

Aus dem Department für Kleintiere und Pferde der Veterinärmedizinischen  
Universität Wien

Institut für Anästhesiologie und Perioperative Intensivmedizin (Leiterin: Univ.Prof.  
Dr.med.vet.Martina Mosing, MANZCVS, Dipl.ECVAA)

---

**EVALUIERUNG DER VERHALTENSBASIERTE  
PRÄ-UND POSTOPERATIVE  
SCHMERZBEURTEILUNG NACH  
OSTEOSYNTHESE MITTELS TIME-BUDGET-  
TRACKING-APPS BEI EINEM 7 JAHRE ALTEN  
PONY**

---

Diplomarbeit  
zur Erlangung der Würde einer MAGISTRA MEDICINAE VETERINARIAE der  
Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von Anna Koller, Wien, im Juni 2023

Betreuerin:

Auer Ulrike, Priv.-Doz. Dr.med.vet.

Institut für Anästhesiologie und Perioperative Intensivmedizin, Department für Kleintiere und Pferde

Gutachterin:

Rhea Haralambus, Dipl ECVS, Dr.med.vet et sciet.

Institut für Pferdechirurgie, Department für Kleintiere und Pferde

## **Abkürzungsverzeichnis**

Atemfrequenz (AF)

Bewegungstherapie (BT)

Composite Pain Scale (CPS)

Dauertropfinfusion, Constant Rate Infusion (CRI)

Herzfrequenz (HF)

Hufkorrektur (H)

Innerer Körpertemperatur (IKT)

Methadon-Lidocain-Ketamin (MLK)

Pain Face Score, Horse Grimace Scale (HGS)

Physiotherapie (PT)

Röntgen (Rö)

Serumamyloid A (SAA)

Tierspital Informationssystem (TIS)

Verbandswechsel (VBW)

Veterinärmedizinische Universität (VMU)

Visual Analogue Scale (VAS)



## Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....	1
2. LITERATURÜBERSICHT .....	3
2.1. Schmerzerkennung beim Pferd .....	3
2.2. Schmerzevaluierungssysteme .....	5
2.2.1. Composite Pain Scales (CPS) .....	6
2.2.2. Visual Analogue Scale (VAS).....	6
2.2.3. Schmerzgesicht .....	7
2.3. Schmerzüberwachung via Videos und Time-Budget-Tracking-Apps .....	8
3. MATERIAL UND METHODE .....	11
3.1. Case Report.....	11
3.1.1. Operationsbericht .....	11
3.1.2. Postoperatives Schmerzmanagement .....	12
3.2. Schmerzbeurteilung <i>post operationem</i> .....	13
3.2.1. Manuell durchgeführte Schmerzevaluierung .....	13
3.2.1.1. Beurteilung der Composite Pain Scale (CPS).....	13
3.2.1.2. Beurteilung des Schmerzgesichtes .....	16
3.2.1.3. Beurteilung der Visual Analogue Scale (VAS) .....	17
3.2.2. Erfassung der Vitalparameter Herzfrequenz, Atemfrequenz und innere Körpertemperatur .....	17
3.2.3. Sensor- und videobasierte Time-Budget Analyse .....	17
3.2.3.1. Acaris Horse Protector®.....	17
3.2.3.2. HoofStep® .....	18
3.2.3.3. Trackener®.....	18
3.3. Auswertung und Statistik .....	20
4. ERGEBNISSE.....	21
4.1. Schmerzevaluierung während des Klinikaufenthalts .....	21
4.2. Ergebnisse der Time-Budget-Tracking-Apps.....	25
4.2.1. Ergebnisse Acaris Horse Protector®.....	25
4.2.2. Ergebnis HoofStep® .....	28
4.2.3. Ergebnisse Trackener®.....	31
4.2.4. Vergleich der ermittelten Zeitkontingente zwischen den drei Trackern.....	33
4.2.5. Analyse der Ergebnisse über den Beobachtungszeitraum.....	38
4.2.6. Vergleich der CPS mit dem Zeitkontingent „Fressen“ von Hoofstep® .....	38
5. DISKUSSION .....	39
6. ZUSAMMENFASSUNG.....	42

6.1. Inhalte der Arbeit.....	42
6.2. Material und Methoden .....	42
6.3. Ergebnisse .....	42
7. SUMMARY .....	44
7.1. Contents of this case report.....	44
7.2. Material and methods.....	44
7.3. Results.....	44
8. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS .....	46
9. ANHANG .....	48
10. LITERATURVERZEICHNIS.....	49

## 1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

In der Pferdemedizin gewinnt das Thema Schmerzerkennung immer mehr an Bedeutung (Auer 2016). Die Erkennung von Schmerz ist beim Pferd allerdings eine Herausforderung, da es als Flucht- und Beutetier evolutionär bedingt dazu tendieren wird, diesen vor potenziellen Beutegreifern, und auch Menschen, nicht zu zeigen. Diese Eigenschaft erschwert die Einschätzung und damit die Erstellung einer individuell optimalen Schmerztherapie (Kronsteiner 2017).

Eine Bewertung des Schmerzzustandes beim stationär aufgenommenen Pferdepatienten erfolgt durch veterinärmedizinisch geschultes Fachpersonal und basiert momentan neben der Erfassung physiologischer Parameter wie z.B. Herzfrequenz (HF), Atemfrequenz (AF) und innerer Körpertemperatur (IKT) auf der detaillierten Beschreibung von Mimik, Körperhaltung, Ohrenstellung, Kopfhaltung, Position des Pferdes in der Box und der Reaktion auf Umweltreize. Um Schmerzen beim Pferd bestmöglichst wahrnehmen und einschätzen zu können, wurden verschiedene komplexe Beurteilungssysteme mit Möglichkeit zur Skalierung und Graduierung der Schmerzintensität entwickelt (Auer 2016, Torcivia und McDonnell 2021).

Der equine hospitalisierte orthopädische Patient reduziert sein durch schmerzhafte Prozesse verändertes Verhalten für die Dauer der veterinärmedizinischen Untersuchung im Durchschnitt um 77,4%. 30% der Patienten haben ihr schmerzbasierendes Verhalten für diesen Zeitraum sogar komplett unterbrochen (Torcivia und McDonnell 2020). Dies legt die Vermutung nahe, dass die persönliche, im direkten Kontakt mit dem Pferd durchgeführte Schmerzevaluierung nicht zur Gänze die Realität und Intensität des Schmerzgeschehens der Tiere widerspiegeln kann.

In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob eine verhaltensbasierte Einschätzung des Schweregrades des Schmerzes beim Pferd mittels Time-Budget-Tracking-Apps möglich ist. Dazu wurde ein stationär aufgenommener orthopädischer Pferdepatient mittels Composite Pain Scale (CPS), Horse Grimace Scale (HGS), Visual Analogue Scale (VAS) sowie Time-Budget-Tracking-Apps, die die Zeitkontingente des Tieres erfassen, untersucht und diese Ergebnisse anschließend miteinander verglichen.

Die Hypothese lautet, dass die von den Apps gemessenen Verhaltensveränderungen, im Zusammenhang mit bei den Untersuchungen erhobenen Werten, auf das Schmerzgeschehen des Pferdes schließen lassen.

Die Anwendung dieser Apps könnten somit in Zukunft die Schmerzevaluierung beim equinen hospitalisierten orthopädischen Patienten deutlich erleichtern.

## 2. LITERATURÜBERSICHT

### 2.1. Schmerzerkennung beim Pferd

Schmerz wird in der Regel nicht als isolierte Empfindung erlebt, sondern geht oft mit einer Reihe von Begleitphänomenen einher. Dazu gehört eine affektive Komponente, die oft als Unlustgefühl, Missbehagen oder Leiden empfunden wird. Bei ausreichend starken Schmerzreizen treten vegetative Reaktionen auf, die typische Symptome einer Aktivierung des sympathoadrenalen Systems aufweisen, wie Tachykardie, periphere Vasokonstriktion, Blutdrucksteigerung und Pupillenerweiterung. Emotionen, die mit der Schmerzempfindung verbunden sind, sowie motorische Vorgänge im somatischen und vegetativen Bereich deuten auf eine Miterregung weiterer Teile des Zentralnervensystems hin, insbesondere des limbischen Cortex und des Hypothalamus (Scheunert und Trautmann 1965).

Für das Tierwohl von Pferden und das Einschätzen der Lebensqualität ist eine objektive Schmerzbeurteilung extrem wichtig (Auer 2016). Physiologische Parameter wie Blutdruck, HF, AF und endokrine Messungen wie Cortisolspiegel,  $\beta$ -Endorphine, Katecholamine, oder pro-inflammatorische Mediatoren wurden früher zur Schmerzmessung herangezogen (Torcivia und McDonnell 2021). Werte wie HF, AF und Blutdruck werden aber auch von krankheitsbedingten Vorgängen wie Schockgeschehen, Dehydratation oder kardiovaskulären Pathologien beeinflusst. Verhaltensbeobachtungen zusammen mit klinischen Untersuchungen sind geeignetere Methoden zur Schmerzevaluierung beim Pferd (Price et al. 2003, Auer 2016, Glerup und Lindegaard 2016, Torcivia und McDonnell 2020, 2021, Kelemen et al. 2021). Beispielsweise können Verhaltensänderungen wie vermehrtes Schwanzschlagen, Zähneknirschen oder eine veränderte Körperhaltung auf Schmerzen hinweisen. Auch klinische Untersuchungen wie die Palpation von Gelenken oder die Untersuchung von Muskeln und Sehnen können Schmerzen aufdecken (Glerup und Lindegaard 2016).

Trotzdem kann die Messung von physiologischen Parametern wie HF, AF oder IKT hilfreich sein, um Schmerzen zu erkennen. Allerdings weisen die Autoren darauf hin, dass diese Parameter auch durch andere Faktoren beeinflusst werden können und daher nicht immer eindeutig auf Schmerzen hinweisen. Nichtsdestotrotz wurde lange Zeit von einer linearen Korrelation zwischen HF und Schmerzgeschehen ausgegangen. Studien von Pritchett et al.,

Bussières et al. und Lindegaard et al. konnten eine Steigerung der Herzfrequenz bei Schmerzpatienten bestätigen, wohingegen Price et al, Greerup et al. und Pader et al. keine Korrelation feststellen konnten (Price et al. 2003, Pritchett et al. 2003, Bussières et al. 2008, Pader et al. 2011, Gleerup und Lindegaard 2016).

