1. Nasennetze und Nasenmasken	9
1.3.2. Futterzusätze	9
1.3.3. Chiropraktik	10
1.3.4. Perkutane elektrische Nervenstimulation (PENS)	10
1.3.5. Medikamentöse Therapie	11
1.3.6. Verödung des <i>posterior ethmoidal branches of the trigeminal nerve</i> (PET)	11
1.3.7. Neurektomie des <i>N. infraorbitalis</i>	11
1.4. Hypothese	12
2. Material und Methoden	13
2.1. Pferde	13
2.2. Technisches Equipment	14
2.2.1. Kamera	14
2.2.2. Bewegungssensor	15
2.3. Auswertung der Daten	17
2.3.1. Auswertung 1: Prozent der Videos mit Headshaking pro Tag	21
2.3.2. Auswertung 2: Sensordaten ohne Beweis wurden als falsch gewertet	22

2.3.3.	Auswertung 3: Sensordaten ohne Beweis wurden als richtig gewertet	25
2.3.4.	Auswertung 4: Sensordaten ohne Beweis wurden exkludiert.....	25
2.3.5.	Auswertung 5: Falsch negative und falsch positive Episoden des Sensors.....	26
2.4.	Synchronisationsversuch	26
2.4.1.	Aufbau des Versuchs.....	26
2.4.2.	Auswertung	28
3.	Ergebnisse	29
3.1.	Pferd B.....	29
3.1.1.	Auswertung 1: Prozent der Videos mit Headshaking pro Tag.....	29
3.1.2.	Auswertung 2: Sensordaten ohne Beweis wurden als falsch gewertet.....	30
3.1.3.	Auswertung 3: Sensordaten ohne Beweis wurden als richtig gewertet	31
3.1.4.	Auswertung 4: Sensordaten ohne Beweis wurden exkludiert.....	32
3.1.5.	Auswertung 5: Falsch negative und falsch positive Episoden des Sensors.....	33
3.2.	Pferd A.....	33
3.3.	Pferd C.....	33
3.4.	Synchronisationsversuch	34
4.	Diskussion	37
5.	Literaturverzeichnis.....	41
6.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	44

1. Einleitung und Fragestellung

1.1. Definition und Symptome von Headshaking

Headshaking, zu Deutsch Kopfschütteln, wird definiert als schnelles und heftiges Schlagen des Pferdekopfes ohne ersichtlichen Auslöser. Das Schütteln, Schlagen oder auch Zucken mit dem Kopf kann in horizontale oder vertikale Richtung stattfinden, sowie eine rotierende Bewegung sein (1). Die Krankheit Headshaking kommt in unterschiedlichen Ausprägungen und Formen vor. Neben dem klassischen Headshaken zählen das Reiben oder Schlagen der Nase und Nüstern an Gegenständen, Wänden, Boden oder Körperteilen des Pferdes sowie heftiges Schnauben, Niesen und Nasenausfluss zu den häufigsten Symptomen von Headshaking. Die Tiere verhalten sich oft als würde ein Insekt um ihren Kopf schwirren (1–3). Betroffene Pferde suchen oft aktiv Schatten auf, der Kopf wird tendenziell tief getragen, die Nüstern sind oftmals angespannt und eine Hypertrophie der nasolabialen Muskeln kann bestehen (4). Plötzliches Stehenbleiben, Steigen oder Rückwärtslaufen sind ebenfalls als Symptome von Headshaking beschrieben. Durch das unwillkürliche Auftreten und die Heftigkeit der Symptome besteht im Umgang mit erkrankten Pferden oft Gefahr für Mensch und Tier (4, 5). Diese komplexe Krankheit ist durch unzählige weitere, teils sehr selten auftretende Symptome gekennzeichnet (6).

1.1.1. Auslöser

Der Auslöser, durch welchen ein Headshake oder anderes Symptom auftritt, ist meist unbekannt. Die Symptome treten, wie oben schon erwähnt, unwillkürlich auf. Es können jedoch gewisse Muster erkannt werden, wann die Headshaking-Symptomatik intensiviert auftritt. So kann beispielsweise Licht oder körperliche Anstrengung des Pferdes zu einer Verschlechterung der Symptome führen (1, 2). Weiters gibt es bei manchen erkrankten Pferden einen Zusammenhang zwischen dem Wetter und der Intensität der Symptomatik. Einige Pferde reagieren vor allem auf Wind oder Regen, bei anderen treten die Symptome vermehrt an warmen und sonnigen Tagen auf. Ebenso wird eine Ortsabhängigkeit beschrieben. Die Symptome intensivieren sich bei diesen Pferden, wenn zum Beispiel ein Baum oder Sträucher in der Nähe sind. Ergänzend ist bei einigen Patienten eine Saisonalität bekannt, so ist die Symptomatik beim Großteil der erkrankten Pferde vor allem im Frühjahr und Sommer am stärksten ausgeprägt, bei wenigen Pferden werden die Symptome auch im Herbst stärker. Im Winter sind manche Headshaker symptomfrei. Eine Veränderung der Auslöser und Saisonalität der Symptomatik eines Pferdes ist möglich (1, 6).

Die Periode, in welcher die Symptome bei saisonalen Headshakern am ausgeprägtsten ist, wird ebenso als variabel beschrieben. In manchen Fällen wird die Saison der Symptomatik von Jahr zu Jahr länger, bei manchen kürzer. Bei Pferden, die schon länger unter dieser Krankheit leiden, wird beschrieben, dass sich die Symptome oft über die Jahre intensivieren, bei manchen hingegen tritt eine Verbesserung auf. Viele Pferde zeigen eine konstante Symptomatik (6).

1.1.2. Ätiologie und Pathophysiologie

Durch die Ähnlichkeit der Symptomatik von Headshaking zur humanen Trigeminusneuralgie, bei der durch Berührungen oder Wind Gesichtsschmerzen auftreten, wurde als Auslöser von Headshaking bei Pferden eine Hypersensitivität des *Nervus (N.) trigeminus*, vermutet (4). Der *N. trigeminus* ist der fünfte Gehirnnerv und teilt sich, wie der Name schon sagt, in drei Teile auf, den *N. ophthalmicus*, *N. maxillaris* und *N. mandibularis*. Der *N. infraorbitalis*, welcher in vielen Studien über Headshaking eine große Rolle spielt, ist neben dem *N. zygomaticus* und dem *N. pterygopalatinus* ein Ast des *N. maxillaris*. Er innerviert die Oberkieferzähne, die Oberlippe und die Nase (7).

Durch diverse Studien konnte die Vermutung, dass der *N. trigeminus* bei Headshakern eine Rolle spielt, bestätigt werden. Mithilfe von somatosensorisch evozierten Potentialen konnte die elektrische Aktivität in den Nervenfasern von Headshakern untersucht und mit der elektrischen Aktivität in den Nervenfasern gesunder Pferde verglichen werden. Diese Studie ergab, dass die Reizschwelle bei Headshakern, mit einzelnen Ausnahmen, geringer ist als bei gesunden Pferden. Dies erklärt, warum triviale Trigger wie Wind, Sonne oder Licht einen Headshake bei erkrankten Pferden auslösen können. Durch die erhöhte Sensitivität des Nervs wurde bei Headshakern zudem der trigeminovagale Reflex ausgelöst, es war also bei Stimulation des Nervs gleichzeitig eine Bradykardie erkennbar. Die vorher genannten Ausnahmen waren Pferde, welche saisonales Headshaking zeigten. Hier war zu erkennen, dass in den Zeiträumen, in denen das Pferd symptomfrei war, die Reizschwelle im Vergleich zur Kontrollgruppe nicht signifikant verringert war. Dieses Erkenntnis lässt darauf schließen, dass das Problem funktioneller und nicht struktureller Natur ist. Durch *Post-Mortem*-Untersuchungen von erkrankten Pferden konnte gezeigt werden, dass keine Pathologie im Bereich des Gehirns erkennbar ist. Es konnte keine Demyelinisierung oder Axonopathie des *N. infraorbitalis* gefunden werden, wie ursprünglich angenommen wurde. Eine Ursache für die Hypersensitivität des *N. trigeminus* ist bis heute nicht bekannt (8).

1.2. Diagnostik und Einteilung von Headshaking

1.2.1. Trigeminus-mediertes Headshaking

Seit der Erkenntnis, dass der *N. trigeminus* maßgeblich an der Symptomatik von Headshaking beteiligt ist (8, 9), wird ein Teil der Krankheit trigeminus-mediertes Headshaking (TMHS) genannt. Dieses TMHS kann noch weiter in zwei Gruppen unterteilt werden. Dies geschieht mittels Ausschlussdiagnostik, wie in Kapitel 1.2.3. noch erörtert wird. Eine der beiden Gruppen wird als symptomatisches Headshaking bezeichnet. In dieser Gruppe kann die Symptomatik auf eine Grunderkrankung im Umfeld des *N. trigeminus* zurückgeführt werden. Folgend werden einige Organsysteme und Krankheiten angeführt, welche Auslöser für Headshaking sein könnten (5).

Tab. 1: Potenziell betroffene Organsysteme, deren Erkrankung zu Headshaking führen kann, übernommen aus Kloock et al., 2021 (5).

Organsystem	Primärerkrankung
Haut	<ul style="list-style-type: none"> • Dermatitisen, Urtikaria • Ektoparasiten
Ohr	<ul style="list-style-type: none"> • Otitis media/interna, Trommelfellruptur • Fremdkörper, Tumore, Othämatom • Zahnbalg- oder Dermoidzysten, hyperplastische Dermatitis
Auge	<ul style="list-style-type: none"> • Traubenkornödem, Uveitis, Linsenluxation • Obstruktion Tränennasenkanal
Atmungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • Sinusitis, Rhinitis, Pharyngitis, Luftsackmykose • Fremdkörper, Tumore • Dyspnoe durch Atemwegsobstruktionen
Verdauungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • apikale Zahnwurzelabszesse, Alveolar-Periostitiden • Gingivitis, tiefe Schleimhautläsionen, Zahnwechsel • Schmerzen durch Druck des Gebisses auf Diastema, Gaumen, Wolfszähne
Nervensystem	<ul style="list-style-type: none"> • Infektionen mit neurotrophen Viren

Die andere Gruppe wird gebildet durch Pferde mit idiopathischem trigeminus-mediertem Headshaking. Bei diesen Pferden konnten alle Krankheiten, die Headshaking-Symptome auslösen können, ausgeschlossen werden (1).

Im Jahr 2022 publizierten Kloock et al. eine Einteilung von trigeminus-mediertem Headshaking in drei Gruppen. Neben dem schon bekannten idiopathischen trigeminus-medierten Headshaking (i-TMHS) werden hier *suspected idiopathic trigeminus-mediated headshaking* (si-TMHS) und sekundäres Headshaking (s-HS) unterschieden. Pferde, bei welchen pathologische Auffälligkeiten gefunden werden konnten, aber davon ausgegangen werden kann, dass diese nicht kausal für die Symptomatik des Headshaking sind, fallen in die Gruppe des si-TMHS. Pferde, welche Symptomatik zeigen und bei denen eine Grundkrankheit gefunden werden konnte, welche ursächlich für Headshaking sein kann, werden als Sekundäre Headshaker bezeichnet (10).

1.2.2. Nicht trigeminus-mediertes Headshaking

Ähnliche Symptome wie beim trigeminus-medierten Headshaking können auch bei Pferden mit Lahmheiten auftreten, welche an muskuloskelettalen Schmerzen leiden. In diesem Fall ist das Headshaken, welches meist nur aus einer vertikalen Bewegung des Kopfes besteht, ein Ausdruck von Schmerz. Der große Unterschied zum TMHS ist hierbei, dass die Symptome nur beim Reiten auftreten und unabhängig von anderen Triggern wie Wetter oder Licht sind (11).

1.2.3. Diagnostischer Plan

Beginn jeder Untersuchung eines Headshakers sollte eine ausführliche Anamnese sein. Essenziell ist es hierbei Fragen zu stellen, die auf eine Ursache schließen oder ein Muster erkennen lassen. Neben den allgemeinen Anamnesefragen, wie lange die Symptomatik schon besteht, ob diese sich verändert hat, ob Vorerkrankungen bekannt sind oder das Tier schon vorbehandelt wurde, ist es bei Headshaking besonders wichtig, auf mögliche Trigger einzugehen. Ob die Symptomatik zum Beispiel bei Wind, Sonne oder anderem Wetter verstärkt auftritt sowie die Abhängigkeit zur Jahreszeit oder Bewegung ist zu erfragen. Wie in Kapitel 1.1. beschrieben, sollte auf sämtliche mögliche Auslöser eingegangen werden, um einen Überblick über die Symptomatik des Pferdes zu erhalten (5).

Der nächste Punkt der Ausschlussdiagnostik wäre die Beobachtung des Pferdes in verschiedenen Situationen. Das Pferd sollte wenn möglich mit Trense und Sattel longiert oder auch geritten werden, um die Symptomatik beobachten zu können und erste Ursachen, wie beispielweise einen unpassenden Sattel, ausschließen zu können. Falls das Pferd zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Symptome zeigt, weil ein bestimmter Trigger, zum Beispiel windiges Wetter, nicht vorhanden ist, oder auch das Reiten zu gefährlich ist, können Videos gesichtet werden (12).

Neben einer allgemein klinischen Untersuchung werden weitere diagnostische Schritte gesetzt. Wichtige Punkte sind die ophthalmologische Untersuchung, otoskopische Untersuchung und die Maulhöhlenuntersuchung. Zusätzlich können eine Endoskopie der oberen Atemwege und röntgenologische Untersuchungen von Kopf und Halsbereich durchgeführt werden. Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT) können ebenfalls zur weiteren Diagnostik herangezogen werden (12).

Je nach bereits erhobenen Befunden können zahlreiche weitere Untersuchungen wie labordiagnostische, neurologische und orthopädische Untersuchungen durchgeführt werden. Weiters wird des Öfteren eine diagnostische Anästhesie des *N. maxillaris* oder *N. infraorbitalis* durchgeführt (5).

Kloock et al. veröffentlichten im Jahr 2022 eine Empfehlung in Form eines Flow-Charts, um die Diagnostik von Headshaking zu erleichtern. Das Ziel der Diagnostik ist es, die Krankheit, wie in den Kapiteln 1.2.1. und 1.2.2. näher beschrieben, einteilen zu können (10).