Ähnlich ist die Studienlage zur Korrelation von dem Parameter AF und dem Schmerzgeschehen unterschiedlicher Genese. In einer Studie von Bussières et al. korrelierte bei Patienten mit akuter Synovitis die AF mit dem Schmerzgeschehen, was bei der Studie von Gleerup et al. nicht der Fall war (Bussières et al. 2008, Gleerup et al. 2015, Gleerup und Lindegaard 2016). Eine Korrelation zwischen Schmerzgeschehen und nicht invasiver Blutdruckmessung konnte laut Bussières et al. und Gleerup et al. festgestellt werden (Bussières et al. 2008, Gleerup et al. 2015). So verhält es sich auch mit dem Zusammenhang zwischen Schmerz und dem gemessenen Serumcortisolspiegel (Pritchett et al. 2003, Sellon et al. 2004, Bussières et al. 2008). Die Ergebnisse von Auskultation des Abdomens, sowie Erfassung der Rektaltemperatur scheinen sich nicht zu eignen, da laut aktueller Studienlage die Parameter nicht mit der Schmerzsituation in Zusammenhang stehen (Sellon et al. 2004, Bussières et al. 2008, Gleerup et al. 2015).

Keine dieser Messungen von Vitalparametern, allein oder in Kombinationen, hat sich als verlässlicher, definitiver Indikator von Schmerz erwiesen, da die gemessenen Veränderungen auch durch physiologischen oder psychischen Stress entstehen können (Torcivia und McDonnell 2021).

Es gibt keinen einzelnen messbaren Parameter, der ausschließlich Aussage über Quantität und Qualität des Schmerzes gibt. Neben der komplexen Qualität des Schmerzes gibt es auch noch rassespezifische und persönlichkeitsabhängige Unterschiede in der Schmerzempfindung (Auer 2016).

Um die Rekonvaleszenz nach einer Verletzung oder Krankheit und damit das Wohlergehen eines Tieres zu gewährleisten, ist eine adäquate Schmerztherapie unerlässlich. Die größte Herausforderung im Zusammenhang mit einem adäquaten Schmerzmanagement beim Pferd ist daher die Erkennung von Schmerz sowie die Graduierung und systematische Überwachung der Schmerzentwicklung während einer Schmerztherapie (Auer 2016). Aktuelle Studien weisen darauf hin, dass die Verhaltensänderungen des Pferdes der wichtigste Parameter in der Evaluierung, Erkennung und erfolgreichen Behandlung von Schmerz sind (Gleerup und Lindegaard 2016, Broomé et al. 2019, Torcivia und McDonnell 2021).

Es ist bis dato noch immer schwierig, definitiv festzulegen, ob ein Tier unter Schmerzen leidet oder nicht. Allerdings verdichten sich die Hinweise, dass eine Schmerzempfindung vorliegt, wenn das Verhalten des Tieres darauf hindeutet, dass es einen Reiz bewusst wahrgenommen hat. Dazu gehören Verhaltensänderungen wie Abwehrbewegungen, Ausweichbewegungen, Hinschauen zur betroffenen Stelle, Anlegen der Ohren, Schweifschlagen und Vokalisation usw. (Baumgartner und Wittek 2017).

Um Veränderungen an der Körperhaltung eines Pferdes zu erkennen, muss auch zuerst die physiologische Position des Pferdekörpers im Normalzustand erkannt werden. Diese bequeme und funktionell effizienteste Haltung lässt sich am besten während einer Ruhephase beobachten. In der Regel ist der Nacken gesenkt, der Kopf befindet sich ungefähr auf Höhe des Widerristes, Rücken ist angehoben und Hinterhand eingerastet. Alle vier Gliedmaßen werden gleichmäßig belastet und das Pferd ist ausbalanciert.

Befindet sich das Pferd in einer Art von Diskomfort, versucht es diesen auszugleichen, indem es sich auf unphysiologische Weise positioniert und bewegt oder entsprechend entlastende Körperhaltungen einnimmt, die es als angenehmer empfindet. Pferde, die sich in einem Zustand der chronischen Schonhaltung befinden, neigen zusätzlich dazu, ihre Position häufiger zu verändern, besonders auf harten Untergründen (Kelemen et al. 2021).

## **2.2. Schmerzevaluierungssysteme**

Um die bestmögliche Graduierung von Schmerz zu ermöglichen, reicht es nicht aus, sich auf ein Verhaltensmerkmal oder physiologische Parameter zu verlassen. Daher wurde eine Fülle an unterschiedlichen Schmerzevaluierungssystemen für verschiedene Tierarten und unterschiedliche Situationen erstellt (Gleerup und Lindegaard 2016). Im Allgemeinen ist es aber wichtig, dass die Person, die den Schmerz misst, mit dem Tier oder zumindest der Tierart vertraut ist. Mithilfe der Messsysteme wird der Schmerz mit Zahlen belegt, die dann bei regelmäßigen Kontrollen miteinander verglichen werden können und so einen Indikator für den Therapieerfolg darstellt. Die Kontrollen müssen mehrmals täglich durchgeführt werden. Bei geplanten Operationen kann eine präventive Schmerzmessung von Nutzen sein, die das Schmerzlevel vor der Operation einschätzt, mit dem Ziel, ein geeignetes Schmerzprotokoll bereits vor Beginn des Eingriffes zu erstellen (Auer und Mosing 2013).

Um im Klinikalltag Verwendung zu finden, muss eine Schmerzskala auf spezifischen, genau definierten und quantifizierbaren Indikatoren für das Ausmaß der Schmerzhaftigkeit basieren (Gleerup und Lindegaard 2016).

Schmerzskalen, unidimensionale oder zusammengesetzte Skalen sind gut geeignet in der Klinik mittel- bis hochgradige Schmerzen gut zu identifizieren und zu graduieren. Sie sind jedoch nicht besonders gut geeignet, geringgradige und unangenehme Empfindungen/Diskomfort aufgrund z.B. einer Entzündung verlässlich und sicher zu identifizieren. Zu bedenken ist, dass es sich um punktuelle Beobachtungen handelt, die mehrmals wiederholt werden müssen, um ein gutes Bild über die Schmerzhaftigkeit abzugeben (Kelemen et al. 2021).

### **2.2.1. Composite Pain Scales (CPS)**

„Composite Pain Scales“ (CPS) sind eine Methode zur Schmerzevaluierung beim Pferd, die als zusammengesetzte Schmerzskala verschiedene Parameter kombinieren, um ein umfassendes Bild des Schmerzlevels beim Pferd zu generieren. Diese Parameter umfassen physiologische Werte wie HF, AF und IKT und es werden sensorische und emotionale Zustände sowie Verhaltensänderungen erfasst. Dies erfolgt mittels einer genauen deskriptiven Beschreibung der Körperhaltung, Stellung der Ohren und Kopfhaltung des Tieres, die Lokalisation in der Box und Reaktion auf Ansprache und Umweltreize (Auer 2016, Gleerup und Lindegaard 2016).

Abgesehen von der Erfassung der einzelnen spezifischen und unspezifischen Schmerzzeichen erlaubt die CPS zusätzlich eine gewisse Graduierung. Bemerkenswert ist außerdem, dass die CPS auch von ungeübten BeobachterInnen angewandt werden kann, da die Beschreibungen der einzelnen Abstufungen zwischen normal und abnormal nur wenig Interpretation zulassen. Als Nachteil erscheint in der Anwendung der relativ lange Zeitaufwand, der zur Observation aufgebracht werden muss, da das Pferd zusätzlich zuerst aus der Ferne und anschließend aus der Nähe beobachtet werden muss (Auer 2016).

### **2.2.2. Visual Analogue Scale (VAS)**

Eine einfache und die am häufigsten angewandte Methode der Schmerzerkennung und Graduierung ist die „Visual Analogue Scale“ (VAS). Bei der Anwendung dieser Methode im Bereich der Tiermedizin muss die Schmerzbewertung von BeobachterInnen vorgenommen

werden. Auf einer Skala von 1 bis 100 wird die persönliche Einschätzung der Schmerzhaftigkeit angegeben. Die Beurteilung sollte sich nur auf die bei diesem Pferd vorliegende Krankheit oder Verletzung beziehen. Hundert bedeutet auf dieser Skala den schlimmsten möglichen Schmerz für diese Situation bzw. Erkrankung. Da diese Skala jedoch nur Definitionen für die beiden Endpunkte "kein Schmerz" und "schlimmster vorstellbarer Schmerz" enthält, ist die Bewertung sehr subjektiv und in hohem Maße von der eigenen Verhaltenswahrnehmung der BeobachterInnen und ihrer bisherigen Ausbildung abhängig. Die Erfahrung der BeobachterInnen mit Pferden, bzw. die ausführliche Kenntnis, wie sich diese Tiere normalerweise bzw. physiologisch ihrer Art entsprechend verhalten, ist hierbei entscheidend (Auer 2016, Glerup und Lindegaard 2016).

Zudem kommen bei dieser Methode verschiedene BeobachterInnen für dieselben PatientInnen und dieselbe Situation zu unterschiedlichen Bewertungen. Daher sind diese Skalen für eine Situation mit mehreren verschiedenen BeobachterInnen, die dieselben PatientInnen bewerten, ungeeignet. Hingegen können sie für die Beobachtung desselben Pferdes durch die gleiche beobachtende Person über einen längeren Behandlungszeitraum hinweg nützlich sein (Hielm-Björkman et al. 2011).

### **2.2.3. Schmerzgesicht**

Die „Horse-Grimace-Scale“ (HGS) ist ein Schmerzskalierungssystem, das auf spezifischen Veränderungen der Gesichtsmuskulatur bzw. Mimik des Pferdes basiert. Beurteilt werden die Position der Ohren, der Blick und Stellung der Augenlider, die Spannung der Muskulatur über dem Auge, der Tonus der Kaumuskulatur, die Spannung im Bereich von Maul, Maulwinkel und Kinn und der Öffnungsgrad der Nüstern. Die korrekte Anwendung der HGS und somit Beurteilung des Schmerzgeschehens des Pferdes setzt ein gewisses Maß an Übung und Kenntnis der spezie- und rassespezifischen Gesichtsmerkmale voraus. Insgesamt 6 Veränderungen in der Mimik werden von geübten UntersucherInnen auf einer 3-Punkte-Skala bewertet (0 = nicht vorhanden, 1 = moderat vorhanden, 2 = deutlich vorhanden.) (Dalla Costa et al. 2014, Glerup et al. 2015).

Pferde und andere Beutetiere versuchen unter bestimmten Umständen, sofern es ihnen möglich ist, sich so zu präsentieren, dass man ihnen ihre Schmerzen weniger bis nicht ansieht. Dies ist in der Präsenz von potenziellen Bedrohungen oder Ablenkungen der Tiere der Fall, zum Beispiel durch Ansprache oder positive Stimulation. Die Pferde können, vor allem beim

Vorliegen von geringgradigen und chronischen Schmerzen, aus ihrem Schmerzgesicht „herauskommen“ und kehren in ihren ursprünglichen Zustand bzw. Gesichtsausdruck zurück, wenn sie sich wieder in Ruhe befinden. Dies kann als Indikator für das Vorhandensein und die Verwendung des Schmerzgesichtes zur Schmerzbeurteilung genutzt werden (Auer 2016, Torcivia und McDonnell 2020).

### **2.3. Schmerzüberwachung via Videos und Time-Budget-Tracking-Apps**

Eine sensitivere Methode, um Veränderung im Verhalten des Pferdes und damit vorhandenes Schmerzgeschehen zu erkennen, stellt die Analyse von Aktivitätsbudgets dar (Price et al. 2003).

Die Forschungsergebnisse von Price et al. (2003) weisen darauf hin, dass die Analyse von Verhaltensänderungen und die Erfassung der Zeitbudgets eine wichtige Rolle bei der Schmerzbewertung von Pferden spielen können. Hier wurden Pferde nach arthroskopischen Eingriffen ebenfalls über einen Zeitraum von 24 Stunden beobachtet und Zeitkontingente wie Bewegung, Appetit, Körperhaltung und Verhaltensänderungen bewertet, um Schmerzen beim Pferd zu quantifizieren (Price et al. 2003).

Torcivia und McDonnell (2020) konnten mittels 24-Stunden-Videos von 20 hospitalisierten equinen orthopädischen Patienten festhalten, dass diese ihr Verhalten, mit dem sie Diskomfort zeigen, bedeutend verringern oder sogar komplett unterbrechen, wenn Personal zur veterinärmedizinischen Untersuchung erscheint. Ähnlich verhalten sich die Tiere in der Gegenwart von Personen, die positive Ablenkung bedeuten, wie zum Beispiel Fütterung (Torcivia und McDonnell 2020). Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse der aktuell verwendeten Schmerzevaluierungssysteme und -skalierungen durch die Präsenz von Personen bei der Messung verfälscht werden können. Die Autorinnen empfehlen daher, die Schmerzevaluierung beim Pferd aus der Ferne mittels Video-Monitoring durchzuführen. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass die Video-Samples im Schnellvorlauf durchgesehen werden können. So wären auch Frequenz und Wiederholungshäufigkeit des Diskomfort-Verhaltens leichter beurteilbar und der benötigte Zeitaufwand für eine 60 Minuten lange Videosequenz kann in etwa auf 5-10 Minuten reduziert werden (Torcivia und McDonnell 2020).

Als eine Möglichkeit zur Beobachtung wird die Analyse der Zeitkontingente genannt, wie z.B. Fressen, Rasten, Stehen, Liegen oder Bewegung über Positionsdaten (Price et al. 2003, Torcivia und McDonnell 2020, Kelemen et al. 2021), welche über Videoanalysen oder tragbare

Sensoren erfasst und durch Time-Budget-Tracking-Apps quantifiziert und ausgewertet werden können. Verhaltensbewertungssysteme stellen eine vielversprechende Methode zur Schmerzbewertung bei Pferden dar und können möglicherweise dazu beitragen, die Schmerzerkennung und damit auch dessen Behandlung zu verbessern (Price et al. 2003, Auer 2016).

Je nach Art des Monitorings des Pferdes ist es möglich, die Tiere mit tragbaren Sensoren auszustatten, was auch unter anderem dann zum Einsatz kommen kann, wenn sie nicht ständig in einer Box stehen. Dabei wird mittels deep-learning-trainierter Algorithmen das Verhalten des Pferdes analysiert. Auch der Effekt des Haltungsmanagements auf Pferde kann beobachtet werden, wenn mehrere Pferde gleichzeitig überwacht werden. Die Überwachung gibt Aufschluss darüber, wie z.B. chronisch kranke oder alte Pferde mit den jeweiligen Lebensbedingungen zurechtkommen. Außerdem kann erhoben werden, ob es den Pferden möglich ist, die REM-Schlafphase zu durchlaufen. Ausgewachsene Pferde müssen sich innerhalb von 24 Stunden für mindesten 30 Minuten niederlegen können, um 3,5-4,5 Minuten REM Schlaf zu erreichen und so keine körperlichen oder kognitiven Nachteile zu ertragen. Im Durchschnitt verbringt ein adultes Pferd 3-15 % seines Tages im Liegen; davon verbringen sie etwa 20 Minuten bzw. 15 % in Seitenlage und den Rest in Brust-Bauch-Lage. Die Zeitkontingente für andere Tätigkeiten wie Futteraufnahme, Rastzeit im Stehen und Bewegung variieren sehr, während Schlafzeiten relativ konstant eingehalten werden müssen (Kelemen et al. 2021).

In der Studie von Thompson (2017) wurde untersucht, ob die Lokalisation der Körperstelle, an der die Sensoren platziert werden, einen Einfluss auf die Genauigkeit der Messergebnisse hat. Es wurden Beschleunigungssensoren an der Brust, am Widerrist und am Hinterbein befestigt und in unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Gangarten Daten erhoben. Laut Thompson (2017) besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen Genauigkeit der Messergebnisse und Ort der Sensorplatzierung. Die höchste Genauigkeit wurde bei Befestigung der Accelerometer am Widerrist erzielt, gefolgt von der Platzierung am Hinterbein. Am wenigsten genau waren die Ergebnisse bei der Platzierung an der Brust. Außerdem nimmt die Genauigkeit der Messergebnisse auch bei zunehmender Geschwindigkeit ab (Thompson 2017).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Schlüssel für ein möglichst sicheres Erkennen von Schmerzen beim Pferd in einer kombinierten Bewertung von Zeitkontingenten, der Beobachtung von schmerzspezifischen Verhaltensänderungen und einer Körperhaltung,

die von der Norm abweicht, liegt (Kelemen et al. 2021). Verhaltensbewertungssysteme stellen ein vielversprechendes Tool dar, um Schmerz beim Pferd besser erkennen zu können (Price et al. 2003, Auer 2016).

### 3. MATERIAL UND METHODE

#### 3.1. Case Report

Ein Ponywallach, im Alter von 7 Jahren 5 Monaten 22 Tagen, mit einem Körpergewicht von 258 kg wurde mit einer Fraktur im Metacarpus links vorgestellt. Die Fraktur bestand bereits seit vier Monaten.

##### 3.1.1. Operationsbericht

Die Operation dauerte insgesamt 405 Minuten. Prämediziert wurde mit Acepromazin, Xylazin und Butorphanol (siehe Tab. 1). Anschließend wurde die Anästhesie mit Ketamin und Midazolam (siehe Tab. 2) eingeleitet. Die Erhaltung erfolgte mit Isofloran und einer Xylazin-Triple-Drip Dauertropfinfusion (155 ml/h).

Tab. 1: Prämedikation

Uhrzeit	Wirkstoff	Dosierung	Darreichungsform
08:20	Acepromazin	0,03 mg/kg	i. m.
09:35	Butorphanol	0,03 mg/kg	i. v.
09:35	Xylazin	0,6 mg/kg	i. v.

Tab. 2 Einleitung

Uhrzeit	Wirkstoff	Dosierung	Darreichungsform
09:40	Ketamin	2,2 mg/kg	i. v.
09:40	Midazolam	0,1 mg/kg	i. v.

Das perioperative Monitoring umfasste EKG, invasive Blutdruckmessung, Pulsoxymetrie, Kapnographie, Temperaturmessung und EEG. Durchgeführt wurde die Operation in rechter Seitenlage mit Zugängen an *V. jugularis* und *A. facialis*.

In der Aufwachphase wurden 20 ml Phenylephrin intranasal verabreicht und es erfolgte eine erneute Sedierung mit 0,5 ml Detomidin i. v. und Antagonisierung von Midazolam mit Flumazenil i. v.. Sauerstoff wurde über eine O2-Demand-Valve verabreicht. In der Aufstehphase wurde das Pony von vier Personen mittels Head- and Tail-Ropes unterstützt. Der Zeitraum zwischen Antagonisierung und Zeitpunkt des Stehens betrug 28 Minuten. Es gab keinen Übergang zur Brust-Bauchlage.

### 3.1.2. Postoperatives Schmerzmanagement

Nach der Operation wurden an der VMU folgende Medikamente zum Schmerzmanagement verabreicht (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Auflistung der Schmerzmedikation über den gesamten Zeitraum des Klinikaufenthalts

Tag post-OP	Schmerzmedikation	Dosierung und Darreichungsform
0-3	Methadon-Lidocain-Ketamin (MLK)	16,7 ml/h Constant Rate Infusion (CRI) i. v.
0-4	Flunixin (Niglumine® 50 mg/ml)	6 ml i. v.
4	MLK	04:00 Reduktion auf 8,35 ml/h CRI i. v. 21:15 Reduktion auf 4 ml/h CRI i. v.
5	MLK	12:00 CRI Stop
	Flunixin (Niglumine® 50 mg/ml)	6 ml i. v.
6-7	Flunixin (Niglumine® 50 mg/ml)	6 ml i. v.
8	Flunixin (Niglumine® 50 mg/ml)	6 ml i. v.
	Flunixin (Cronyxin® 50 mg/g)	für 250 kg Körpergewicht p. o.
9-12	Flunixin (Cronyxin® 50 mg/g)	für 250 kg Körpergewicht p. o.