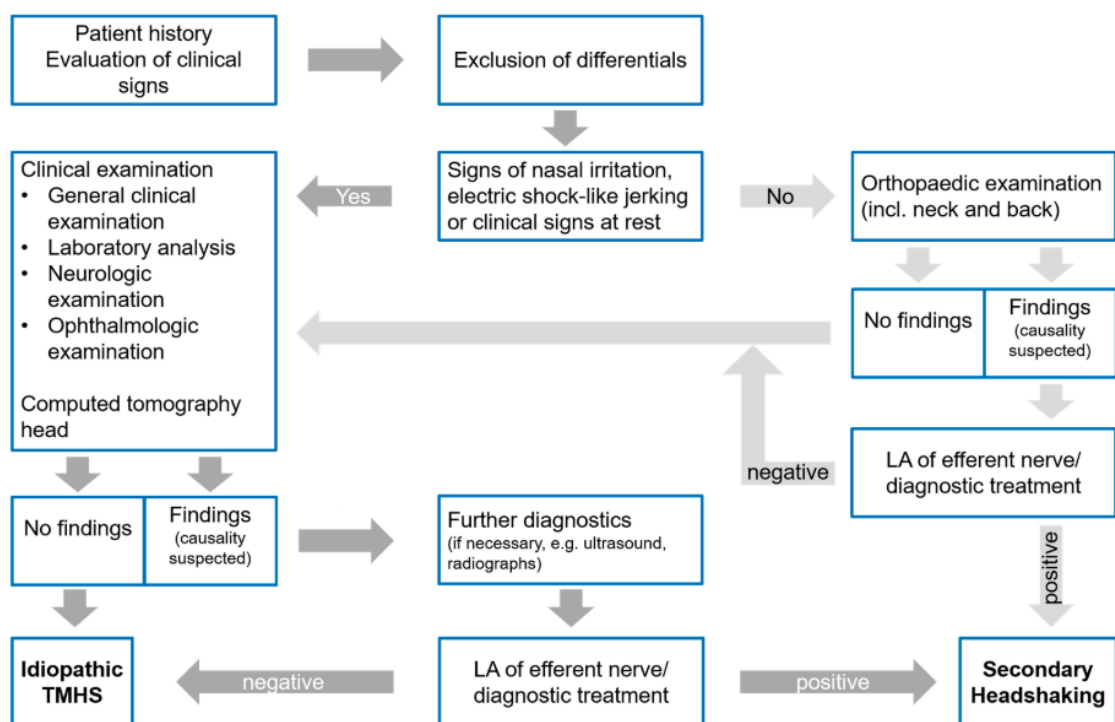


Abb. 1: Empfehlung der diagnostischen Aufarbeitung von Pferden mit Symptomen von Headshaking, übernommen aus Kloock et al., 2022 (10). *Local anaesthesia* (LA)

1.2.4. Graduierungssysteme von Headshaking

Um Studien zu erleichtern und bessere Informationen über die Pferde zu erhalten, wurden im Laufe der Zeit einige Graduierungssysteme und Einteilungen für Headshaking entwickelt, welche folgend aufgelistet sind. Einen Goldstandard, wie Headshaking eingeteilt und quantifiziert werden kann, gibt es bislang noch nicht.

Das erste Graduierungssystem wurde im Jahr 2000 von Newton et al. im Zuge der Studie, um die Ätiopathogenese von Headshaking näher zu erforschen, publiziert. In zweiminütigen Intervallen wurde die durchschnittliche Anzahl der Headshakes evaluiert, um auf die Intensität der Symptome und später auf den Erfolg der Behandlungen rückzuschließen. Die Einteilung und Definition lauten wie folgt (4).

Tab. 2: Graduierungssystem übersetzt nach Newton et al., 2000 (4).

Grad	Definition
1	Intermittierende und geringgradige klinische Symptome. Zuckende Gesichtsmuskeln. Pferd ist reitbar.
2	Mittelgradige Symptome. Treten in gewissen Situationen verstärkt auf. Pferd ist reitbar mit Einschränkungen.
3	Pferd ist reitbar, aber schwierig zu reiten. Pferd ist schwer kontrollierbar.
4	Pferd ist unreitbar und unkontrollierbar.
5	Pferd ist gefährlich und zeigt außergewöhnliche Verhaltensmuster.

Mills et al. verwendeten 2003 ein Graduierungssystem, mit welchem Besitzer die Heftigkeit der Symptome ihres Pferdes bewerten sollten. Es wurden 19 verschiedene Symptome beschrieben, die zu bewerten waren. Die Symptome reichten von horizontalem und vertikalem Headshaken über Schnauben bis hin zu Headshaken in Ruhe, im Dunkeln und bei Regen. Die Skala reichte hier von Eins („Symptome nicht vorhanden“) bis hin zu Fünf („schwere Symptome“). Weiters gab es die Möglichkeit „N/A“ anzukreuzen, wenn keine Antwort gegeben werden konnte. Die Intensität der Symptome sollte in Abhängigkeit davon, wie oft, wie schwer und wie lange die Symptome anhielten bewertet werden. Um die Auswertung zu erleichtern, wurde die ursprüngliche Skala von Eins bis Fünf später zu Null bis Vier geändert (13).

Im Zuge der Studie über die Behandlung von idiopathischem Headshaking mit Dexamethason erstellten Tomlinson et al. 2013 ebenfalls ein Graduierungssystem (Tab. 3). Mit diesem sollten

die Besitzer mindestens drei Mal pro Woche die eigenen Pferde und deren Headshakingverhalten evaluieren. Zusätzlich zu dieser Graduierung sollte noch notiert werden, wieviel und was das Pferd gearbeitet hatte, das Wetter, die Medikation des Pferdes und eventuelle Hilfsmittel die verwendet wurden, wie zum Beispiel Nasennetze oder Fliegenmasken (14).

Tab. 3: Graduierungssystem übersetzt nach Tomlinson et al., 2013 (14).

Punkte	Beschreibung
0	Kein Headshaking
1	< 5 Shakes in 30 Minuten
2	5-10 Shakes in 30 Minuten
3	10-30 Shakes in 30 Minuten
4	Konstantes Headshaken; Pferd ist unreitbar; man kann mit dem Pferd nicht arbeiten

Im Gegensatz zu den beiden vorangegangenen Studien und Graduierungssystemen wurde beim folgenden nicht ausschließlich durch die Besitzer evaluiert, sondern durch Beobachter. In der Studie von Talbot et al. von 2012 wurden von Headshakern sowohl beim Arbeiten als auch in Ruhe Videos gemacht. Diese Videos wurden vor bzw. nach der Behandlung der Pferde durch zwei Betrachter gesichtet und die Pferde eingeteilt. Die Intensität der Symptome wurde dabei auf einer Skala von Null bis Drei bewertet. Die Zahl Null war definiert als „kein Headshaking“, bei Patienten mit der Zahl Eins waren milde Symptome in Bewegung sichtbar. Die Zahl Zwei kategorisierte Pferde, bei welchen das Shaken in Bewegung offensichtlich war, jedoch kein Steigen oder sonstige Verhaltensänderungen vorhanden waren. Pferde mit der stärksten Ausprägung der Symptome wurden mit der Zahl Drei bewertet. Diese Patienten zeigten starke Verhaltensveränderungen und das sogenannte *glass wall response*, also die Weigerung der Pferde, sich zu bewegen. Während der Behandlung sollten auch die Besitzer die Stärke der Symptome von Eins (kein Headshaken) bis Zehn (stärkste Ausprägung der Symptome) einstufen. Als Hilfe für die Besitzer, um die Stärke einschätzen zu können, sollte auf folgende Parameter geachtet werden: Anzahl, Frequenz und Stärke der Headshaking-Symptome (15).

Ein weiteres System wurde im Zuge der Studie über den Einsatz von Gonadotropin-Releasing-Hormonen bei Headshakern von Pickles et al. im Jahr 2011 benutzt. Hier wurde ein

Fragebogen an Besitzer ausgegeben, welcher sieben typische Headshaking-Symptome aufgelistet hatte. Dieser Fragebogen war wie eine visuelle Analogskala aufgebaut. Es war also pro Symptom ein jeweils zehn Zentimeter langer Strich vorhanden, welcher in vier Quartile aufgeteilt wurde. Auf diesem Strich konnte dann basierend auf der Frequenz und Schwere das Symptom bewertet werden, wobei das erste Quartil ganz links mit „nie“ beschriftet wurde, das zweite mit „gelegentlich“, das dritte mit „häufig“ bis hin zum vierten, „permanent“. Dieser Fragebogen wurde im Zuge der Studie sieben Mal ausgefüllt. Die Besitzer wurden dazu aufgefordert, die Symptome immer unter denselben Bedingungen zu evaluieren (16).

Das Graduierungssystem von Roberts et al. wurde 2014 publiziert. Hier gibt es Grad Null, welcher als „kein Headshaking“ definiert ist, Grad Eins, definiert als „Headshaking nur bei Arbeit, aber das Pferd ist dennoch reitbar“, Grad Zwei ist „Headshaking bei der Arbeit, mit schweren Symptomen. Pferd ist unreitbar oder gefährlich zu reiten“ und Grad Drei „Headshaking bei der Arbeit und in Ruhe“ (17).

1.3. Therapie von Headshaking

Wie schon in den vorangegangenen Kapiteln erörtert, ist Headshaking eine sehr vielseitige Krankheit. Gleich wie es eine Reihe von unterschiedlichen Auslösern und Formen von Headshaking gibt, gibt es auch weitreichende Therapieansätze, welche individuell auf den Patienten abgestimmt werden sollten. Vorweg ist jedoch zu sagen, dass sich die Therapie bei dieser Krankheit schwierig darstellt und bisher kein Gold-Standard gefunden wurde. Ebenso ist bei der Therapie von Headshakern und der Beurteilung der Symptome durch den Besitzer der Placebo-Effekt ein wichtiger Aspekt (18). Im Jahr 2022 haben Kloock et al. eine Empfehlung für die Therapie von Headshaking veröffentlicht. Als *first line*-Therapie wird hier perkutane elektrische Nervenstimulation (PENS) genannt, gefolgt von medikamentöser Behandlung als *second line*-Therapie. Als *third line*-Therapie werden verschiedene Operationstechniken beschrieben, welche jedoch nur angewendet werden sollen, wenn als Alternative lediglich die Euthanasie im Raum steht. Zusätzlich zu den Therapien werden noch verschiedenste Management-Strategien angeführt (10).

Nachfolgend wird eine Auswahl an Therapie- und Managementmöglichkeiten von Headshaking vorgestellt. Zur besseren Übersicht wurde hier eine Abstufung von nicht-invasiv bis invasiv vorgenommen.

1.3.1. Nasennetze und Nasenmasken

Eine sehr populäre Managementstrategie bei Headshakern ist das Verwenden von verschiedenen Netzen im Gesichtsbereich des Pferdes, welche die Symptome von Headshaking verringern sollen. Neben dem am häufigsten eingesetzten Nasennetz werden hier auch Ohrennetze und Gesichtsnetze beschrieben. Das wirkungsvollste ist jedoch das Nasennetz, welches bei manchen Pferden eine völlige Symptomfreiheit erzielen kann. Bei Ohrennetzen ist die Theorie, dass es lediglich Insekten vom Pferd fernhalten und dadurch die Symptomatik mildern soll. Beim Nasensetz wird vermutet, dass es einerseits als ständige Stimulation an den Nüstern, andererseits auch als Filter und zum Abbremsen des Luftstroms an die Nüstern fungiert. Die Rezeptoren im Bereich des Nasennetzes sollen durch die Stimulation gehemmt und adaptiert werden (19, 20). In einer Studie wurde die Effektivität von drei verschiedenen Modellen von Nasennetzen untersucht. Bei einem Symptom, welches beschrieben wird als würde ein Insekt um den Kopf des Pferdes schwirren, konnten die sogenannten Halbnetze ein besseres Ergebnis erzielen als das Modell, welches das ganze Maul des Pferdes umschloss. Bei den übrigen Symptomen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Modellen erkannt werden, dennoch wurden manche Symptome, zum Beispiel klassisches Headshaken im Gegensatz zu Schnauben, besser unterdrückt als andere. Das Nasennetz wird als gute, billige und nicht invasive Möglichkeit bezeichnet um den Pferden mit Headshaking Symptomerleichterung zu verschaffen (13).

1.3.2. Futterzusätze

Eine ebenso häufig eingesetzte Managementstrategie ist die Gabe von Futterzusätzen. Eine Studie von Sheldon et al. fand 2019 heraus, dass vor allem Magnesiumsupplementation zu einer Verminderung der Symptomatik des Headshakens beiträgt. Der größte Erfolg konnte in dieser Studie mit einer Kombination aus Magnesium und Bor erzielt werden. Eine vollständige Erklärung für die Reduktion der Symptomatik durch die Supplementierung von Magnesium und Magnesium-Bor Kombination gibt es nicht. Magnesium besitzt jedoch die Fähigkeiten, inhibitorisch auf Calcium-Kanäle zu wirken und N-Methyl-D-Aspartat (NMDA) Rezeptoren zu blockieren. Es wird angenommen, dass die Kombination aus Magnesium und Bor einen größeren Effekt hat, weil durch das Bor die Magnesiumkonzentration im Blut erhöht wird (21). Ebenso wird eine intravenöse Injektion von Magnesiumsulfat zur Linderung der Symptome beschrieben (22).

In einer weiteren Studie um die Wirksamkeit von Futterzusätzen wurden unter anderem Kräuter, Wurzeln, Methylsulfonylmethan und *Calcined Magnesite* untersucht. Hier konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Placebogruppe und der Gruppe, welche die Futterzusätze bekam, festgestellt werden (15).

1.3.3. Chiropraktik

Keine Studie, sondern ein Fallbericht beschreibt eine erfolgreiche Behandlung von Headshaking mittels Chiropraktik. Es wurden chiropraktisch Blockaden im Bereich des Atlas, des Temporomandibulargelenks, der sakralen Basis und des Ileums entdeckt und behandelt. Zwei Tage nach dieser Behandlung war das Pferd völlig symptomfrei, mit weiteren Behandlungen konnte die Intensität und Häufigkeit der Symptome auf einem niedrigen Level gehalten werden (23).

1.3.4. Perkutane elektrische Nervenstimulation (PENS)

Die Durchführung dieser Therapie ist minimalinvasiv und wird am stehenden und sedierten Pferd durchgeführt. Zu Beginn dieser Therapie wird das Gebiet über dem *Foramen (For.) infraorbitale* unter möglichst sauberen Kautelen lokalanästhesiert. Schließlich wird eine Elektrode, zunächst an einer Seite des Kopfes, anschließend auf der anderen Seite, ultraschallgestützt subkutan am *For. infraorbitale* nahe des *N. infraorbitalis* platziert. Der Nerv wird mit einem 25-minütigen Programm, welches alle drei Sekunden eine Frequenzänderung durchführt, stimuliert. Die Frequenz beträgt zwischen zwei und 100 Hertz (Hz). Die Spannung, welche angewendet wird, wird individuell zwischen 0,2 und 2,7 Volt (V) gewählt, wobei immer bei 0,2 V gestartet und in 0,2 Voltschritten, erhöht wird, in Abhängigkeit der Reaktion des Pferdes. Sechs der sieben Pferde dieser Studie sprachen bereits nach der ersten Behandlung mit einer Reduktion der Frequenz und Intensität der Symptome an. Nach der ersten Behandlung hielt diese Symptomlinderung zwischen einigen Stunden und acht Tagen an. Eine wochen- oder monatelange Symptomminderung konnte nach weiteren Behandlungen erzielt werden (24). Laut den von Roberts et al. erwähnten unveröffentlichten Daten, soll diese Behandlung bei der Hälfte der Patienten zu einer Minderung der Symptome geführt haben. Die Dauer der Symptomminderung ist hier sehr variabel zwischen zwei und 156 Tagen beschrieben (18). Der Effekt, warum diese Behandlung solch einen Erfolg erzielt, wird mit der sogenannten *gate control theory* erklärt (25). In einfachen Worten besagt diese Theorie, dass durch Aktivierung der schneller leitenden und hemmenden Nervenfasern das Tor geschlossen wird und so die Schmerzleitung zum Gehirn unterdrückt wird. Ein Beispiel für

diesen Mechanismus ist das Reiben eines schmerzhaften Körperteils zur Reduktion der Schmerzen (25, 26).