Tag post-OP	Schmerzmedikation	Dosierung und Darreichungsform
13-15	Flunixin (Cronyxin® 50 mg/g)	für 250 kg Körpergewicht p. o.
	Phenylbutazon (Phenylbutarium® 100 mg/ml)	5,5 ml p. o.
16-19	Flunixin (Cronyxin® 50 mg/g)	für 250 kg Körpergewicht p. o.
20-21	Flunixin (Cronyxin® 50 mg/g)	für 250 kg Körpergewicht p. o.
	Firocoxib (Previcox® 57 mg)	0,5 Stück p. o.
22-23	Firocoxib (Previcox® 57 mg)	0,5 Stück p. o.
24-41	Firocoxib (Previcox® 57 mg)	0,5 Stück p. o.
	Gabapentin (Gabapentin® 300 mg)	9 Stück p. o.
42-62	Firocoxib (Previcox® 57mg)	0,5 Stück p. o.

Besitzeranweisung: mitzubehaltende Medikamente Firocoxib (Previcox® 57 mg) und Phenylbutazon (Phenylbutarium® 100 mg/ml).

### 3.2. Schmerzbeurteilung *post operationem*

#### 3.2.1. Manuell durchgeführte Schmerzbeurteilung

Zur Anwendung kamen die Beurteilung des an der VETMEDUNI verwendeten Schmerzscore, der die Erfassung von CPS, HGS und VAS beinhaltet.

Die Erfassung von CPS, HGS und VAS und die klinische Untersuchung erfolgte jeweils um 08:00 und 20:00 und wurde in das elektronische Tierspital Informationssystem (TIS) der Veterinärmedizinischen Universität Wien (VMU) eingetragen. Die Beurteilung wurde von der Diplomandin selbst bzw. von fachkundigem Personal der VMU durchgeführt.

##### 3.2.1.1. Beurteilung der Composite Pain Scale (CPS)

Die auf der VMU angewandte Composite Pain Scale (CPS) umfasst eine Skala der Werte 0-23, wobei der Wert 0 gar nicht schmerzhaft bedeutet und 23 den denkbar schlimmsten Schmerz beschreibt. Der Patient wird zuerst aus der Ferne beobachtet, ohne spezifische Reize zu setzen oder Kontakt aufzunehmen (Beschreibung der CPS siehe Kapitel 2.2.1.).

Beurteilt werden die nachfolgend angeführten Punkte. Zutreffendes wird angekreuzt und im TIS vermerkt.

1) Schmerzgesicht

- a. keine Anzeichen von Schmerzgesicht
- b. Anzeichen von Schmerzgesicht, verschwindet bei Reaktion auf Geräusche
- c. deutliches Schmerzgesicht

2) Allgemeines Schmerzverhalten (Scharren, Schwitzen, Flehmen, Zähneknirschen)

- a. nicht vorhanden
- b. gelegentlich vorhanden
- c. immer vorhanden

3) Position in Box

- a. steht bei der Tür
- b. steht in der Mitte mit Kopf zur Tür
- c. steht in der Mitte mit Kopf zur Seitenwand
- d. steht in der Mitte mit Kopf zur Rückwand

4) Allgemeinbefinden

- a. wach beobachtend oder wartend, steht ruhig oder geht herum, Kopf bewegt sich, verfolgt/reagiert auf Geräusche, Augen offen, wacher Blick, beobachtet Umgebung, reges Ohrenspiel mit Reaktion auf Geräusche
- b. ruhiges Stehen, kaum bzw. nur minimale Kopfbewegungen, Augen halbgeschlossen bis geschlossen, "Blick ins Leere", reagiert auf Geräusche (verzögert) mit Kopf oder Ohrenspiel
- c. ruhiges Stehen, keine Kopfbewegungen, wenig bis keine bzw. verzögerte Reaktion auf Umweltgeräusche oder Bewegungen, Augen offen bis halbgeschlossen, nach "innen" gerichteter (glanzloser) Blick, Ohren seitlich hängend oder rückwärts gerichtet, kein oder sehr verzögertes Ohrenspiel
- d. apathisch, absolut teilnahmslos, kein Ohrenspiel oder rastlos, unruhig, häufiger Positionswechsel

## 5) Gliedmaßenbelastung

- a. gleichmäßige, "pferdetypische" Gewichtsverteilung (Hufe im Rechteck) oder schildern
- b. ungleichmäßige Gewichtsverteilung, Gliedmaßen vorgestellt bzw. unter den Körper gestellt
- c. wiederholtes Gewichtsverlagern, Beugen oder Hochheben der Extremität mit kurzer Entlastung bzw. Belastung, oder fehlende Belastung einer Gliedmaße

## 6) Körperhaltung und allgemeines Verhalten

- a. ruhiges Stehen ohne Scharren, gegen Bauch treten, Schweif schlagen
- b. Scharren und/oder gegen den Bauch treten und/oder Schweif schlagen, reiben, beißen einer Körperstelle 1-2 mal/5 min
- c. Scharren und/oder gegen den Bauch treten und/oder Schweif schlagen, reiben, beißen einer Körperstelle 3-4 mal/5 min
- d. Scharren und/oder gegen den Bauch treten und/oder Schweif schlagen, reiben, beißen einer Körperstelle > 5 mal/5 min
- e. Niederwerfen, wiederholt niederlegen, Wälzen, Unruhe, Abnorme Körperhaltung (Sägebockhaltung/Körperhaltung wie beim Urinieren)

## 7) Kopfhöhe, (Bezug Ohrbasis)/-bewegung

- a. Kopf über bzw. auf Widerristhöhe, keine Anzeichen von Unbehagen
- b. Kopf unterhalb des Widerrists, ohne oder mit wiederholten Kopfbewegungen zur Seite oder nach oben/unten, gelegentliches Umschauen zur Flankengegend (1-2 mal/5 min)
- c. Kopf unterhalb des Widerrists, ohne oder mit wiederholtes ruckartiges Kopfschlagen zur Seite oder nach oben/unten, häufiges Umschauen zur Flankengegend (3-4 mal/5 min)
- d. Kopf tief am Boden oder ununterbrochenes Kopfschlagen oder ständiges Umschauen zur Flankengegend

## 8) Verhalten beim Herantreten an die Box und ansprechen des Pferdes (schnalzen mit der Zunge) oder bei Bewegung vor der Box

- a. zeigt sich aufmerksam, schaut bzw. kommt sofort, neugierig, reagiert auf Schnalzen bzw. Bewegung prompt
- b. reagiert verzögert auf Ansprache bzw. mit schreckhafter oder nervöser Reaktion, schaut her bzw. hin, bleibt stehen
- c. schaut nicht hin, reagiert maximal mit dem Ohr, bewegt sich nicht bzw. verweigert Bewegung

- d. keinerlei Reaktion auf Ansprache bzw. Bewegung vor der Box, schaut nicht, verändert seine Position nicht
- 9) Appetit wenn Futter in der Box vorhanden ist oder beim Anbieten mit der Hand
- a. frisst Heu, nimmt Heu bereitwillig aus der Hand
  - b. zeigt wenig Interesse, zupft wenig Heu, nimmt es zögerlich aus der Hand, ohne es zu kauen
  - c. zeigt keinerlei Interesse an Heu

### 3.2.1.2. Beurteilung des Schmerzgesichtes

Die Beurteilung des Schmerzgesichtes erfolgt an der VMU angelehnt an die Horse Grimace Scale (HGS) nach Dalla Costa et al. (2014). Hierbei wurde die Stellung der Ohren, Veränderungen an der Gesichtsmuskulatur, der Tonus der Kaumuskulatur, die Spannung der Muskulatur der Augenlider, Form des Mauls, der Nüstern und der Muskulatur des Kinns erfasst (Beschreibung des Schmerzgesichtes siehe Kapitel 2.2.3.). Die Skala des Schmerzgesichtes umfasst die Werte 0-10, wobei 0 gar nicht schmerzhaft bedeutet und 10 den denkbar schlimmsten Schmerz beschreibt.

Das Schmerzgesicht wird nach den folgenden Punkten beurteilt:

- 1) Ohren
  - a. Ohren gespitzt
  - b. Ohren seitlich abgekippt oder nach hinten zeigend
- 2) Blick
  - a. offener, wachsamer Blick, entspannte Muskulatur um das Auge, Lider normal weit geöffnet
  - b. in sich gekehrter Blick, angespannte Muskulatur um das Auge
- 3) Nüstern
  - a. Nüstern entspannt
  - b. Nüstern gebläht
- 4) Maul
  - a. Maul erscheint im Profil rund, Lippen sind eher schlaff
  - b. Maul erscheint im Profil eckig durch angespannte Lippenmuskeln, Kinn zuckt
- 5) Kaumuskulatur
  - a. Kaumuskulatur entspannt

- b. Kaumuskulatur angespannt

### **3.2.1.3. Beurteilung der Visual Analogue Scale (VAS)**

Die Visual Analogue Scale (VAS) umfasst die Werte 0-10, wobei 0 nicht schmerzhaft und 10 denkbar schlimmster Schmerz bedeutet (Beschreibung der VAS siehe Kapitel 2.2.2.). Die Anweisung lautet "Beurteilen sie Ihre persönliche Einschätzung des Schmerzes auf einer Skala von 0-10".

### **3.2.2. Erfassung der Vitalparameter Herzfrequenz, Atemfrequenz und innere Körpertemperatur**

Der Wallach wurde über die gesamte Zeit des stationären Aufenthaltes auf der VMU mehrmals täglich untersucht. Die Vitalparameter HF, AF und IKT des Pferdes wurden je nach Verlauf unterschiedlich oft erhoben, jedoch mindestens zweimal täglich. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden in das TIS von den jeweiligen UntersucherInnen eingetragen. Für diesen Case Report wurden alle Werte pro Tag als Mittelwerte ermittelt.

### **3.2.3. Sensor- und videobasierte Time-Budget Analyse**

Zur Ermittlung der Time Budgets wurden drei verschiedene Methoden, zwei tragbare Sensoren und eine kamerabasierte, mit den dazugehörigen Tracking Apps, herangezogen. Der „Acaris Horse Protector®“ arbeitet mittels Echtzeit-Videoaufnahmen und gleichzeitiger Analyse des Verhaltens. „Hoofstep®“ und „Trackener®“ arbeiten über am Pferdekörper befestigte Sensoren mit Accelerometern (Beschleunigungssensoren).