1.3.5. Medikamentöse Therapie

Die Gabe von Cyproheptadin erzielt laut einer Studie bei circa drei Viertel der Pferde ein positives Ergebnis. Bei einem Drittel dieser Patienten konnte eine völlige Symptombefreiheit und bei den übrigen zwei Dritteln konnte eine Linderung der Symptome erreicht werden (2). Bei wenigen Pferden hatte die Behandlung keinen Effekt. Das Medikament hat unter anderem anticholinerge, antiserotonerge und antihistaminerge Wirkung. Wie Cyproheptadin die Symptomatik von Headshaking verringern kann ist nicht vollständig geklärt (2, 4).

Bei einer Kombination von Cyproheptadin und Carbamazepin konnte eine 80 –100%ige Verbesserung bei circa 80 % der Pferde erzielt werden. Bei einer alleinigen Gabe von Carbamazepin sind einzelne Fälle beschrieben, bei welchen erst nach einer Dosissteigerung ein positives Ergebnis erzielt werden konnte. Carbamazepin ist ein Natrium-Kanal-Blocker und besitzt antikonvulsive Wirkung. Der genaue Wirkmechanismus dieses Medikaments und auch die Wirkung bei Headshakern ist jedoch nicht vollständig bekannt (4).

Weitere eingesetzte Medikamente in der Therapie von Headshakern sind Fluphenazin, Phenobarbital, Gabapentin, Melatonin und Corticosteroide (12).

1.3.6. Verödung des *posterior ethmoidal branches of the trigeminal nerve* (PET)

Eine Form der chirurgischen Therapie stellt die beidseitige Verödung des *N. trigeminus* dar. Bei dieser Methode wird eine spezielle Nadel durch den *Canalis infraorbitalis* bis zum *For. maxillare* eingeführt. Danach werden zum Veröden des Nervs fünf ml 10%iges Phenol in Mandelöl injiziert. Das Pferd ist bei dieser Behandlung in Allgemeinanästhesie. In dieser Studie waren zwei von fünf Pferden nach der Therapie völlig symptomfrei. Die übrigen Fälle zeigten eine partielle Verbesserung der Symptome für sechs bis neun Monate. Es konnten keine Schädigungen der Nerven oder Gefäße festgestellt werden, dennoch ist die anatomische Variation und das erschwerte Auffinden der richtigen anatomischen Lokalisation als deutliche Einschränkung der Methode anzusehen (4).

1.3.7. Neurektomie des *N. infraorbitalis*

In der Studie um die Wirksamkeit der Neurektomie des *N. infraorbitalis* wurde zunächst der besagte Nerv anästhesiert. Dazu wurden direkt am *For. infraorbitale* oder wenige mm innerhalb des *Canalis infraorbitalis* zwölf ml Mepivacain Hydrochlorid in die Nähe des Nervs injiziert. Von neunzehn Pferden wurde nach der Injektion lediglich bei drei Pferden eine

Verbesserung des Headshakings beobachtet. Acht der Pferde zeigten keine Veränderung, bei weiteren acht wurden die Symptome intensiviert. Dennoch wurde bei allen Patienten der Studie eine Neurektomie durchgeführt. Dazu wurde nach einem Standardverfahren zwei cm des *N. infraorbitalis* auf Höhe des *For. infraorbitale* entfernt und die Enden des verbleibenden Nervs mittels Kryochirurgie versorgt. Bei drei der therapierten Pferde konnte eine vollständige Symptombefreiheit für eine Zeitdauer von drei bis fünf Jahren erzielt werden. Bei weiteren drei Pferden bewirkte die Therapie nur eine temporäre Linderung der Symptome. Circa 84 % der Patienten zogen sich postoperativ selbst Verletzungen an den Nüstern oder an der Seite des Kopfes zu. Vermehrte Reizung der Nüstern sowie Bildung von Neuomen wurden als Nebenwirkungen beschrieben (27).

1.4. Hypothese

Die Hypothese dieser Arbeit lautet: Die Aufzeichnungen des Bewegungssensors können mithilfe der Videos nachvollzogen werden, sodass der Sensor als zuverlässiges Diagnose-Tool sowie für die Verlaufskontrolle von Headshaking eingesetzt werden kann.

2. Material und Methoden

2.1. Pferde

In dieser Arbeit wurden Daten von drei Pferden eingeschlossen, welche im Zeitraum von September 2022 bis Jänner 2023 am klinischen Zentrum für Pferde der Veterinärmedizinischen Universität Wien zur diagnostischen Abklärung und anschließender Therapie vorgestellt worden waren.

Bei Pferd A handelte es sich um einen siebzehnjährigen Wallach der Rasse Warmblut, welcher zur diagnostischen Abklärung und Therapie eines vom Besitzer festgestellten Headshaking stationär am klinischen Zentrum für Pferde aufgenommen worden war. Vorberichtlich zeigte das Pferd seit acht Monaten vertikales Headshaking und Reiben mit der Nase an Gegenständen und Menschen. Dieses Verhalten war von der Besitzerin vor allem bei Nervosität des Pferdes, aber auch in Ruhe im Freilaufstall beobachtet worden. Durch die Haltungsform des Pferdes konnte nicht festgestellt werden, ob außerhalb eines Stalls oder beim Verbringen in eine Pferdebox eine Frequenz- oder Intensitätsänderung der beobachteten Symptome eintrat. Seit Beginn der Symptomatik wurde das Pferd nicht mehr gearbeitet, somit konnte auch nicht nachvollzogen werden, ob das Headshaken bei Bewegung häufiger und/oder intensiver wurde. Die Symptome waren laut Besitzer ausgeprägter bei Hitze, jedoch unabhängig vom Lichteinfall. Aus der Anamnese ging ebenfalls hervor, dass das Headshaken des Pferdes nach Gabe von entzündungshemmenden Medikamenten der Klasse *Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs* (NSAIDs) deutlich besser wurde. Bei der initialen Behandlung mit NSAIDs wurde berichtet, dass die Symptomatik gar nicht mehr beobachtet worden war. In weiterer Folge konnte mithilfe der Medikamente nur noch eine teilweise Verbesserung der Symptome erzielt werden. Die Dauer oder der Zeitpunkt der Behandlungen waren nicht bekannt. Der Therapieansatz bei diesem Pferd bestand aus dreimaliger PENS-Therapie, Gabe von Gabapentin und zeitweiser Nutzung eines Nasennetzes. Die in dieser Arbeit ausgewerteten Videodaten von diesem Pferd waren vom Zeitraum zwischen dem 02.10.2022 und dem 12.10.2022 vorhanden, die Sensordaten reichten vom 03.10.2022 bis zum 10.10.2022. Bei Pferd B handelte es sich um einen sechsjährigen Wallach der Rasse Warmblut, welcher ebenfalls zur diagnostischen Abklärung und Therapie eines vom Besitzer festgestellten Headshaking stationär am klinischen Zentrum für Pferde aufgenommen worden war. Vorberichtlich zeigte das Pferd seit sechs Monaten progressiv intensiver werdendes vertikales Headshaking. Beim Reiten wurde auch horizontales Headshaken beobachtet. Die Symptomatik begann einen Monat nach dem Kauf des Pferdes. Es war nicht bekannt, ob das

Pferd bei den Vorbesitzern ebenfalls Headshaking hatte. Weiters zeigte das Pferd Schlagen mit den Vorderextremitäten gegen die Nase, Reiben der Nase auf dem Boden und Reiben der Augen. Die Symptomatik des Pferdes stellte sich komplex dar. Aus der Anamnese ging hervor, dass das Pferd die Symptome in der Box gar nicht und auf der Koppel nur geringgradig zeigte. Beim Führen, zum Beispiel auf dem Weg zur Koppel, beim Longieren oder Reiten, sowohl in der Reithalle als auch im Freien, traten die Symptome mit zunehmender Intensität und Häufigkeit auf. Im Zuge dieser Studie konnte durch die Videoaufnahmen von der Box des Pferdes jedoch festgestellt werden, dass das Pferd die Symptomatik ebenfalls zeigte, wenn es sich in der Box befand. Beim Reiten mit Fliegenmaske war die Symptomatik im Schritt am stärksten ausgeprägt, Trab und Galopp waren am kurzen Zügel besser möglich. Ohne Fliegenmaske war das Pferd nicht reitbar. Dieser Patient wurde am Klinischen Zentrum für Pferde drei Mal mit PENS-Therapie behandelt und zusätzlich wurde Futter, welches Magnesiumcitrat enthält, gegeben. Die Videoaufnahmen von diesem Pferd, welche für diese Arbeit gesichtet wurden, reichten vom 04.11.2022 bis zum 14.11.2022, die Sensordaten vom 04.11.2022 bis zum 07.11.2022. Pferd C war eine vierzehnjährige Stute der Rasse Ungarisches Warmblut, welche zur Diagnostik und Therapie von Vorhofflimmern stationär am klinischen Zentrum war. Während des Klinikaufenthalts konnte vertikales Headshaking in der Box beobachtet werden. Beim Nachfragen beim Besitzer war ihm das nicht bekannt. Das Pferd wurde nicht aufgrund der Headshakingsymptomatik behandelt. Die Videoaufnahmen von diesem Pferd reichten von 06.12.2022 bis 12.12.2022, Sensordaten gab es mit Unterbrechungen von 06.12.2022 bis 12.12.2022.

2.2. Technisches Equipment

2.2.1. Kamera

Das Videomaterial, das gesichtet wurde, stammte aus in den Stallungen des Klinischen Zentrums für Pferde installierten Kameras der Firma Acaris® (Axel-Springer-Platz 3, 20355 Hamburg; <https://acaris.net/>). Die Kamera hat eine 4k Bildauflösung, ist infrarotempfindlich und mit einem Weitwinkelobjektiv ausgestattet. Mit Hilfe von künstlicher Intelligenz wurde das Verhalten des Pferdes analysiert und ein Tagesbericht sowie ein Vergleich mit vorangegangenen Daten über die Aktivitäten und Verhaltensmuster des Pferdes erstellt (28). Die Kamera zeichnete einzelne Bilder in einem Zeitabstand zwischen zwei und vier Sekunden auf. Durch diese Zeitsprünge waren in den Videos, welche eine Länge von circa zwei Minuten hatten, circa zehn Minuten Bildmaterial zu sehen. Beispielsweise war in einem Video die Zeit von

20:38:41 bis 20:48:38 enthalten, das Video dauerte insgesamt eine Minute und fünfzig Sekunden.

2.2.2. Bewegungssensor

Verwendet wurde ein Sensor der Firma Hoofstep® (Odens Väg 14b, 30275 Halmstad, Sweden; <https://www.hoofstep.com/>) welcher mittels Kopfstück an der Stirn des Pferdes befestigt wurde (Abb. 2).



Abb. 2: Pferd mit dem Sensor auf der Stirn ©VetMedUni

Der Sensor verwendet GPS und verschiedene Bewegungssensoren, um die Daten zu erfassen. Für die vorliegende Arbeit wurden von der Firma die Daten als Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt. Die abgespeicherten Daten, welche die Bewegungssensoren aufgezeichnet hatten, wurden von künstlicher Intelligenz in folgende Kategorien eingeteilt.

- 1) *eat* ist definiert als „Zeit, wenn das Pferd kaut, egal in welcher Position oder auch in Kombinationen mit anderen Bewegungen.“
- 2) *rest* ist definiert als „Zeit, wenn das Pferd ruht, egal ob das Pferd liegt oder steht.“
- 3) *active* ist definiert als „Zeit, wenn das Pferd sich langsam fortbewegt oder Aktivitäten ausführt wie Gähnen, scharrt, sich kratzt, streckt oder schleckt.“
- 4) *highlyActive* ist definiert als „Zeit, wenn das Pferd sich schnell fortbewegt, zum Beispiel Trab oder Galopp, oder Aktivitäten wie Wälzen, Niederlegen, Aufstehen, Headshaking und starkes Schütteln oder Kratzen.“ (29, 30)

In der Kategorie *highlyActive* wurden insgesamt 80 Bewegungen zusammengefasst. Einige Beispiele davon sind: Bewegungen, die im Liegen oder Stehen in der Box ausgeführt werden, wie schnell nach hinten oder zur Seite schauen, Headshaken oder Weben. Da Pferde den Sensor auch auf dem Paddock/Koppel oder während der Arbeit tragen können, werden von der Firma auch alle schnellen Richtungsänderungen wie sie im Trab oder Galopp vorkommen in diese Kategorie eingeteilt.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	horseName	farmName	hour	date	rest	eat	active	highlyActive
2	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 15:00	04.11.2022	0,801220138	0,109027723	0,005140416	0,084611723
3	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 16:00	04.11.2022	0,691333219	0,101130249	0,204602095	0,002934438
4	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 17:00	04.11.2022	0,234029967	0,761225922	0,002361004	0,002383107
5	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 18:00	04.11.2022	0,12298952	0,511208923	0,305400564	0,060400994
6	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 19:00	04.11.2022	0,45019392	0,275793453	0,195688715	0,078323913
7	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 20:00	04.11.2022	0,384691258	0,132782491	0,362278151	0,1202481
8	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 21:00	04.11.2022	0,234573024	0,667689618	0,007589428	9,01E-02
9	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 22:00	04.11.2022	0,557677726	0,11915288	1,50E-01	0,172852274
10	h5 Tresor	AT-Vetmeduni	04.11.2022 23:00	04.11.2022	0,57903312	0,309686845	0,01063561	0,100644425

Abb. 3: Ausschnitt der 1. Excel-Tabelle; Einteilung in *rest*, *eat*, *active* & *highlyActive*. Die angegebenen Zahlen sind prozentuelle Anteile der gesamten Aufnahmezeit in einer Zeile. Eine Zeile repräsentiert hier eine Stunde. Am Beispiel der ersten Zeile kann abgelesen werden, dass am 04.11.2022 in der Stunde von 15:00 bis 16:00 Uhr das Pferd circa 80,1 % der Zeit eine Aktivität ausgeführt hat, die in *rest* eingeordnet wurde. Weiters wurden 10,9 % in *eat*, 0,5 % in *active* und 8,5 % in *highlyActive* eingeordnet.

Genauere Daten, aus einer zweiten Excel-Tabelle, gaben auf die Sekunde genau Auskunft, ob das Pferd das Bewegungsmuster eines Headshakings ausführte oder nicht. Diese Bewegung wurde mit *standing – alert – headshake* in Excel gekennzeichnet. Ab wann der Algorithmus des Sensors die Geschwindigkeit und Beschleunigung der Kopfbewegung in diese Kategorie einordnete war nicht bekannt.

	A	B	C	D
1	name	fromTime	toTime	behaviour
2	h5 Tresor	2022-11-04 18:28:49.599700+00	2022-11-04 18:28:51.430071+00	standing-alert
3	h5 Tresor	2022-11-04 18:28:51.540367+00	2022-11-04 18:28:52.800233+00	standing-alert
4	h5 Tresor	2022-11-04 18:28:52.840169+00	2022-11-04 18:28:54.081018+00	standing-alert
5	h5 Tresor	2022-11-04 18:28:55.357204+00	2022-11-04 18:28:56.567478+00	standing-alert
6	h5 Tresor	2022-11-04 18:29:08.122618+00	2022-11-04 18:29:09.332623+00	standing-alert-headShake
7	h5 Tresor	2022-11-04 18:29:09.372545+00	2022-11-04 18:29:10.583500+00	standing-alert-headShake
8	h5 Tresor	2022-11-04 18:29:10.672849+00	2022-11-04 18:29:11.869129+00	standing-alert
9	h5 Tresor	2022-11-04 18:32:42.752959+00	2022-11-04 18:32:43.990536+00	standing-alert
10	h5 Tresor	2022-11-04 18:32:48.418128+00	2022-11-04 18:32:49.615131+00	standing-alert

Abb. 4: Ausschnitt der 2. Excel-Tabelle mit genauen Zeitangaben. Hier repräsentiert eine Zeile eine Aktivität. Am Beispiel der sechsten Zeile kann abgelesen werden, dass das Pferd am 04.11.2022 in der Zeit zwischen 18:29:08 und 18:29:09 eine Bewegung ausgeführt hat, die als Headshake eingeordnet wurde. Die Zahlen nach der Zeitangabe sind Excelspezifische Tausendstel und können vernachlässigt werden.

2.3. Auswertung der Daten

Die Videodateien wurden mit der Medienwiedergabe von Windows 11 gesichtet. Im ersten Schritt der Auswertung wurden alle Videos der Pferde durchgesehen und in einer Excel-Tabelle festgehalten, ob in einer Videosequenz, welche zehn Minuten in Echtzeit entsprach, Bewegungen des Pferdekopfes, die als Headshaking interpretiert werden konnten, beobachtet wurden. Alle Videosequenzen wurden zwei Mal gesichtet. Bei der zweiten Sichtung wurde der genaue Zeitpunkt, in dem ein Headshaking sichtbar war, notiert.

Im zweiten Schritt wurden die Daten des *Hoofstep*® – Sensors herangezogen. Die von der Firma zur Verfügung gestellten Daten wurden überarbeitet, sodass ein Vergleich mit den Videodaten möglich wurde. Die Daten des Sensors waren so aufgebaut, dass sowohl ein Anfangs- und ein Endzeitpunkt der identifizierten Bewegung aufgelistet war. Für den Vergleich mit den Videodaten wurden jedoch nur die Anfangszeiten (als Stunde, Minute und Sekunde notiert) berücksichtigt.

Beim ersten Vergleich von Video- und Sensordaten fiel auf, dass es nur sehr wenige Übereinstimmungen gab. Einerseits zeigten die Videos Kopfbewegungen, die als Headshaking interpretiert wurden, in Momenten, in denen der Sensor keine solche Bewegung aufzeichnete (falsch negatives Ergebnis, wenn die Videodaten als zuverlässigere Aufnahme angesehen werden). Andererseits wurde vom Sensor Headshaking erkannt (falsch positives Ergebnis, wenn die Videodaten als zuverlässigere Aufnahme angesehen werden), zu Zeiten, in denen aus den Videos ersichtlich ist, dass das Pferd keinerlei Bewegung durchführte. Folgend

werden Beispielbilder gezeigt, wo der Sensor einen Headshake aufgezeichnet hat, auf den Videos aber keine Kopfbewegung sichtbar ist.



Abb. 5: Beispiel 1 - Pferd ohne Headshaking

Auf Abb. 5 ist ersichtlich, dass der Kopf des Pferdes zu dieser Zeit keinerlei Bewegung macht. Hätte das Pferd eine Bewegung ausgeführt, wäre zu erwarten, dass sich der Kopf des Pferdes verschwommen darstellt. Das Pferd zeigt eine normale Kopf-Hals Haltung beim Fressen von Raufutter. Weder das Bild vor noch nach diesem Bild zeigt eine Kopfbewegung, die auf Headshaking schließen lässt. Deshalb konnte in diesem Fall keine Übereinstimmung zwischen Sensordaten und Videodaten gefunden werden und die Sensordaten wurden als falsch positiv interpretiert.



Abb. 6: Beispiel 2 – Pferd ohne Headshaking

Auf Abb. 6 sieht man ebenfalls, dass der Kopf des Pferdes nicht verschwommen ist. Die Nase des Pferdes zeigt Richtung Boden und die Ohren sind gespitzt. Hier ist wiederum nicht ersichtlich, warum der Sensor einen Headshake aufgezeichnet hat und die Sensordaten galten wieder als falsch positiv.

Folgend werden Beispiele angeführt, in denen ersichtlich ist, dass das Pferd eine Kopfbewegung macht, die Headshaking sein könnte, der Sensor aber keinen Headshake aufgezeichnet hat (falsch negatives Ergebnis).



Abb. 7: Beispiel 3 – Pferd mit Headshaking

In Abb. 7 ist zu erkennen, dass die Nase des Pferdes verschwommen ist, was auf eine Kopfbewegung schließen lässt. Weiters zeigt das Pferd eine typische Kopf-Hals-Haltung, welche im Laufe eines vertikalen Headshakes sichtbar wird. Der Kopf ist annähernd waagerecht und die Nase zeigt nach vorne und oben. Auch in den Bildern vor und nach diesem Bild kann man die Bewegung eines Headshakes erahnen. Trotzdem wurde hier vom Sensor kein Headshake aufgezeichnet.



Abb. 8: Beispiel 4 – Pferd mit Headshaking

Auf Abb. 8 ist gut ersichtlich wie verschwommen der ganze Kopf des Pferdes ist. Auch die Richtung der Nase nach vorne lässt auf einen Headshake schließen. Wiederum wurde zu diesem Zeitpunkt vom Sensor kein Headshake aufgezeichnet (falsch negatives Ergebnis).

Weiters waren neben den falsch positiven und falsch negativen Aufzeichnungen einige völlig unplausible Daten aufgefallen. Der Sensor zeichnete zum Beispiel einen Headshake auf, wenn das Pferd in Brustbauchlage lag. Da der Zeitstempel auf den Videos durch die Einträge der Visiten im TIS (Patientendatensystem der Universität) schnell als richtig erkannt werden konnte, wurde ein Synchronisationsproblem der beiden Aufzeichnungsmethoden vermutet. Aus diesem Grund wurden die Daten des Sensors zunächst jeweils eine halbe Stunde sowie eine Stunde nach vorne und zurück datiert. Das plausibelste Ergebnis wurde erreicht, wenn bei allen Zeitangaben aus dem Sensor eine Stunde dazugerechnet wurde.

Im dritten Schritt wurden die Daten der Videos sowie die angepassten Daten des Sensors in einer Excel-Tabelle gegenübergestellt (Abb. 8). Wie in Kapitel 2.2.1. beschrieben, wurden von der Kamera Bilder in einem Zeitabstand zwischen zwei und vier Sekunden aufgezeichnet. Aus

diesem Grund konnte oftmals nicht nachvollzogen werden, ob Sensor und Videos übereinstimmten, weil die Videodateien immer einige Sekunden nichts aufzeichneten. Deswegen wurden bei der Gegenüberstellung der Daten eine Toleranz von plus und minus fünf Sekunden eingehalten.

Im letzten Schritt wurden noch bei allen Sensordaten, die keine Übereinstimmung hatten, einzeln überprüft, ob auf den Videos zu dieser Zeit eine Kopfbewegung sichtbar war und diese bei der ersten Sichtung der Videos übersehen wurde.

	A	B
1	07.11.	
2	Video	Sensor + 1
3	00:00:34	x
4	x	00:14:41
5	00:17:02	00:17:01
6	x	00:46:40
7	00:47:43	00:47:41
8	00:57:56	x
9	00:58:10	x
10	x	01:24:52
11	01:25:55	01:25:55
12	x	01:34:47
13	x	01:34:54
14	02:02:57	x
15	x	02:03:02
16		02:03:10
17	02:03:12	02:03:11
18	x	02:03:19
19	x	02:03:24
20	02:03:48	x
21	x	03:32:59
22	03:33:49	03:33:49

Abb. 9: Ausschnitt der Exceltabelle mit Gegenüberstellung der Sensor- und Videodaten. In dieser Auswertung handelt es sich um die Daten des 07.11.2022. In der linken Spalte (A) wurden die Zeitcodes eingetragen, wann ein Headshake mit der Kamera gesichtet werden konnte. In der rechten Spalte (B) wurden die Aufzeichnungen des Sensors eingetragen. „x“ bedeutet, dass hier kein Headshake in der Videosequenz gesichtet werden konnte oder der Sensor keinen Headshake aufgezeichnet hat. Grün gekennzeichnet sind die Übereinstimmungen von Sensor- und Videodaten.

Nach Sichtung aller Sensor- und Videodaten, wurden folgende Auswertungen durchgeführt:

2.3.1. Auswertung 1: Prozent der Videos mit Headshaking pro Tag

Die Auswertung der Videodaten wurde für alle drei Pferde durchgeführt, hier wurde gänzlich auf Sensordaten verzichtet. Wie in Kapitel 2.2.1. beschrieben, hatten die auszuwertenden Videos eine Länge von circa zwei Minuten und enthielten dabei circa zehn Minuten

Bildmaterial. Wenn die Videoaufzeichnungen für einen Tag vollständig waren, hatte man somit 144 Videos. Waren die Videoaufzeichnungen unvollständig, gab es dementsprechend weniger Videos.

Bei dieser Auswertung wurden zunächst alle Videosequenzen markiert, in welchen mindestens ein oder mehr Headshakes sichtbar waren. Pro Tag wurde dann die Anzahl der Videos mit Headshaking durch die Gesamtzahl der Videos von diesem Tag dividiert. Somit bekam man einen Prozentsatz, wie viele Videos pro Tag mindestens einen Headshake enthielten.

2.3.2. Auswertung 2: Sensordaten ohne Beweis wurden als falsch gewertet

Diese sowie die folgenden Auswertungen (Auswertung 3, 4 & 5), wurden nur mit den Daten von Pferd B durchgeführt. Von diesem Pferd wurden die Aufnahmen von insgesamt sieben Tagen ausgewertet. Da die Sensordaten an einem Tag nur bis 08:35 Uhr reichten, wurden in Auswertung 2 bis 5 nur die sechs vollständigen Tage bei den Ergebnissen berücksichtigt.

Es wurde damit begonnen, die Anzahl der Headshakes, welche durch die Videosequenzen gesichtet wurden, und die Anzahl aller aufgezeichneten Headshakes des Sensors zu notieren. Weiters wurde die Anzahl aller Übereinstimmungen in die Tabelle eingetragen.

Bei der Auswertung dieser Ergebnisse wurde bemerkt, dass der Sensor in einigen Fällen einen Headshake aufgezeichnet hatte, es in diesen Zeiträumen aber keine Videosequenzen gab, um diese Sensordaten zu verifizieren. Der Grund, warum es keine Videosequenzen gab, war jener, dass das Pferd unter anderem für die Therapie oder Spaziergänge die Box verlassen hatte. In den Zeiträumen, in denen keine Videodaten gesichtet werden konnten, konnte also nicht nachvollzogen werden, ob die Daten des Sensors korrekt waren.

43	x	09:52:45
44	09:54:20	
45	nicht in Box	09:59:20
46	nicht in Box	10:01:33
47	nicht in Box	10:11:51
48	nicht in Box	10:12:04
49	nicht in Box	10:18:33
50	nicht in Box	10:38:00
51	nicht in Box	10:41:24
52	nicht in Box	10:41:43
53	nicht in Box	10:42:34
54	nicht in Box	10:42:35
55	nicht in Box	10:47:26
56	nicht in Box	10:48:47
57	nicht in Box	11:40:11
58	nicht in Box	11:40:12
59	nicht in Box	11:40:28
60	nicht in Box	11:40:29
61	x	12:45:26
62	12:49:53	12:49:51

Abb. 10: Ausschnitt der Exceltabelle mit Gegenüberstellung von Sensor- und Videodaten vom 06.11.2022. In der linken Spalte wurden die Zeitcodes eingetragen, wann auf den Videos ein Headshake zu sehen war, in der rechten Spalte wurden die vom Sensor aufgezeichneten Headshakes eingetragen. Gelb markiert wurde hier, wo keine Verifizierung der Sensordaten stattfinden konnte, weil das Pferd nicht in der Box war.

Um einen Überblick zu bekommen, um welchen Zeitraum es sich dabei pro Tag handelt wurden die Tagesberichte der Firma der Kamera (Acaris®) herangezogen. Diese Tagesberichte enthielten Informationen darüber, wieviel Zeit das Pferd mit verschiedenen Tätigkeiten verbrachte und wie oft die Box leer war. Die genaue Einteilung lautet wie folgt: Raufutter fressen, Kraftfutter fressen, Liegen, Trinken, Stehen, Box leer und Bewegen.

TAGESREPORT

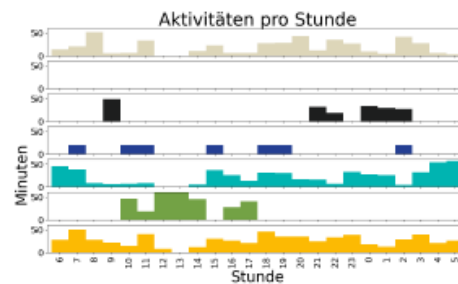
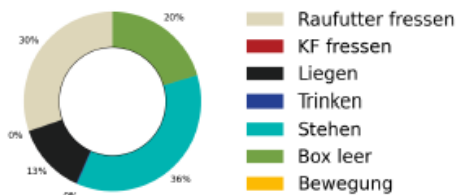


I1rot tresor | 2022-11-11

I1rot tresor war gestern 19 Stunden und 26 Minuten in der Box.
I1rot tresor lag insgesamt 3 Stunden und 10 Minuten.