#### **3.2.3.1. Acaris Horse Protector®**

Der „Acaris Horse Protector®“ (ACARiS® GmbH, Hamburg, Deutschland) arbeitet mittels Bilderkennung und künstlicher Intelligenz. Eine spezielle hochauflösende 4K-Weitwinkelkamera in Kombination mit einer Infrarotlampe ermöglicht das Monitoring sowohl am Tag als auch in der Nacht. Die Kamera wurde in der rechten oberen Ecke in der Pferdebox montiert und mit dem Internet verbunden. Das System überwacht die Bewegungen und das

Verhalten des Pferdes in Echtzeit. Der Acaris Horse Protector® erkennt Änderungen im Verhalten des Pferdes und kann darauf hinweisen, wenn ein Problem vermutet wird.

Ein Algorithmus erkennt automatisch anhand der Bewegung des Pferdes das Verhalten und erfasst so die Zeitkontingente für Raufutter fressen, Kraffutter fressen, Wasser trinken, Bewegung, Liegen und Stehen.

Über die Acaris®-App kann auf den Livestream, gespeicherte Bilder und Videos der letzten zwei Tage zugegriffen werden. Der Acaris Horse Protector® arbeitet damit ohne Sensoren am Pferd.

In der App wird die Tagessumme aller Verhaltenskontingente in Stunden und Minuten angegeben. In den von der Firma zur Verfügung gestellten Daten mittels csv.-file werden die Daten in Sekunden pro Stunde bereitgestellt.

### **3.2.1.2. HoofStep®**

Hoofstep® (HoofStep®, Halmstad, Schweden) ist ein Start-Up aus Schweden und arbeitet über tragbare Sensoren, die mittels speziell angepasstem Halfter an der Stirn angebracht werden und über einen Algorithmus aus den Daten des Accelerometers die Zeitbudgets für das Fress- und Trinkverhalten sowie dem Ruheverhalten in Prozent pro Stunde liefern. Über Beschleunigungssensoren werden die Informationen über die Position eines Körpers im Raum erhoben, indem Veränderungen der Geschwindigkeit des Körpers gemessen werden. Die Sensoren messen die auf sie wirkenden Beschleunigungskräfte und wandeln diese in digitale Signale um, welche von der App verarbeitet werden, um die Bewegung und Lage des Körpers zu analysieren. Von Hoofstep® werden unter anderem Aktivitäten wie Rasten (Stehen) und Fressen erkannt. Außerdem erfasst das Hoofstep®-System Zeitkontingente für „Aktivität“ und „gesteigerte Aktivität“. Das Kontingent „Aktivität“ bezieht sich auf Zeit, in der das Pferd aktiv war, sich aber langsam bewegt hat. „Gesteigerte Aktivität“ hingegen bezieht sich auf Zeit, die in höherem Tempo verbracht wurde, wie beispielweise bei schnelleren Gangarten. Auch Kopfschütteln und ähnlich schnelle Bewegungen werden zu dieser Kategorie gezählt. In der App und in dem von der Firma zur Verfügung gestellten csv.-file werden diese Daten in Prozent pro Stunde angegeben. Das Liegen wird nicht mit diesem Sensor erfasst.

### **3.2.1.3. Trackener®**

Das Trackener®-System (Trackener®, London, Großbritannien) erfasst das jeweilige Zeitkontingent für Stehen, Liegen und Bewegung und unterscheidet dabei auch die Gangart. Das portable Trackener®-System (140 × 50 × 30 mm, Gewicht: 190 g) beinhaltet einen Beschleunigungsmesser, ein Gyroskop, ein Barometer und einen Temperatursensor (Kelemen et al. 2021). Der Sensor wird zwischen den Vorderbeinen an der Brust mittels speziellen Sleeve befestigt (siehe Abb. 1).

Die Daten werden in der App als Minuten pro Stunde angezeigt. Im zur Verfügung gestellten csv.-file sind sie als Dauer in Sekunden für jedes Verhaltenskontingent über den Messzeitraum angegeben, woraus dann die Dauer pro Stunde errechnet werden kann. Nicht erfasst wird das Zeitkontingent „Fressen“.



Abb. 1. Pferd ausgestattet mit Trackener®-System (Schwarzer Gurt um den Brustkorb) und Hoofstep®-Sensor am Kopf befestigt mittels Halfter

Tab. 4: Auflistung der drei Tracker mit den jeweiligen von ihnen erfassten Zeitkontingenten

Verhaltenskategorie	Acaris	Hoofstep	Trackener
Fressen	x	x	–
Liegen	x	–	x
Stehen	x	(x, Rasten)	x

Trinken	x	–	–
Bewegung	–	–	x
Aktivität	–	x	–
Gesteigerte Aktivität	–	x	–
Rasten	–	x	–

### 3.3. Auswertung und Statistik

Die Daten der verschiedenen Tracker werden als Mittelwert und Standardabweichung (SD), Median, Minimum und Maximum angeführt und als Prozent pro Tag für den jeweiligen Messzeitraum aufgelistet.

Vom Acaris Horse Protector® wurden Statistiken für die Zeitkontingente „Liegen“, „Stehen“, „Trinken“ und „Futteraufnahme“ über 24 Tage ermittelt. Von Hoofstep® wurden Statistiken für die Zeitkontingente „Rasten (Stehen)“, „Futteraufnahme“, „Aktivität“ und „gesteigerte Aktivität“ über 24 Tage berechnet. Von Trackener® wurden Statistiken für die Zeitkontingente „Liegen“, „Stehen“ und „Bewegung“ über 19 Tage ermittelt.

Da die Tracker nicht alle die gleichen Verhaltenskategorien aufzeichnen (siehe Tab. 4), wurden die jeweiligen gleichen Parameter miteinander verglichen, um festzustellen ob die Systeme zu den gleichen Messergebnissen kommen. Mögliche signifikanten Unterschiede wurden mittels one-way-ANOVA berechnet. Verglichen wurde das Zeitkontingent „Liegen“ zwischen Acaris Horse Protector® und Trackener® (siehe Tab. 9), „Futteraufnahme“ zwischen Acaris Horse Protector® und Hoofstep® (siehe Tab. 11) und der Vergleich für das Zeitkontingent „Stehen“ fand zwischen Acaris Horse Protector® und Hoofstep® statt (siehe Tab. 13). Mittels Bland-Altman-Analyse wurde berechnet, wie stark sich die unterschiedlichen Messsysteme in der Erfassung der miteinander verglichenen Zeitkontingente voneinander unterscheiden.

Mittels Pearson Korrelationstest wurde überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen CPS und HF und AF besteht, sowie zwischen den von den Trackern ermittelten Zeitkontingenten.

Eine Signifikanz wurde angenommen bei einem p-Wert <0.05. Zur Statistischen Analyse wurde die Software NCSS (NCSS 2023 Statistical Software (2023). NCSS, LLC. Kaysville, Utah, USA, [ncss.com/software/ncss](https://ncss.com/software/ncss)) verwendet.

#### 4. ERGEBNISSE

Das Pony war insgesamt 64 Tage an der VMU stationär aufgenommen. In diesen Zeitraum wurden nach der OP verschiedene diagnostische und therapeutische Maßnahmen durchgeführt, welche in Tabelle 1 angeführt werden.

Das Pony wurde über 24 Tage, mit Ausnahme von Trackener® (21 Tage), von allen drei Überwachungssystemen beobachtet. Die erhobenen Verhaltensdatendaten wurden jeweils in Prozent pro Tag angegeben.

##### 4.1. Schmerzevaluierung während des Klinikaufenthalts

In nachfolgender Tabelle finden sich die Mittelwerte der erhobenen Untersuchungswerte (CPS, HGS, VAS, HF, AF, IKT, Serumamyloid A (SAA)) des jeweiligen Tages. Einige Daten waren nicht an allen Tagen vorhanden; die leeren Felder weisen darauf hin, dass an dem Tag keine Daten im TIS vermerkt worden sind. Besonderheiten wie an dem Tag durchgeführter Verbandswechsel (VBW), Röntgen (Rö), Hufkorrektur (H), Physiotherapie (PT) und Bewegungstherapie (BT) wurden zusätzlich vermerkt (siehe Tab. 5).

Tab. 5: Auflistung der Tagesmittelwerte der Ergebnisse der Schmerzskalen, physiologischer Parameter und SAA

Operationstag	CPS	HGS	VAS	HF	AF	IKT	SAA mg/l	Besonderheiten
0	7,00	6,00	3,50	53	26	37,60	1,2	Rö
1	4,75	4,25	3,73	68	23	38,26		Rö, VBW
2				49	20	38,00		
3	10,00	6,00	6,70	56	18	38,20		VBW
4	6,00	2,00	3,80	44	15	37,33		
5	2,00	2,00	1,80	39	18	37,47		
6	0,50	0,00	0,95	37	13	37,50		

Operation- stag	CPS	HGS	VAS	HF	AF	IKT	SAA mg/l	Besonder- heiten
7			6,25	46	14	37,85		
8	1,00	1,00	2,00	41	12	37,40		VBW
9	1,50	1,50	0,50	37	15	37,45		
10	1,00	1,00	1,55	37	15	37,23		
11	0,00	0,00	1,95	42	17	37,43		VBW
12	1,00	1,00	3,50	40	13	37,50		
13	0,50	1,00		40	13	37,50		VBW
14	1,50	0,00	2,00	37	14	37,57		
15	1,00	0,00		45	22	37,33		
16	2,50	0,50	2,00	46	13	37,52	10,7	VBW
17	1,00	1,00	2,30	41	18	37,10		
18	1,00	0,00		40	19	37,23		
19	2,50	0,50	2,90	39	12	37,30		
20			3,35	38	11	37,53		Rö, VBW
21			2,00	42	14	37,37		
22	3,00	0,00	2,60	43	13	37,25		
23	2,00	0,00	2,43	37	14	37,37		
24	2,00	0,00	3,50	40	19	37,43		
25	1,00	0,00	0,00	38	12	37,33		
26	0,00	0,00	1,00	36	12	37,50		VBW
27	6,00	1,00		37	15	37,47		