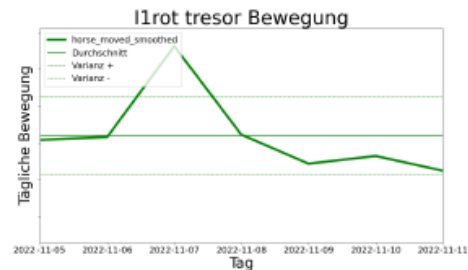
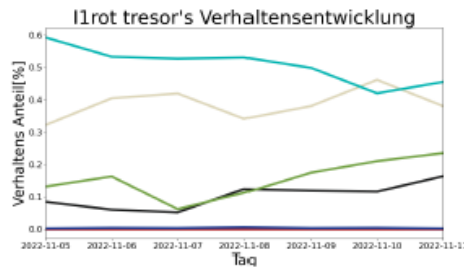
Zusammenfassung des Tages

Das hat I1rot tresor heute gemacht:



Vergleich zur letzten Woche

Wie hat sich I1rot tresor im Vergleich zur letzten Woche verhalten?



	2022-11-06	2022-11-07	2022-11-08	2022-11-09	2022-11-10	2022-11-11
Raufutter fressen	08:20	09:28	07:21	07:46	09:08	07:23
KF fressen	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00	00:00
Liegen	01:13	01:09	02:39	02:25	02:17	03:10
Trinken	00:04	00:04	00:07	00:03	00:04	00:02
Stehen	10:59	11:54	11:26	10:10	08:19	08:50
Box leer	03:21	01:23	02:25	03:33	04:09	04:33

Hier können Sie das heutige Verhalten Ihres Pferdes mit dem Verhalten der letzten Tage vergleichen.

I1rot tresor | 2022-11-11

Abb. 11: Tagesbericht von Acaris® vom 11.11.2022. „Box leer“ im Kreis und Balkendiagramm in grün dargestellt. Zeiträume, wie lange die Box leer war, in der letzten Zeile ersichtlich.

Aus diesen Berichten konnte schließlich herausgelesen werden, wie oft und wie lange das Pferd die Box verlassen hatte und somit die Kamera keine Videodaten über die Kopfbewegungen des Pferdes aufzeichnen konnte. Die Dauer, wie in Abb. 10 ersichtlich, wo das Pferd die Box verlassen hatte, war täglich circa zwischen eineinhalb und viereinhalb Stunden.

Nachdem abgeschätzt werden konnte, um welchen Zeitraum es sich handelt, dass die Sensordaten nicht verifiziert werden können, wurde entschieden, neben dieser Auswertung 2 noch zwei weitere zu machen, um alle Eventualitäten zu berücksichtigen.

In der Auswertung 2 wurde schließlich die Annahme getätigt, dass in den Zeiträumen, in denen es keinen Videobeweis gab, der Sensor falsch lag. Das heißt, bei allen Sensoraufzeichnungen ohne Videobeweis gab es keine Übereinstimmung.

2.3.3. Auswertung 3: Sensordaten ohne Beweis wurden als richtig gewertet

Wie in Kapitel 2.1. bereits beschrieben, war bekannt, dass Pferd B vor allem außerhalb der Box Headshaking zeigte. Deshalb wurde in dieser Auswertung davon ausgegangen, dass die Sensordaten, die einen Headshake aufgezeichnet hatten, wenn das Pferd nicht in der Box war, richtig waren, das Pferd also einen Headshake ausgeführt hatte. Somit wurden alle Sensordaten, die keinen Videobeweis hatten, als Übereinstimmung gewertet.

Begonnen wurde hier wieder damit, die Anzahl der gesichteten Headshakes aus den Videosequenzen und die Anzahl der aufgezeichneten Headshakes durch den Sensor zu notieren. Wie in Auswertung 2 wurden alle grün gekennzeichneten Übereinstimmungen (siehe Abb. 8) gezählt und notiert. Zusätzlich wurden alle gelb markierten Sensordaten (siehe Abb. 9), also jene, die keinen Videobeweis hatten, als Übereinstimmung gewertet und zu diesen dazugezählt. Ebenso wurde die Anzahl der mit der Kamera gesichteten Headshakes um diese Zahl erweitert.

2.3.4. Auswertung 4: Sensordaten ohne Beweis wurden exkludiert

In der nächsten Auswertung wurden die Sensordaten in den Zeiträumen, wo keine Videos vorhanden waren und somit keine Übereinstimmungen zwischen Sensordaten und Video verifiziert werden konnten, exkludiert.

Zuerst wurden wie in den vorangegangenen Auswertungen die Anzahl aller Headshakes, die per Video gesichtet werden konnten, notiert. Im zweiten Schritt wurden alle Sensordaten, die keinen Videobeweis hatten (in Abb. 9 gelb markiert), von der Gesamtanzahl der Sensordaten

subtrahiert und das Ergebnis notiert. Im letzten Schritt wurden alle grün markierten Übereinstimmungen gezählt und in die Tabelle eingetragen.

2.3.5. Auswertung 5: Falsch negative und falsch positive Episoden des Sensors

In der letzten Auswertung wurde davon ausgegangen, dass die Headshakes im Video korrekt sind und der Sensor falsch liegt. Es wurden zuerst die falsch positiven Episoden, also jene Aufzeichnungen, wo der Sensor einen Headshake aufgezeichnet hat, am Video aber keiner zu sehen ist, ermittelt. Im nächsten Schritt wurden die falsch negativen, jene Aufzeichnungen, wo laut Sensor kein Headshake war aber am Video einer gesichtet wurde, gezählt. Diese Zahlen wurden schließlich mit den Übereinstimmungen gegenübergestellt. Diese Auswertung wurde wiederum nur für Pferd B durchgeführt.

2.4. Synchronisationsversuch

2.4.1. Aufbau des Versuchs

Um den Fehler der Synchronisation zwischen Kamera und Sensor weiter einzugrenzen und zu validieren, wurde der folgend beschriebene Versuch durchgeführt. Für die Aufzeichnung des Headshaking bei den drei Pferden standen drei verschiedene Sensoren der gleichen Marke zur Verfügung. Da diese zufällig verwendet wurden und nicht nachvollzogen werden konnte welcher Sensor im Einsatz war, wurden für den Synchronisationsversuch die drei Sensoren zusammengeklebt, um zu überprüfen, ob jeder der Sensoren das Gleiche aufzeichnete. Anschließend wurde eine freie Box der Intensive Care Unit des Klinischen Zentrums für Pferde für den Versuch ausgewählt. Es wurden zehn Bewegungen definiert, die mit den Sensoren durchgeführt werden sollten. Die Bewegungen wurde so gewählt, dass sowohl großrahmige, eher langsame Bewegung inkludiert wurden, um eher langsame Bewegungen des Pferds zu imitieren (Pferd geht ruhig in der Box zur Futterraufe oder Tränke), und solche, die kurzzeitig waren und schnelle, kurze Bewegungen des Pferds imitieren sollten (Headshaking, Weben etc.). Die Bewegungen wurden jeweils zwei Minuten lang durchgeführt, zwischen den Bewegungen war jeweils eine zweiminütige Pause, in welcher die zusammengeklebten Sensoren ohne Bewegung am Boden der Box lagen. Der Versuch wurde drei Mal durchgeführt, zwischen dem ersten und dem zweiten Durchgang waren 20 Minuten Pause, von 10:38 Uhr bis 10:58 Uhr. Zwischen dem zweiten und dem dritten Durchgang waren lediglich vier Minuten Pause, von 11:36 Uhr bis 11:40 Uhr.

Die Bewegungen wurden wie folgt definiert und durchgeführt:

- Bewegung 1: Gehen, diagonal von einer Boxenecke in die diagonal gegenüberliegende Ecke (Umfang der Bewegung ca. 2m horizontal)
- Bewegung 2: Gehen, im Kreis der als Durchmesser die Boxenbreite hat (Kreisbewegung Radius ca. 2m)
- Bewegung 3: Liegen – Sensoren wurden in der Mitte der Box auf den Boden gelegt
- Bewegung 4: Fressen – Arm wurde ausgestreckt, zunächst in die Nähe des Bodens gehalten und anschließend in die Höhe gestreckt und wiederholt (Bewegungsumfang ca. 1,80 m vertikal)
- Bewegung 5: der Arm wurde im Ellbogen angewinkelt, der Unterarm horizontal bewegt (Bewegungsumfang horizontal ca. 40 cm)
- Bewegung 6: der Arm wurde im Ellbogen angewinkelt, der Unterarm vertikal bewegt (Bewegungsumfang vertikal ca. 40 cm)
- Bewegung 7: die Hand wurde im Handgelenk gedreht (Bewegungsumfang Rotation mit Radius ca. 15 cm)
- Bewegung 8: die Hand wurde im Handgelenk gewinkelt, auf und ab bewegt (Bewegungsumfang vertikal ca. 15 cm)
- Bewegung 9: der gesamte Arm wurde gestreckt und vertikal in der Schulter schwingend bewegt (Bewegungsumfang Halbkreis von ca. 70 cm Radius)
- Bewegung 10: die Hand wurde im Handgelenk gedreht (gleich wie Bewegung 7), die Bewegung erfolgte 15 Sekunden lang, darauf folgte eine 15-sekündige Pause, danach wurde die Hand wieder gedreht, bis das zweiminütige Intervall vorbei war

Wie im ersten Absatz schon erwähnt, wurde der Versuch drei Mal durchgeführt. Um zu sehen, wie gut der Sensor manche Bewegungen unterscheiden kann, wurden die Bewegungen bei jedem Durchgang in einer anderen Reihenfolge durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind die Durchgänge und Bewegungen sowie deren Beginnzeiten ersichtlich.

Tab. 4: Aufbau des Synchronisationsversuchs. In der ersten Spalte ist die Bewegungsreihenfolge des ersten Durchgangs, in der zweiten Spalte die Reihenfolge des zweiten Durchgangs und in der dritten Spalte die Reihenfolge des dritten Durchgangs beschrieben. Neben jeder Bewegung steht in Klammern gesetzt die Zeit, wann der Beginn der Bewegung stattgefunden hat.

Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3
Bewegung 1 (10:00 Uhr)	Bewegung 2 (10:58 Uhr)	Bewegung 7 (11:40 Uhr)
Bewegung 2 (10:04 Uhr)	Bewegung 9 (11:02 Uhr)	Bewegung 1 (11:44 Uhr)
Bewegung 3 (10:08 Uhr)	Bewegung 4 (11:06 Uhr)	Bewegung 10 (11:48 Uhr)
Bewegung 4 (10:12 Uhr)	Bewegung 3 (11:10 Uhr)	Bewegung 4 (11:52 Uhr)
Bewegung 5 (10:16 Uhr)	Bewegung 1 (11:14 Uhr)	Bewegung 8 (11:56 Uhr)
Bewegung 6 (10:20 Uhr)	Bewegung 5 (11:18 Uhr)	Bewegung 5 (12:00 Uhr)
Bewegung 7 (10:24 Uhr)	Bewegung 7 (11:22 Uhr)	Bewegung 2 (12:04 Uhr)
Bewegung 8 (10:28 Uhr)	Bewegung 10 (11:26 Uhr)	Bewegung 9 (12:08 Uhr)
Bewegung 9 (10:32 Uhr)	Bewegung 6 (11:30 Uhr)	Bewegung 3 (12:12 Uhr)
Bewegung 10 (10:36 Uhr)	Bewegung 8 (11:34 Uhr)	Bewegung 6 (12:16 Uhr)

2.4.2. Auswertung

Im ersten Schritt der Auswertung wurde mit der Überprüfung der Videos begonnen. Es wurden die Beginnzeiten der Durchgänge sowie die einzelnen Bewegungen überprüft, ob diese aus den Videos ersichtlich sind. Nach der Beurteilung der Videos wurden die Tabelle und die Videos mit den Sensordaten verglichen. Da zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt war, welche der Bewegungen des Versuchs als Headshaking aufgezeichnet wurde, wurde mit Bewegung drei, also dem Liegen des Sensors auf dem Boden, begonnen. Da die zweiminütigen Intervalle schwer zu unterscheiden waren, wurde im nächsten Schritt versucht, die 20-minütige Pause zwischen dem ersten und zweiten Durchgang zu identifizieren. Gleichzeitig wurde ausgezählt, viele Headshakes pro Durchgang aufgezeichnet wurden.

3. Ergebnisse

Eine Auswertung aller vorhandenen Daten fand nur für das Pferd B statt. Von Pferd A und C wurden lediglich die Videos ausgewertet, ein Vergleich mit dem Sensor wurde auf Grund der schlechten Übereinstimmung der Aufnahmen nicht mehr durchgeführt.

3.1. Pferd B

3.1.1. Auswertung 1: Prozent der Videos mit Headshaking pro Tag

Es wurden hier alle Tage, auch jene, die keine vollständigen Videodaten hatten, herangezogen. Der Grund, warum am 11.11.2022 nur 52 statt 144 Videos vorhanden waren, ist jener, dass die Kamera erst ab circa 08:35 Uhr aufgezeichnet hat.

Tab. 5: Übersicht der 1. Auswertung von Pferd B - Prozent der Videos mit Headshaking pro Tag

	05.11. 2022	06.11. 2022	07.11. 2022	08.11. 2022	09.11. 2022	10.11. 2022	11.11. 2022
Videos mit mind. einem Headshake	28	44	38	43	46	47	23
Videos gesamt	144	144	144	144	144	144	52
Prozent Videos mit Headshake	19 %	31 %	26 %	30 %	32 %	33 %	44 %

Durchschnittlich liegt der Prozentsatz der Videos, in denen mindestens ein Headshake gesehen werden konnte, bei 30,71 %. Es fällt auf, dass der Prozentsatz über alle Tage annähernd gleichbleibt. Dieses Pferd wurde im Laufe dieser sieben Tage wegen Headshaking therapiert. Durch die Therapie würde man erwarten, dass der Prozentsatz der Videos mit Headshaking weniger wird. Wider Erwarten steigt der Prozentsatz am letzten Tag sogar im Vergleich zu allen anderen Tagen an.

3.1.2. Auswertung 2: Sensordaten ohne Beweis wurden als falsch gewertet

Folgende Ergebnisse wurden in dieser Auswertung erhoben.

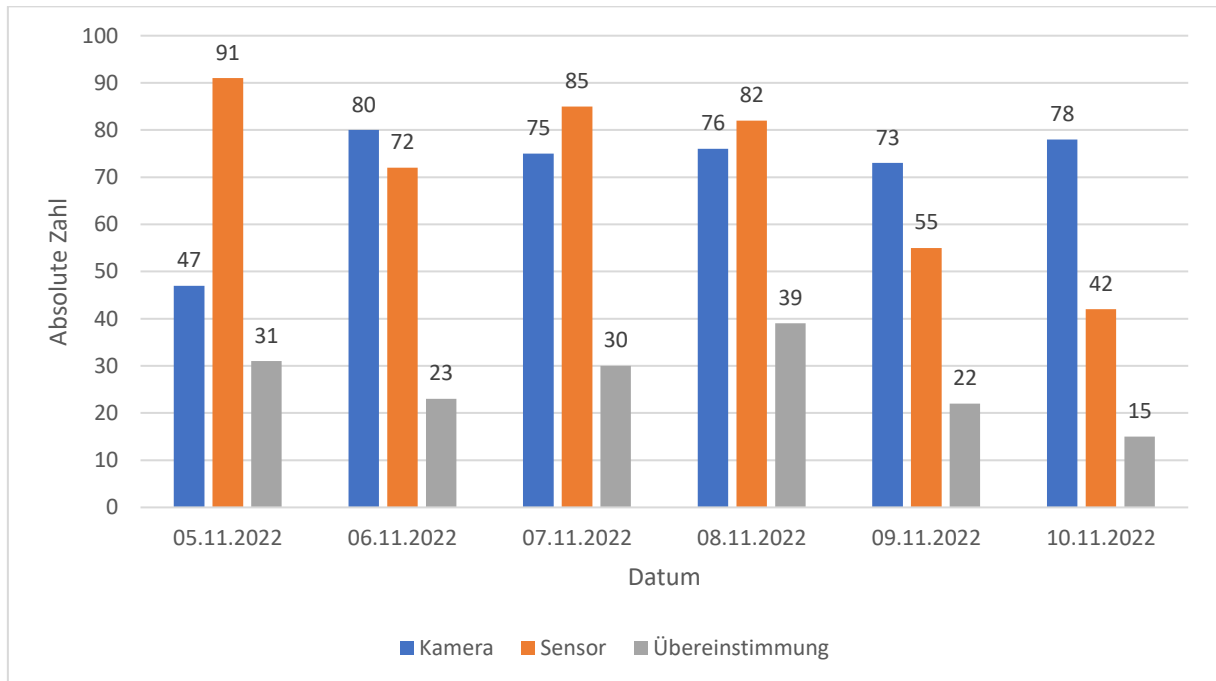


Abb. 12: Übersicht der 2. Auswertung von Pferd B – Sensordaten ohne Videobeweis wurden als falsch gewertet; Die blaue Säule repräsentiert die Zahlen, wie oft ein Headshake mit der Kamera gesehen wurde. Die orange Säule zeigt die Zahlen, wie oft ein Headshake vom Sensor aufgezeichnet wurde und die graue Säule zeigt die Zahlen, wie oft die Zeitangabe bei einem aufgezeichneten Headshake der Kamera und des Sensors übereinstimmten.

Die Auswertung der Videos zeigte, dass im Durchschnitt pro Tag 71,5 Mal Headshaking erkannt werden konnte. Bei den Sensordaten liegt der Durchschnitt pro Tag bei 71,16 Mal. Die durchschnittliche Übereinstimmung der beiden Daten liegt bei 26,67 Mal.

Insgesamt wurden in diesem Zeitraum von sechs Tagen 429 Mal ein Headshake mit der Kamera erkannt. Der Sensor zeichnete in dieser Zeit 427 Headshaking-Bewegungen auf. Die totale Zahl der Headshakes, welche mit der Kamera erkannt wurden, und die totale Zahl der Headshakes, welche mit dem Sensor erkannt wurden sind somit nahezu ident, die Episoden sind jedoch kaum übereinstimmend.

3.1.3. Auswertung 3: Sensordaten ohne Beweis wurden als richtig gewertet
Folgende Zahlen wurden dabei erhoben.

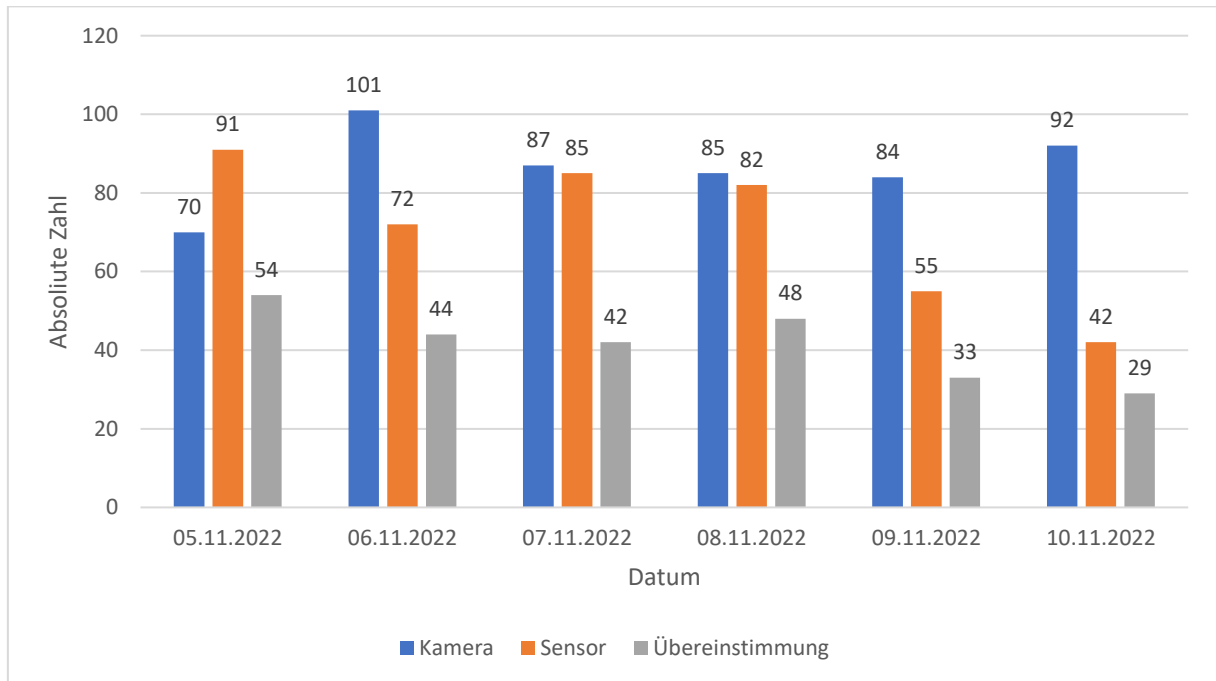


Abb. 13: Übersicht der 3. Auswertung von Pferd B – Sensordaten ohne Videobeweis wurden als richtig gewertet; Die Blaue Säule zeigt die Headshakes pro Tag, welche von der Kamera aufgezeichnet wurden, die orange Säule zeigt die Headshakes pro Tag, welche mit dem Sensor aufgezeichnet wurden und die graue Säule zeigt die Übereinstimmungen der Zeitcodes jeweils von Kamera und Sensor aufgezeichneter Headshakes.

In dieser Auswertung wird deutlich, dass die Anzahl der Sensor- und Videodaten öfter annähernd gleich ist. Im Durchschnitt gab es bei den Videodaten pro Tag 86,5 Mal und bei den Sensordaten 71,16 Mal Headshaking. Die Übereinstimmung liegt durchschnittlich bei 41,66 Mal. Die Schwankungsbreite der Headshakes, die mit der Kamera gesichtet wurden, ist deutlich geringer als die des Sensors.

3.1.4. Auswertung 4: Sensordaten ohne Beweis wurden exkludiert

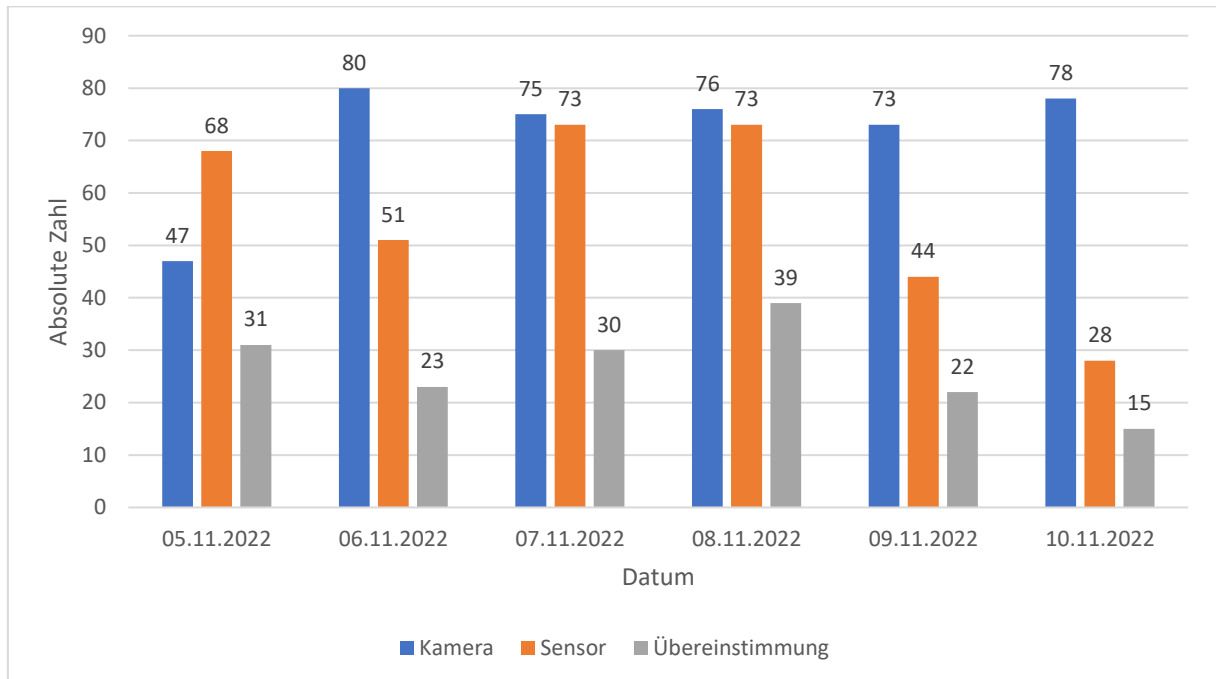


Abb. 14: Übersicht der 4. Auswertung von Pferd B – Sensordaten ohne Beweis wurden exkludiert; Die blaue Säule repräsentiert die Zahlen, wie oft ein Headshake mit der Kamera gesehen wurde. Die orange Säule zeigt die Zahlen, wie oft ein Headshake vom Sensor aufgezeichnet wurde und die graue Säule zeigt die Zahlen, wie oft die Zeitangabe bei einem aufgezeichneten Headshake der Kamera und des Sensors übereinstimmte

In dieser Auswertung ist ersichtlich, dass obwohl am 07.11.2022 und am 08.11.2022 die Zahlen von Videodaten und Sensordaten nahezu gleich sind, die Übereinstimmung dennoch sehr gering ist. Am stärksten fällt auch der letzte Tag (10.11.2022) auf, an dem in der Kamera 50 Headshakes mehr zu sehen waren als der Sensor aufgezeichnet hatte. Durchschnittlich wurde in dieser Auswertung pro Tag 71,5 Mal Headshaking in den Videos gesehen. Der Sensor hat pro Tag durchschnittlich 56,16 Mal Headshaking aufgezeichnet und die Übereinstimmung liegt im Durchschnitt bei 26,67 Mal.

3.1.5. Auswertung 5: Falsch negative und falsch positive Episoden des Sensors

Tab. 6: Auswertung der falsch positiven und falsch negativen Episoden des Sensors im Vergleich zu den Übereinstimmungen.

Datum	05.11. 2022	06.11. 2022	07.11. 2022	08.11. 2022	09.11. 2022	10.11. 2022
Falsch positive	38	30	43	32	21	13
Falsch negative	26	63	53	46	56	69
Übereinstimmung	31	23	30	39	22	15

3.2. Pferd A

Wie in der Einleitung des 3. Kapitels schon erwähnt, wurde bei diesem Pferd lediglich Auswertung 1 (% pro Tag der Videos mit Headshaking) durchgeführt. Es wurden insgesamt acht Tage von diesem Pferd ausgewertet.

Tab. 7: Übersicht der 1. Auswertung von Pferd A

Datum	03.10. 2022	04.10. 2022	05.10. 2022	06.10. 2022	07.10. 2022	08.10. 2022	09.10. 2022	10.10. 2022
Videos mit Headshaking	46	46	39	48	39	42	39	17
Videos gesamt	63	144	144	144	144	144	144	144
Prozent	73 %	32 %	27 %	33 %	27 %	29 %	27 %	12 %

Bei diesem Pferd liegt der durchschnittliche Prozentsatz an Videos mit Headshaking bei 32,5 %. Dieses Pferd wurde gleich wie Pferd B im Laufe dieser acht Tage aufgrund der Headshaking-Symptomatik therapiert. Hier kann man erkennen, dass, wie man erwarten würde, der Prozentsatz von Videos mit Headshaking im Laufe der Aufzeichnungen weniger wird. Ein progressiv niedriger werdender Prozentsatz und damit eine Besserung der Symptome ist dennoch nicht zu sehen.

3.3. Pferd C

Bei diesem Pferd wurde, wie bei Pferd A, nur Auswertung 1 durchgeführt. Hier ist auffällig, dass nur einer der ausgewerteten Tage vollständig ist. Die Gründe, warum die Kamera bei

diesem Pferd in vielen Fällen keine Videos aufzeichnete, sind nicht bekannt und es wird von einem technischen Problem bei der Internetverbindung im Stall ausgegangen.

Tab. 8: Übersicht der 1. Auswertung von Pferd C

Datum	06.12.2022	07.12.2022	08.12.2022	09.12.2022	10.12.2022
Videos mit Headshake	36	36	20	24	6
Videos gesamt	74	144	80	82	61
Prozent	49 %	25 %	25 %	29 %	10 %

Hier liegt der Prozentsatz von Videos mit Headshaking durchschnittlich bei 27,6 %. Dieses Pferd wurde nicht wegen Headshaking therapiert, trotzdem ist der Prozentsatz der Videos mit Headshaking am Beginn der Sensor- und Videoaufzeichnung höher als am Ende.

3.4. Synchronisationsversuch

Die alleinige Auswertung der Videos ergab, dass die Aufzeichnungen der Tabelle, welche die Bewegungen und die Beginnzeiten enthält, mit den Videos übereinstimmen und die verschiedenen Bewegungen eindeutig ersichtlich waren. Durch den menschlichen Fehler beim Stoppen der Zeit wurden die zweiminütigen Intervalle nicht immer eingehalten. Deswegen konnte am Ende des ersten Durchgangs eine Zeitverschiebung von etwa 25 Sekunden festgestellt werden. Laut Tabelle sollte die letzte Bewegung des ersten Durchgangs um 10:38:00 Uhr zu Ende sein, laut Video war die Bewegung erst 10:38:25 Uhr zu Ende. Der Beginn des zweiten Durchgangs erfolgte wieder exakt zu der Zeit wie in der Tabelle ersichtlich. Am Ende gab es hier eine Verschiebung um 38 Sekunden.