Operation- stag	CPS	HGS	VAS	HF	AF	IKT	SAA mg/l	Besonder- heiten
28	0,00	0,00	1,00	40	17	37,60		
29	0,00	0,00	0,90	38	16	37,50		VBW, H
30	0,00	0,00	1,00	38	14	37,40		
31			1,00	44	16	37,60		
32	0,00	0,00	1,00	46	16	37,60		
33	2,00	0,00	1,75	45	16	37,60		
34				38	16	37,35		VBW
35	1,00	0,00	0,60	36	17	37,30		
36				36	15	37,50		VBW
37			1,40	42	14	37,65		
38	0,00			46	12	37,40		
39			4,90	45	12	37,55		
40			3,00	33	28	37,55		
41	1,00	0,00	0,50	38	15	37,80		H
42	1,00	0,00	1,00	36	11	37,35		BT
43				36	12	37,60		H, BT
44	1,00	0,00	0,50	42	12	37,35		
45	1,00	0,00	1,00	36	12	37,20		BT
46	1,00	0,00	1,00	36	13	37,45		
47	1,50	0,50	2,05	40	12	37,25		BT, PT



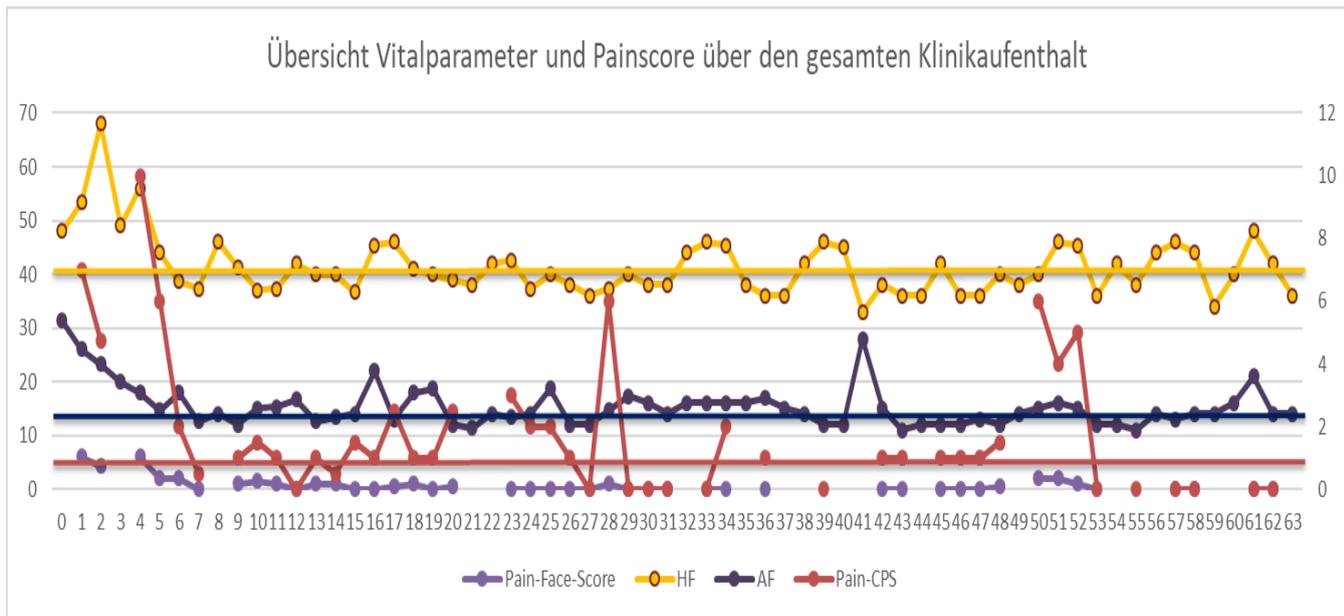


Abb. 2: Übersicht Vitalparameter und Schmerzscore, Linien farblich an die Datenlinien angepasst zeigen die Referenzmittelwerte der jeweiligen Parameter an.

Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Mittelwerten der CPS und dem Operationstag ( $p < 0.53658$ ), ebenso nicht für HF ( $p < 0.62583$ ) und AF ( $p < 0.39612$ ).

## 4.2. Ergebnisse der Time-Budget-Tracking-Apps

### 4.2.1. Ergebnisse Acaris Horse Protector®

Die Ergebnisse pro Tag sind in Tabelle 6 im Detail angegeben.

Für die Berechnungen zum Zeitkontingent "Liegen" von Acaris Horse Protector® in Prozent pro Tag ergab sich ein Mittelwert von 32,19 % mit einer Standardabweichung von 5,42 %. Der Median liegt bei 32,88 %, das Minimum bei 23,76 % und das Maximum bei 45,05 %.

Tab. 6: Acaris Horse Protector® Zeitkontingente für „Liegen“, „Stehen“ bzw. „Rasten“, „Trinken“ und „Futteraufnahme“ (Rau- und Krafftutter zusammengezählt) angegeben in Prozent pro Tag.

Operationstag	„Liegen“	„Stehen“	„Trinken“	„Futteraufnahme“
-1	32,94	34,40	0,08	32,66

0	23,86	52,23	0,25	23,91
1	33,67	43,04	0,07	23,29
2	30,80	46,57	0,21	22,63
3	31,69	47,46	0,33	20,85
4	29,36	53,09	0,19	17,55
5	45,05	33,22	0,19	21,73
6	38,23	48,01	0,10	13,76
7	38,99	40,67	0,21	20,34
8	37,04	36,31	0,23	26,66
9	37,93	32,30	0,41	29,76
10	39,25	30,13	0,09	30,62
11	30,65	30,56	0,02	38,79
12	34,48	29,99	0,07	35,53
13	26,79	47,58	0,08	25,64
14	32,88	36,78	0,15	30,34
15	31,31	35,04	0,09	33,65
16	34,59	36,95	0,05	28,47
17	35,86	35,91	0,07	28,23
18	31,07	38,00	0,05	30,93
19	34,09	34,14	0,02	31,77
20	24,15	43,47	0,14	32,38
21	31,21	38,88	0,02	29,92
22	23,76	41,42	0,04	34,82
23	27,62	31,61	0,10	40,76
24	35,41	24,06	0,13	40,53

Die Berechnungen zum Zeitkontingent "Stehen" von Acaris Horse Protector® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 38,21 % mit einer Standardabweichung von 7,54 %. Der Median liegt bei 36,95 % das Minimum bei 24,06 % und das Maximum bei 53,09 %.

Das Zeitkontingent "Trinken" von Acaris Horse Protector® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 0,13 % mit einer Standardabweichung von 0,12 %. Der Median liegt bei 0,09 % das Minimum bei 0,02 % und das Maximum bei 0,41 %.

Das Zeitkontingent "Futterraufnahme" von Acaris Horse Protector® in Prozent pro Tag ergab sich einen Mittelwert von 27,34 % mit einer Standardabweichung von 7,35 %. Der Median liegt bei 28,23 %, das Minimum bei 13,76 % und das Maximum bei 40,76 %.

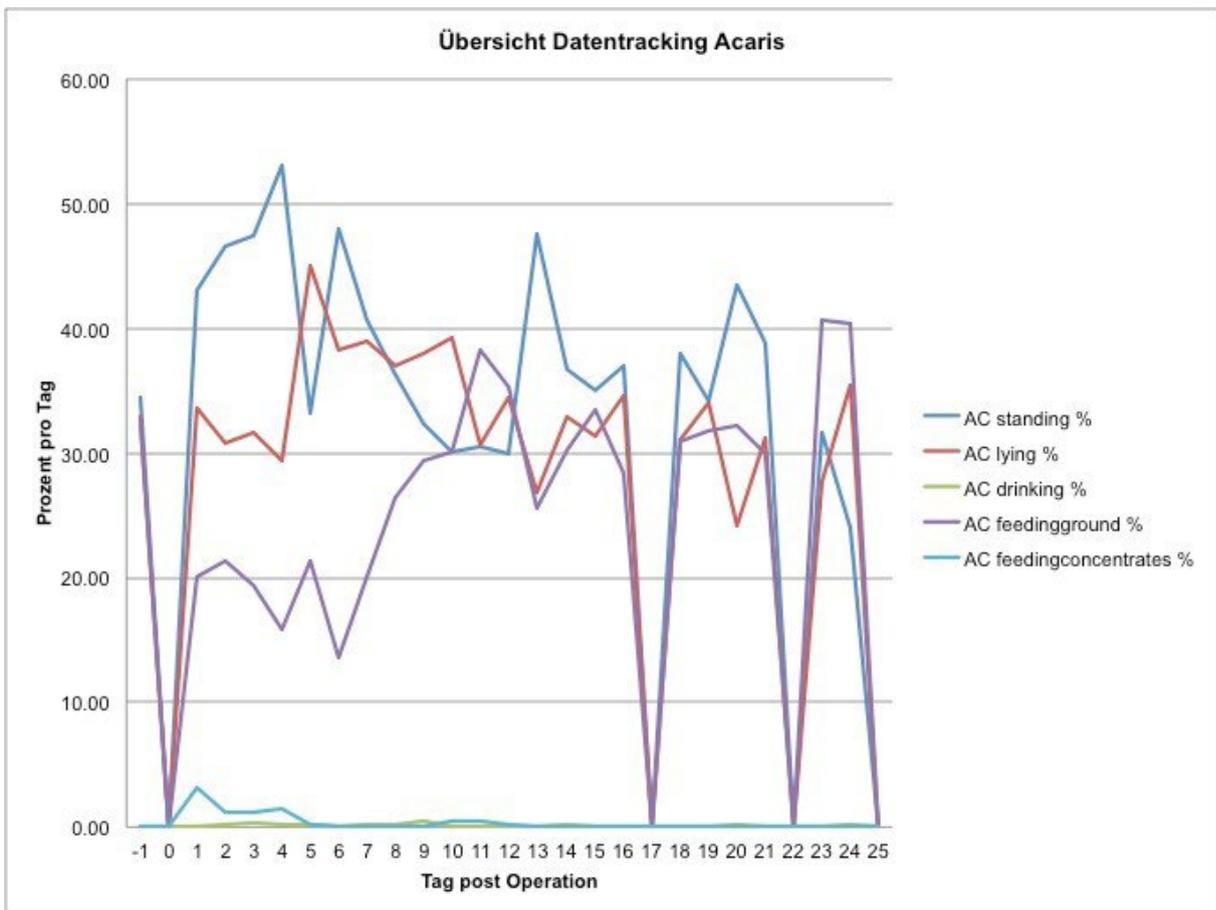


Abb. 3: Übersicht der gemessenen Zeitkontingente von Acaris®, AC=Acaris®. Am Tag 17, 22 und 25 gab es keine Messwerte. Ebenso wurde die Messung am Tag 0, dem Operationstag nicht ausgewertet.