Im nächsten Schritt wurde versucht, die 20-minütige Pause zwischen dem ersten und dem zweiten Durchgang des Versuchs als Anhaltspunkt in den aufgezeichneten Daten der drei Sensoren zu finden. In dieser Zeit lagen die drei zusammengeklebten Sensoren am Boden in der Mitte der Box. Es konnte, im Gegensatz zu allen Erwartungen, keine einheitliche Aufzeichnung der drei Sensoren gefunden werden. In der folgenden Abbildung ist ersichtlich, dass vom ersten Sensor in dieser Zeit sieben verschiedene Verhaltensmuster aufgezeichnet wurden. Der zweite Sensor hat in dieser Zeitspanne fünf verschiedene Bewegungen aufgezeichnet. Bei Sensor 3 waren es wiederum sieben verschiedene Verhaltensmuster, unter

anderem wurden hier zwei Headshakes aufgezeichnet. Folgend wird ein Beispiel der Aufzeichnungen von einem der drei Sensoren eingefügt.

	A	B	C	D	E	F
1	name	Date	Time	to	Time	behaviour
2	H 14	17.01.2024	10:38:24.638635	17.01.2024	10:38:25.007957	layingOnSide-rest
3	H 14	17.01.2024	10:38:25.024494	17.01.2024	10:38:25.393816	layingOnSide-rest
4	H 14	17.01.2024	10:38:25.410353	17.01.2024	10:38:29.211988	layingOnSide-rest
5	H 14	17.01.2024	10:38:29.227612	17.01.2024	10:38:29.581244	laying-rest
6	H 14	17.01.2024	10:38:29.597249	17.01.2024	10:38:29.934495	laying-rest
7	H 14	17.01.2024	10:38:29.934495	17.01.2024	10:38:30.291936	laying-rest
8	H 14	17.01.2024	10:38:30.307942	17.01.2024	10:38:30.661574	laying-rest
9	H 14	17.01.2024	10:38:30.677198	17.01.2024	10:38:34.803261	laying-rest
10	H 14	17.01.2024	10:38:34.820478	17.01.2024	10:38:35.196365	laying-rest
11	H 14	17.01.2024	10:38:35.196365	17.01.2024	10:38:35.576352	laying-sleep
12	H 14	17.01.2024	10:38:35.593569	17.01.2024	10:42:34.623999	laying-sleep
13	H 14	17.01.2024	10:42:34.623999	17.01.2024	10:42:36.291999	laying-sleep
14	H 14	17.01.2024	10:42:36.291999	17.01.2024	10:42:37.199000	laying-sleep
15	H 14	17.01.2024	10:42:37.240000	17.01.2024	10:42:38.116000	standing-defecation
16	H 14	17.01.2024	10:42:38.156999	17.01.2024	10:47:19.649000	standing-defecation
17	H 14	17.01.2024	10:47:19.649000	17.01.2024	10:47:19.649000	laying-sleep
18	H 14	17.01.2024	10:47:19.649000	17.01.2024	10:47:19.649000	laying-sleep
19	H 14	17.01.2024	10:47:19.649000	17.01.2024	10:47:19.649000	standing-defecation
20	H 14	17.01.2024	10:47:19.649000	17.01.2024	10:52:46.668000	standing-defecation
21	H 14	17.01.2024	10:52:46.708999	17.01.2024	10:52:47.543000	standing-defecation
22	H 14	17.01.2024	10:52:47.543000	17.01.2024	10:52:48.419000	laying-sleep
23	H 14	17.01.2024	10:52:48.460000	17.01.2024	10:52:49.336000	laying-sleep
24	H 14	17.01.2024	10:52:49.376999	17.01.2024	10:52:52.518999	laying-sleep
25	H 14	17.01.2024	10:52:52.560999	17.01.2024	10:52:54.228000	standing-defecation
26	H 14	17.01.2024	10:52:54.228000	17.01.2024	10:52:55.103999	standing-defecation
27	H 14	17.01.2024	10:52:55.145000	17.01.2024	10:52:56.021000	laying-sleep
28	H 14	17.01.2024	10:52:56.063000	17.01.2024	10:56:50.960000	standing-alert-eat
29	H 14	17.01.2024	10:56:51.001999	17.01.2024	10:56:52.669000	standing-alert-eat
30	H 14	17.01.2024	10:56:52.669000	17.01.2024	10:56:53.503000	standing-alert-eat
31	H 14	17.01.2024	10:56:53.544999	17.01.2024	10:56:54.419999	standing-alert-drink
32	H 14	17.01.2024	10:56:54.462000	17.01.2024	10:56:55.337999	rolling
33	H 14	17.01.2024	10:56:55.379000	17.01.2024	11:02:16.222000	rolling
34	H 14	17.01.2024	11:02:16.222000	17.01.2024	11:02:17.056000	rolling
35	H 14	17.01.2024	11:02:17.097999	17.01.2024	11:02:18.024999	rolling
36	H 14	17.01.2024	11:02:18.067000	17.01.2024	11:02:19.097999	laying-sleep
37	H 14	17.01.2024	11:02:19.097999	17.01.2024	11:02:20.026000	rolling
38	H 14	17.01.2024	11:02:20.067999	17.01.2024	11:02:21.016000	rolling
39	H 14	17.01.2024	11:02:21.016000	17.01.2024	11:02:22.353088	rolling

Abb. 15: Ausschnitt aus der Excel-Tabelle der Sensordaten des Versuchs. Gelb gekennzeichnet ist die Zeitspanne, in welcher der Sensor am Boden in der Mitte der Box lag. In Spalte E sind die verschiedenen von Sensor 1 aufgezeichneten Verhaltensmuster ersichtlich.

Weiters wurde die Vergleichbarkeit der einzelnen Sensoren im Hinblick auf die Aufzeichnungen von Headshakes ausgewertet. Folgend zeigt eine Tabelle die Auswertung, wie viele Headshakes von den jeweiligen Sensoren in den jeweiligen Durchgängen aufgezeichnet wurden.

Tab. 9: Anzahl der als Headshakes erkannten und aufgezeichneten Episoden pro Durchgang und Sensor

	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3
Sensor 1	0 Headshakes	29 Headshakes	43 Headshakes
Sensor 2	1 Headshake	33 Headshakes	46 Headshakes
Sensor 3	2 Headshakes	33 Headshakes	91 Headshakes

Insgesamt wurde in der Zeit des Versuchs, also von 10:00 Uhr bis circa 12:18 Uhr, von allen drei Sensoren gemeinsam 52 verschiedene Bewegungsmuster aufgezeichnet.

4. Diskussion

In dieser Arbeit sollte die klinische Einsetzbarkeit eines kommerziell erhältlichen Bewegungssensors, welcher laut Herstellerangaben Kopfbewegungen von Headshaking erkennen und aufzeichnen kann, beurteilt werden, in dem diese Daten mit Videos verglichen wurden. Eine erste Schwierigkeit, die bei der Auswertung der Videos erkannt wurde, war die Tatsache, dass die Videos aus Einzelbildern bestanden, die in einem Abstand von zwei bis vier Sekunden ablaufen. Aus diesem Grund wurde, wie schon in Kapitel 2.3. beschrieben, bei der Auswertung ein Bereich von plus und minus fünf Sekunden eingehalten, um einen gewissen Fehler durch das Nicht-Sehen der Bilder auszugleichen. Trotz dieser Toleranz konnte keine ausreichende Übereinstimmung der Videodaten und der Sensordaten gefunden werden, die es rechtfertigen würde, weder das Headshaking anhand der Sensordaten zu diagnostizieren noch eine Reduktion der Frequenz des Headshaking unter Therapie zu beurteilen. Eine Kamera, welche einen durchgehenden Film aufnimmt, wäre für eine präzise Analyse sicher besser geeignet als die Kamera, die in unserer Studie verwendet wurde. Zu diesem Zeitpunkt standen jedoch nur die schon vorinstallierten Kameras der Firma Acaris® zur Verfügung. Durch die Einzelbilder war die Differenzierung zwischen Kopfbewegung durch Headshaking und schneller Kopfbewegung durch andere Ursachen schwierig. Durch ein verschwommenes Bild des Kopfes konnte nur erahnt werden, wie sich der Kopf bewegte. Vorallem Kopfbewegungen, bei denen der Kopf waagrecht gehalten wurde oder die in der Bildreihenfolge wie vertikales Headshaken aussahen wurden als positiv gewertet.

Als weitaus größere Schwierigkeit stellte sich bei der ersten Sichtung der Videos und Sensordaten heraus, dass es einen Synchronisationsfehler von Video und Sensordaten geben muss. Zeichnete der Sensor zum Beispiel *standing – alert – headshake* auf, also dass das Pferd steht und einen Headshake ausführte, konnte man auf den Videos sehen, dass das Pferd in Brustbauchlage lag. Wie in Kapitel 2.3. beschrieben, wurden die Sensordaten schließlich eine Stunde nach vorne datiert. In dieser Variante waren die Übereinstimmungen höher und die Aufzeichnungen des Sensors nachvollziehbarer, aber es bestand weiterhin keine vollständige Übereinstimmung. Die Tatsache, dass bei Pferd B bei Auswertung 2 die Anzahl der Sensoraufzeichnungen (427 Headshakes) und der Videodaten (429 Headshakes) lediglich um zwei auseinanderliegen, ließ trotzdem vermuten, dass eine Zeitverschiebung zwischen Video- und Sensordaten das Hauptproblem bei der Auswertung der Daten war. Dies konnte aber weder durch den Synchronisationsversuch noch vom Hersteller bestätigt werden. Daher erscheint es uns für zukünftige Validationsversuche unerlässlich, eine Möglichkeit zu

erhalten oder zu etablieren, um den Sensor und das Video zu synchronisieren, um damit mit Sicherheit sagen zu können, ob der Sensor die richtige Kopfbewegung aufzeichnet.

Es war bei der Auswertung der Daten nicht bekannt, welche Kriterien vom Hersteller definiert worden waren, dass der Sensor eine Kopfbewegung als Headshake aufzeichnete. Diese Daten wurden vom Hersteller für die hier vorliegende Arbeit nicht zur Verfügung gestellt. Die Qualität dieser Einstellung ist aber unerlässlich, um das Headshaking auch zuverlässig zu identifizieren. Die Herausforderung für ein automatisiertes Erkennungssystem des Headshaking liegt sicher darin, dass, wie in Kapitel 1.1. erwähnt, die Symptomatik und Ausprägung von Headshaking sehr vielfältig ist. Da sich auch vertikales Headshaking in vielen verschiedenen Ausprägungen zeigt, also die Bewegung oftmals unterschiedliche Bewegungsamplituden und Geschwindigkeiten hat, ist es sehr aufwendig, Algorithmen zu kreieren, die jeden Headshake richtig auch als solchen erkennt. Schon bei den drei Pferden, die in dieser Studie untersucht wurden, zeigten sich verschiedene Ausprägungen von Headshaking. So hat Pferd A eindeutiges vertikales Headshaken gezeigt, wobei die Amplitude als groß und die Geschwindigkeit als schnell einzustufen wäre. Pferd C zeigte auch vertikales Headshaken, jedoch in einer sehr kleinen Amplitude und von der Geschwindigkeit als langsam zu betrachten. Zudem zeigte dieses Pferd die Kopfbewegung sehr oft hintereinander bis dann wieder eine Pause folgte. Das dritte Pferd (Pferd B) zeigte eine Mischung aus diesen beiden Formen. Manchmal wurde der Kopf nur einmal sehr schnell und weit nach oben bewegt, manchmal war die Amplitude nur sehr klein und die Geschwindigkeit langsam. Weiters zeigte dieses Pferd verhältnismäßig oft ein Kratzen der Nase an den Vordergliedmaßen, was ebenfalls in der Literatur als Symptom von Headshaking beschrieben ist. Aus dieser Beschreibung ist eindeutig zu sehen, wie komplex die Aufgabe für ein automatisiertes Erkennungssystem ist. Es stellt sich daher auch die Frage, wie viel Fehlertoleranz im klinischen Alltag tolerierbar ist. Da die Pferde für Behandlungen und Spaziergänge für circa eineinhalb bis viereinhalb Stunden am Tag die Box verließen und somit in diesen Zeiträumen keine Videos zu den Sensordaten zur Verfügung stehen, war es in diesem Zeitraum unmöglich die Sensordaten zu verifizieren. Um einen Bewegungssensor zuverlässig auch außerhalb eines Stalls verwenden zu können wäre es sicher sinnvoll, wenn man den Sensor auf das einzelne Pferd kalibrieren könnte. Je nachdem wie das Pferd die Bewegung des Headshaking ausführt, könnte man den Sensor darauf programmieren, wie sensibel er auf Kopfbewegungen reagieren soll. Nachdem dann mit einer durchgehenden Videoaufnahme die Richtigkeit der Aufnahmen gezeigt wird, wäre auch ein Tragen des Sensors ohne Videobeweis möglich und

sinnvoll. So könnten auch die Zeiten, an denen das Pferd die Box verlässt, überbrückt werden oder Pferde mit Headshaking im Offenstall überwacht werden.

Nach der Feststellung, dass der Sensor und die Videoaufzeichnungen nicht übereinstimmen, wurde ein Synchronisationsversuch, wie in Kapitel 2.4. beschrieben, durchgeführt. Durch eindeutige und definierte Bewegungen sollte herausgefunden werden, wie groß die Zeitverschiebung zwischen Sensordaten und Videodaten ist, auf welche Bewegungen der Sensor mit einem Headshake anspricht und ob alle drei Sensoren, welche am klinischen Zentrum für Pferde eingesetzt werden, das Gleiche aufzeichnen. Es konnte weder die Frage, um die Zeitverschiebung noch welche Bewegungen als Headshake aufgezeichnet werden, beantwortet werden. Bei diesem Synchronisationsversuch wurde auch ersichtlich, dass die synchrone Aufzeichnung der drei Sensoren (die zusammengeklebt waren und sich gleichzeitig bewegten) nicht übereinstimmten und die drei Sensoren eine verschieden große Anzahl an Headshakes in den Durchgängen identifizierten und auch eine unterschiedliche Anzahl an Bewegungsmuster in dem 20-minütigen Pausenintervall aufzeichneten. Der Grund, warum die Sensoren nicht das Gleiche aufzeichneten, ist nicht bekannt. Nach diesem Synchronisationsversuch ist die Zuverlässigkeit des Sensorsystems mehr als zweifelhaft.