#### 4.2.2. Ergebnis HoofStep®

Die Einzelergebnisse pro Tag sind in Tabelle 7 angegeben.

Die durch Hoofstep® erhobenen Daten wurden über 24 Tage ermittelt. An insgesamt 5 Tagen (Tag 8, 12, 15, 16, 17) waren auf Grund von Verbindungsproblemen mit dem Auswertungsserver keine Daten zur Verfügung. Diese Datenausfälle sind in der Tabelle als „fehlt“ vermerkt.

Tab. 7: Hoofstep® Zeitkontingente für „Rasten“, „Futteraufnahme“, „Aktivität“, „gesteigerte Aktivität“ angegeben in Prozent pro Tag

Operations- tag	„Rasten“	„Futteraufnahme“	„Aktivität“	„gesteigerte Aktivität“
-1	31,12	50,92	13,29	4,68
0	45,45	26,14	20,57	7,85
1	54,69	30,89	12,38	2,04
2	55,26	31,60	8,44	4,70
3	57,61	26,99	8,91	6,49
4	56,43	29,36	8,04	6,16
5	56,14	33,62	5,10	5,14
6	62,72	20,67	7,06	9,55
7	55,82	30,21	8,92	5,05
8	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
9	31,35	37,06	28,26	3,34
10	38,45	51,43	6,46	3,66
11	46,33	39,61	5,55	8,51
12	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
13	45,03	50,68	1,76	2,53
14	36,28	40,89	19,61	3,21
15	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
16	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
17	fehlt	fehlt	fehlt	fehlt
18	52,43	39,90	4,43	3,25
19	51,29	39,77	6,93	2,02

Operations- tag	„Rasten“	„Futteraufnahme“	„Aktivität“	„gesteigerte Aktivität“
20	49,85	38,77	6,97	4,40
21	46,05	41,69	6,91	5,34
22	49,74	41,73	6,39	2,13
23	49,94	38,08	7,56	4,42
24	47,49	44,45	4,15	3,90

Das Zeitkontingent "Rasten" von Hoofstep® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 48,03 % mit einer Standardabweichung von 8,99 %. Der Median liegt bei 49,79 %, das Minimum bei 31,12 % und das Maximum bei 62,72 %.

Das Zeitkontingent "Futteraufnahme" von Hoofstep® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 38,74 % mit einer Standardabweichung von 8,77 %. Der Median liegt bei 39,77 %, das Minimum bei 20,67 % und das Maximum bei 51,43 %.

Das Zeitkontingent "Aktivität" von Hoofstep® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 9,33 % mit einer Standardabweichung von 6,55 %. Der Median liegt bei 7,06 %, das Minimum bei 1,76 % und das Maximum bei 28,26 %.

Das Zeitkontingent "gesteigerte Aktivität" von Hoofstep® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 4,70 % mit einer Standardabweichung von 2,43 %. Der Median liegt bei 4,40 %, das Minimum bei 2,02 % und das Maximum bei 9,55 %.

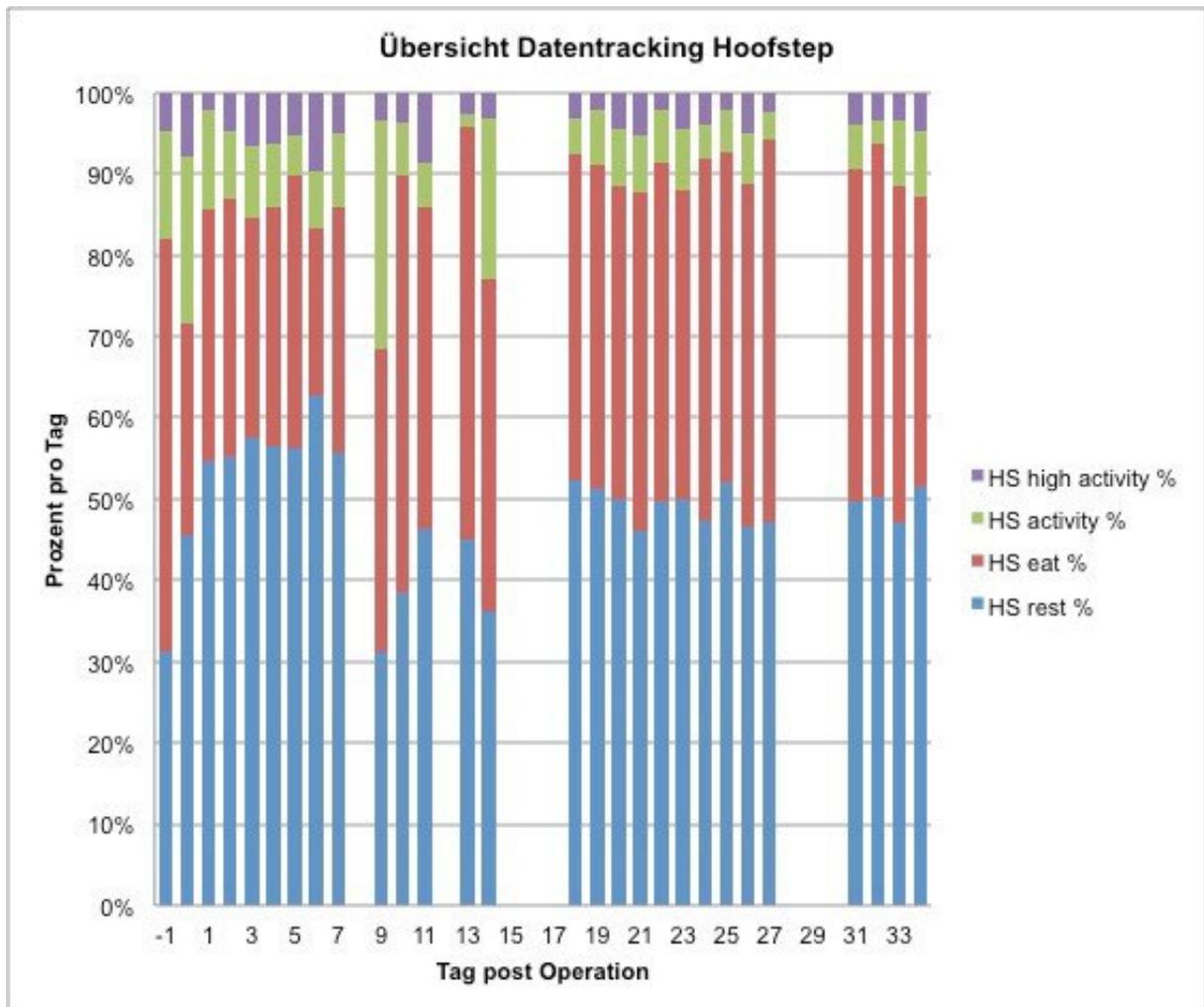


Abb. 4: Übersicht der Zeitkontingente gemessen von Hoofstep®, HS=Hoofstep®

### 4.2.3. Ergebnisse Trackener®

Die Einzelergebnisse pro Tag sind in Tabelle 8 angegeben.

Die Daten von Trackener® sind über 21 Tage gemessen worden.

Tab. 8: Trackener® Zeitkontingente für „Liegen“, „Stehen“, „Bewegung“

Operationstag	„Liegen“	„Stehen“	„Bewegung“
-1	59,31	40,69	2,64
0	57,36	42,64	11,39
1	40,40	59,60	4,28
2	45,58	54,42	3,14
3	33,18	66,82	2,77
4	37,23	62,77	2,26
5	46,92	53,08	2,23
6	41,53	58,47	3,74
7	46,60	53,40	2,79
8	46,18	53,82	2,88
9	42,58	57,42	2,11
10	37,64	62,36	2,30
11	34,15	65,85	2,87
12	33,84	66,16	2,76
13	31,06	68,94	2,82
14	30,21	69,79	2,67
15	37,37	62,63	3,23
16	34,56	65,44	4,05
17	38,20	61,80	3,25
18	40,44	59,56	2,66
19	40,23	59,77	2,94

Das Zeitkontingent "Liegen" von Trackener® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 41,67 % mit einer Standardabweichung von 9,88 %. Der Median liegt bei 40,40 %, das Minimum bei 30,21 % und das Maximum bei 59,31 %.

Das Zeitkontingent "Stehen" von Trackener® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 58,33 % mit einer Standardabweichung von 9,88 %. Der Median liegt bei 59,56 %, das Minimum bei 40,23 % und das Maximum bei 69,79 %.

Das Zeitkontingent "Bewegung" von Trackener® in Prozent pro Tag ergab einen Mittelwert von 2,94 % mit einer Standardabweichung von 0,75 %. Der Median liegt bei 2,77 %, das Minimum bei 2,11 % und das Maximum bei 4,05 %.