Aus den Studien von Newton et al. 2000 (4), Mills et al. 2003 (13), Tomlinson et al. 2013 (14), Talbot et al. 2013 (15), Pickles et al. 2011 (16) und Roberts et al. 2014 (17) ist bekannt, dass Graduierungssysteme des Schweregrades des Headshaking verwendet werden, welche auf subjektive Einschätzung von Beobachtern, die das Pferd sowohl in Ruhe wie auch in Bewegung beurteilen, beruhen. Dabei wird nicht nur die Häufigkeit der Symptome beurteilt, sondern auch ob das Pferd reitbar ist oder nicht. Wie aus den Videos sowie aus den Informationen aus dem TIS ersichtlich, zeigte Pferd A mit Abstand am meisten Episoden von Headshaking, Pferd B zeigte laut TIS in der Box gar kein Headshaking, aber war laut Anamnese und klinischer Untersuchung nicht reitbar wegen des Headshakings, was den Schweregrad der Erkrankung erhöht. Pferd C zeigte mäßig viel Headshaking, aber die Problematik war dem Besitzer gar nicht aufgefallen. Im Vergleich der drei Pferde ist jedoch deutlich zu sehen, dass der Prozentsatz der Videos, in denen mindestens ein Headshake gesehen werden konnte, annähernd gleich ist und bei circa 30 % liegt. Das würde von der Häufigkeit her auf eine gleiche Intensität des Headshaking sprechen. Es sagt aber nichts über die Nutzung, sprich Reitbarkeit, des Pferdes aus. Daraus kann angenommen werden, dass auch wenn in Zukunft die Anzahl der Headshakes vielleicht automatisch aufgezeichnet werden können, die Beurteilung der Intensität von Headshaking bei einem Pferd weiter einen

subjektiven Teil beinhaltet, weil deren Einschätzung nochmals schwieriger für ein automatisches System ist.

Die Hypothese dieser Arbeit, dass die Aufzeichnungen des Bewegungssensors mithilfe der Videos nachvollzogen werden können, sodass der Sensor als zuverlässiges Diagnosetool sowie für die Verlaufskontrolle von Headshaking eingesetzt werden kann, konnte nicht bestätigt werden. Technische Verbesserungen und pferdespezifische Auswertungssoftware müssen entwickelt werden, bevor das getestete Überwachungstool für die Diagnose des Headshaking oder Dokumentation allfälliger Therapieerfolge zuverlässig genutzt werden kann.

5. Literaturverzeichnis

1. Lane JG, Mair TS. Observations on headshaking in the horse. *Equine Vet J* 1987; 19(4):331–6. doi: 10.1111/j.2042-3306.1987.tb01424.x.
2. Madigan JE, Bell S. Characterisation of headshaking syndrome - 31 cases. *Equine Vet J* 1998; (28-29). doi: 10.1111/j.2042-3306.1998.tb05141.x.
3. Schüle E, Herling A. Headshaking des Pferdes – eine Übersicht. *Pferdeheilkunde* 2006; 22:281–95.
4. Newton SA, Knottenbelt DC, Eldridge PR. Headshaking in horses: possible aetiopathogenesis suggested by the results of diagnostic tests and several treatment regimes used in 20 cases. *Equine Vet J* 2000; 32(3):208–16. doi: 10.2746/042516400776563617.
5. Kloock T, Niebuhr T, Feige K. Trigemini-mediated Headshaking – Von der Diagnostik bis zur Therapie. *Pferdespiegel* 2021; 24(02):52–7. doi: 10.1055/a-1467-1035.
6. Mills DS, Cook S, Jones B. Analysis of the variation in clinical signs shown by 254 cases of equine headshaking. *Vet Rec* 2002; 150:236–40. doi: 10.1136/vr.150.8.236.
7. Salomon F-V, Geyer H, Gille U, Hrsg. *Anatomie für die Tiermedizin*. 4., aktualisierte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2020. Verfügbar unter: <https://permalink.obvsg.at/AC15699701>.
8. Aleman M, Williams DC, Brosnan RJ, Nieto JE, Pickles KJ, Berger J et al. Sensory nerve conduction and somatosensory evoked potentials of the trigeminal nerve in horses with idiopathic headshaking. *J Vet Intern Med* 2013; 27(6):1571–80. doi: 10.1111/jvim.12191.
9. Aleman M, Rhodes D, Williams DC, Guedes A, Madigan JE. Sensory evoked potentials of the trigeminal nerve for the diagnosis of idiopathic headshaking in a horse. *J Vet Intern Med* 2014; 28(1):250–3. doi: 10.1111/jvim.12237.
10. Kloock T, Hellige M, Kloock A, Feige K, Niebuhr T. Impact of Different Diagnostic Procedures on Diagnosis, Therapy, and Outcome in Horses with Headshaking: Recommendations for Fast-Track Advanced Diagnostic and Therapeutic Protocols. *Animals (Basel)* 2022; 12(22). doi: 10.3390/ani12223125.
11. Thomson K., Chan C., Dyson S. Head tossing behaviour in six horses: Trigeminal-mediated head-shaking or musculoskeletal pain? *Equine Vet Educ* 2019. doi: 10.1111/eve.13084.

12. Pickles K, Madigan J, Aleman M. Idiopathic headshaking: is it still idiopathic? *Vet J* 2014; 201(1):21–30. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.03.031.
13. Mills, D.S. and Taylor, K. Field study of the efficacy of three types of nose net for the treatment of headshaking in horses. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2003; 152:41–4. doi: 10.1136/vr.152.2.41.
14. Tomlinson JE, Neff P, Boston RC, Aceto H, Nolen-Walston RD. Treatment of idiopathic headshaking in horses with pulsed high-dose dexamethasone. *J Vet Intern Med* 2013; 27(6):1551–4. doi: 10.1111/jvim.12218.
15. Talbot WA, Pinchbeck GL, Knottenbelt DC, Graham H, McKane SA. A randomised, blinded, crossover study to assess the efficacy of a feed supplement in alleviating the clinical signs of headshaking in 32 horses. *Equine Vet J* 2013; 45(3):293–7. doi: 10.1111/j.2042-3306.2012.00618.x.
16. Pickles KJ, Berger J, Davies R, Roser J, Madigan JE. Use of a gonadotrophin-releasing hormone vaccine in headshaking horses. *Vet Rec* 2011; 168(1):19. doi: 10.1136/vr.c5992.
17. Roberts V. Idiopathic headshaking: is it still idiopathic? *Vet J* 2014; 201(1):7–8. doi: 10.1016/j.tvjl.2014.05.006.
18. Roberts V. Trigeminal-mediated headshaking in horses: prevalence, impact, and management strategies. *Vet Med (Auckl)* 2019; 10:1–8. doi: 10.2147/VMRR.S163805.
19. Mills DS, Cook S, Jones B. Reported response to treatment among 245 cases of equine headshaking. *Vet Rec* 2002; 150(10):311–3. doi: 10.1136/vr.150.10.311.
20. Roberts V. Managing headshaking in horses: an update. *In pract.* 2018; 40(4):157–61. doi: 10.1136/inp.k1493.
21. Sheldon SA, Aleman M, Costa LRR, Weich K, Howey Q, Madigan JE. Effects of magnesium with or without boron on headshaking behavior in horses with trigeminal-mediated headshaking. *J Vet Intern Med* 2019; 33(3):1464–72. doi: 10.1111/jvim.15499.
22. Sheldon SA, Aleman M, Costa LRR, Santoyo AC, Howey Q, Madigan JE. Intravenous infusion of magnesium sulfate and its effect on horses with trigeminal-mediated headshaking. *J Vet Intern Med* 2019; 33(2):923–32. doi: 10.1111/jvim.15410.

23. Tratsis I. Headshaking chiropraktisch behandeln? Ein Fallbericht. Hands on - Manuelle und Physikalische Therapien in der Tiermedizin 2021; 3(04):165–8. doi: 10.1055/a-1682-7009.
24. Roberts VLH, Patel NK, Tremaine WH. Neuromodulation using percutaneous electrical nerve stimulation for the management of trigeminal-mediated headshaking: A safe procedure resulting in medium-term remission in five of seven horses. Equine Vet J 2016; 48(2):201–4. doi: 10.1111/evj.12394.
25. Pickles K. Is Electrical Nerve Stimulation the Answer for Management of Equine Headshaking? Vet Clin North Am Equine Pract 2019; 35(2):263–74. doi: 10.1016/j.cveq.2019.03.002.
26. Melzack R, Wall PD. Pain Mechanisms: A New Theory. Science 1965; 150:971–9. doi: 10.1126/science.150.3699.971.
27. Mair TS. Assessment of bilateral infra-orbital nerve blockade and bilateral infra-orbital neurectomy in the investigation and treatment of idiopathic headshaking. Equine Vet J 1999; 31(3):262–4. doi: 10.1111/j.2042-3306.1999.tb03184.x.
28. ACARiS | HORSE PROTECTOR; 2023 [Stand: 22.10.2023]. Verfügbar unter: <https://acaris.net/>.
29. HoofStep com. Monitor the horse's health | HoofStep - we give the horse a voice; 2023 [Stand: 22.10.2023]. Verfügbar unter: <https://www.hoofstep.com/>.
30. Kelemen Z, Grimm H, Vogl C, Long M, Cavalleri JMV, Auer U et al. Equine Activity Time Budgets: The Effect of Housing and Management Conditions on Geriatric Horses and Horses with Chronic Orthopaedic Disease. Animals (Basel) 2021; 11(7). doi: 10.3390/ani11071867.

6. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Empfehlung der diagnostischen Aufarbeitung von Pferden mit Symptomen von Headshaking, übernommen aus Kloock et al., 2022 (10). Local anaesthesia (LA)	5
Abb. 2: Pferd mit dem Sensor auf der Stirn ©VetMedUni	15
Abb. 3: Ausschnitt der 1. Excel-Tabelle; Einteilung in rest, eat, active & highlyActive. Die angegebenen Zahlen sind prozentuelle Anteile der gesamten Aufnahmezeit in einer Zeile. Eine Zeile repräsentiert hier eine Stunde. Am Beispiel der ersten Zeile kann abgelesen werden, dass am 04.11.2022 in der Stunde von 15:00 bis 16:00 Uhr das Pferd circa 80,1 % der Zeit eine Aktivität ausgeführt hat, die in rest eingeordnet wurde. Weiters wurden 10,9 % in eat, 0,5 % in active und 8,5 % in highlyActive eingeordnet.	16
Abb. 4: Ausschnitt der 2. Excel-Tabelle mit genauen Zeitangaben. Hier repräsentiert eine Zeile eine Aktivität. Am Beispiel der sechsten Zeile kann abgelesen werden, dass das Pferd am 04.11.2022 in der Zeit zwischen 18:29:08 und 18:29:09 eine Bewegung ausgeführt hat, die als Headshake eingeordnet wurde. Die Zahlen nach der Zeitangabe sind Excelspezifische Tausendstel und können vernachlässigt werden.	17
Abb. 5: Beispiel 1 - Pferd ohne Headshaking	18
Abb. 6: Beispiel 2 – Pferd ohne Headshaking	19
Abb. 7: Beispiel 3 – Pferd mit Headshaking	19
Abb. 8: Beispiel 4 – Pferd mit Headshaking	20
Abb. 9: Ausschnitt der Exceltabelle mit Gegenüberstellung der Sensor- und Videodaten. In dieser Auswertung handelt es sich um die Daten des 07.11.2022. In der linken Spalte (A) wurden die Zeitcodes eingetragen, wann ein Headshake mit der Kamera gesichtet werden konnte. In der rechten Spalte (B) wurden die Aufzeichnungen des Sensors eingetragen. „x“ bedeutet, dass hier kein Headshake in der Videosequenz gesichtet werden konnte oder der Sensor keinen Headshake aufgezeichnet hat. Grün gekennzeichnet sind die Übereinstimmungen von Sensor- und Videodaten.	21
Abb. 10: Ausschnitt der Exceltabelle mit Gegenüberstellung von Sensor- und Videodaten vom 06.11.2022. In der linken Spalte wurden die Zeitcodes eingetragen, wann auf den Videos ein Headshake zu sehen war, in der rechten Spalte wurden die vom Sensor aufgezeichneten Headshakes eingetragen. Gelb markiert wurde hier, wo keine Verifizierung der Sensordaten stattfinden konnte, weil das Pferd nicht in der Box war.....	23
Abb. 11: Tagesbericht von Acaris® vom 11.11.2022. „Box leer“ im Kreis und Balkendiagramm in grün dargestellt. Zeiträume, wie lange die Box leer war, in der letzten Zeile ersichtlich. ...	24

Abb. 12: Übersicht der 2. Auswertung von Pferd B – Sensordaten ohne Videobeweis wurden als falsch gewertet; Die blaue Säule repräsentiert die Zahlen, wie oft ein Headshake mit der Kamera gesehen wurde. Die orange Säule zeigt die Zahlen, wie oft ein Headshake vom Sensor aufgezeichnet wurde und die graue Säule zeigt die Zahlen, wie oft die Zeitangabe bei einem aufgezeichneten Headshake der Kamera und des Sensors übereinstimmten.	30
Abb. 13: Übersicht der 3. Auswertung von Pferd B – Sensordaten ohne Videobeweis wurden als richtig gewertet; Die Blaue Säule zeigt die Headshakes pro Tag, welche von der Kamera aufgezeichnet wurden, die orange Säule zeigt die Headshakes pro Tag, welche mit dem Sensor aufgezeichnet wurden und die graue Säule zeigt die Übereinstimmungen der Zeitcodes jeweils von Kamera und Sensor aufgezeichneter Headshakes.....	31
Abb. 14: Übersicht der 4. Auswertung von Pferd B – Sensordaten ohne Beweis wurden exkludiert; Die blaue Säule repräsentiert die Zahlen, wie oft ein Headshake mit der Kamera gesehen wurde. Die orange Säule zeigt die Zahlen, wie oft ein Headshake vom Sensor aufgezeichnet wurde und die graue Säule zeigt die Zahlen, wie oft die Zeitangabe bei einem aufgezeichneten Headshake der Kamera und des Sensors übereinstimmte.....	32
Abb. 15: Ausschnitt aus der Excel-Tabelle der Sensordaten des Versuchs. Gelb gekennzeichnet ist die Zeitspanne, in welcher der Sensor am Boden in der Mitte der Box lag. In Spalte E sind die verschiedenen von Sensor 1 aufgezeichneten Verhaltensmuster ersichtlich.....	35

Tab. 1: Potenziell betroffene Organsysteme, deren Erkrankung zu Headshaking führen kann, übernommen aus Kloock et al., 2021 (5).....	3
Tab. 2: Graduierungssystem übersetzt nach Newton et al., 2000 (4).	6
Tab. 3: Graduierungssystem übersetzt nach Tomlinson et al., 2013 (14).....	7
Tab. 4: Aufbau des Synchronisationsversuchs. In der ersten Spalte ist die Bewegungsreihenfolge des ersten Durchgangs, in der zweiten Spalte die Reihenfolge des zweiten Durchgangs und in der dritten Spalte die Reihenfolge des dritten Durchgangs beschrieben. Neben jeder Bewegung steht in Klammern gesetzt die Zeit, wann der Beginn der Bewegung stattgefunden hat.	28
Tab. 5: Übersicht der 1. Auswertung von Pferd B - Prozent der Videos mit Headshaking pro Tag.....	29
Tab. 6: Auswertung der falsch positiven und falsch negativen Episoden des Sensors im Vergleich zu den Übereinstimmungen.....	33
Tab. 7: Übersicht der 1. Auswertung von Pferd A	33
Tab. 8: Übersicht der 1. Auswertung von Pferd C	34
Tab. 9: Anzahl der als Headshakes erkannten und aufgezeichneten Episoden pro Durchgang und Sensor	36