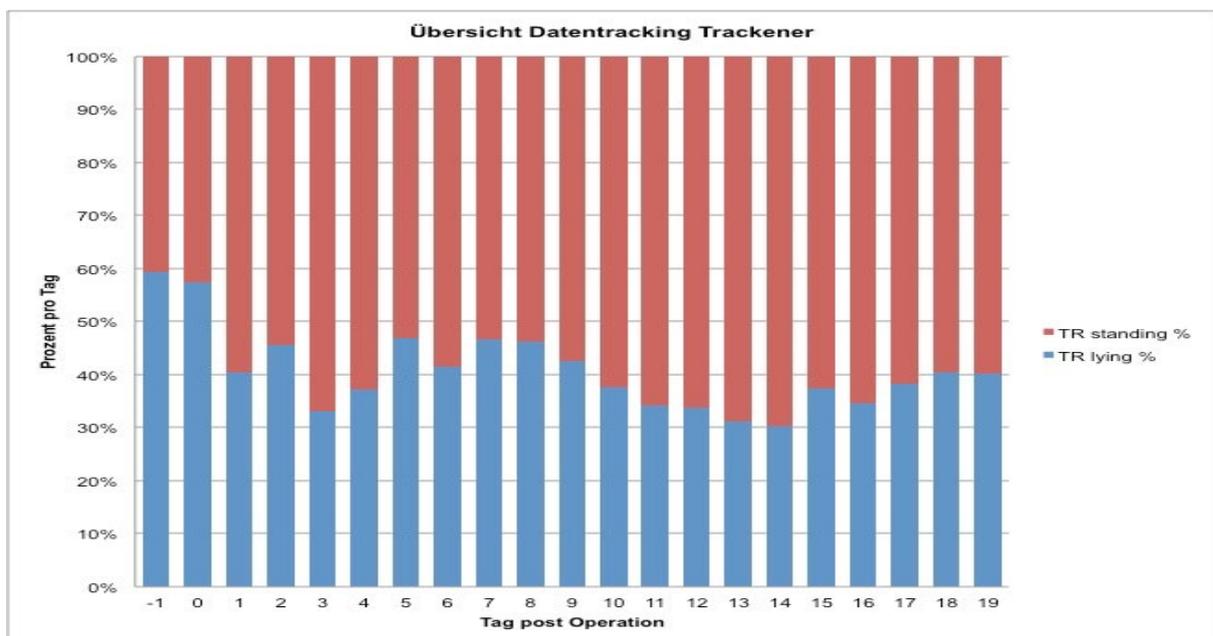


Abb. 5: Übersicht der Zeitkontingente Stehen und Liegen. Bewegung ist in dieser Graphik nicht abgebildet, gemessen von Trackener®, TR=Trackener®

#### 4.2.4. Vergleich der ermittelten Zeitkontingente zwischen den drei Trackern

Tab. 9: Tabellarische Gegenüberstellung der Liegedaten von Acaris Horse Protector® und Trackener®, angegeben in Prozent pro Tag

Liegezeiten	Acaris Horse Protector®	Trackener®
Mittelwert	32,19	41,67
+/- Standardabweichung	5,42	9,88
Median	32,88	40,40
Minimum	23,76	30,21
Maximum	45,05	59,31

Der p-Wert betrug  $p < 0,76965$  und weist keinen signifikanten Unterschied zwischen den erhobenen Messergebnissen zum Zeitkontingent „Liegen“ auf. Die Bland-Altman Analyse kam zu dem Ergebnis, dass sich die Zeitkontingente für „Liegen“ von Trackener® und Acaris Horse Protector® durchschnittlich um rund 1 % unterscheiden (siehe Tab. 10). An fast allen Messtagen erfasste Trackener® einen höheren Prozentsatz Liegen im Vergleich zu Acaris Horse Protector® (siehe Abb. 7).

Tab. 10: Bland-Altman Analyse für das Zeitkontingent „Liegen“ von Trackener® und Acaris Horse Protector®

Limits of Agreement =  $\text{Diff} \pm 1.96 \times (\text{Std Dev of Difference})$

Parameter	Count	Value	Standard Deviation	95.0% LCL of Value	95.0% UCL of Value
Bias (Difference)	19	1.350433	19.80034	-8.193027	10.89389
Lower Limit of Agreement	19	-37.45824	7.903852	-54.06361	-20.85286
Upper Limit of Agreement	19	40.1591	7.903852	23.55373	56.76448

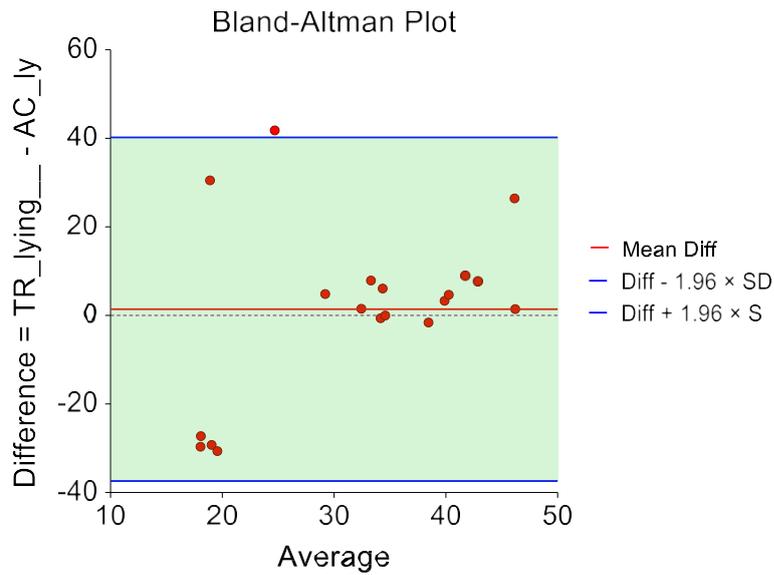


Abb. 6: Bland-Altman-Plot der Messsysteme Trackener® und Acaris Horse Protector® für das Zeitkontingent „Liegen“

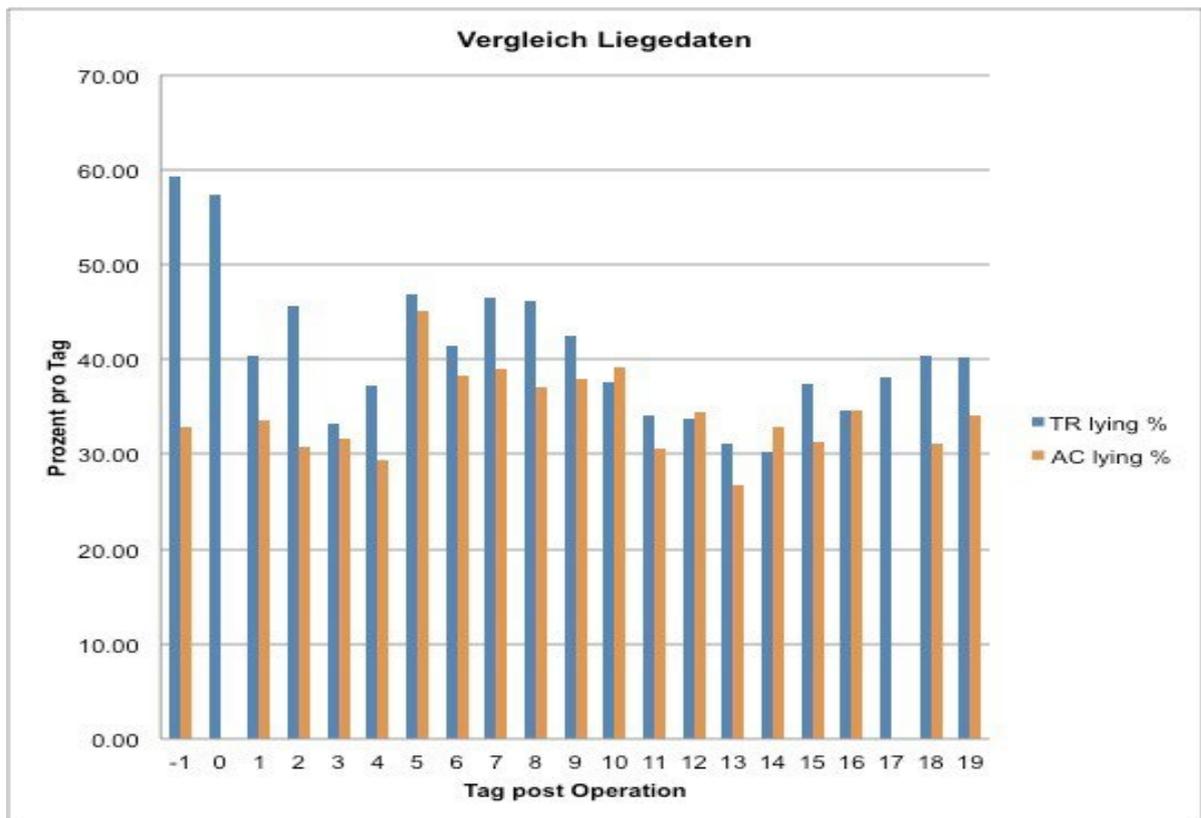


Abb. 7: Vergleiche der Messergebnisse zu den Liegedaten von Trackener® und Acaris Horse Protector®, TR=Trackener®, AC=Acaris®

Tab. 11: Tabellarische Gegenüberstellung der Zeitkontingente „Futteraufnahme“ von Acaris Horse Protector® und HoofStep®

Futteraufnahme	Acaris Horse Protector®	HoofStep®
Mittelwert	27,34	38,74
+/-Standardabweichung	7,35	8,77
Median	28,23	39,77
Minimum	13,76	20,67
Maximum	40,76	51,43

Der p-Wert betrug  $p < 0,06320$  und weist hiermit auf keinen signifikanten Unterschied zwischen den erhobenen Messergebnissen zum Zeitkontingent „Fressen“ hin.

Die Bland-Altman Analyse kam zu dem Ergebnis, dass sich die Zeitkontingente für „Fressen“ von Hoofstep® und Acaris Horse Protector® zu rund 9 % unterscheiden (siehe Tab. 12). Hoofstep® ermittelte an allen Tagen einen höheren prozentsatz der Verhaltens Fressen im Vergleich zu Acaris Horse Protector® (siehe Abbildung 9).

Tab. 12: Bland-Altman Analyse für das Zeitkontingent „Fressen“ von Hoofstep® und Acaris Horse Protector®

Limits of Agreement =  $\text{Diff} \pm 1.96 \times (\text{Std Dev of Difference})$

Parameter	Count	Value	Standard Deviation	95.0% LCL of Value	95.0% UCL of Value
Bias (Difference)	19	9.332858	20.54601	-0.5700033	19.23572
Lower Limit of Agreement	19	-30.93733	8.201507	-48.16806	-13.7066
Upper Limit of Agreement	19	49.60305	8.201507	32.37232	66.83377

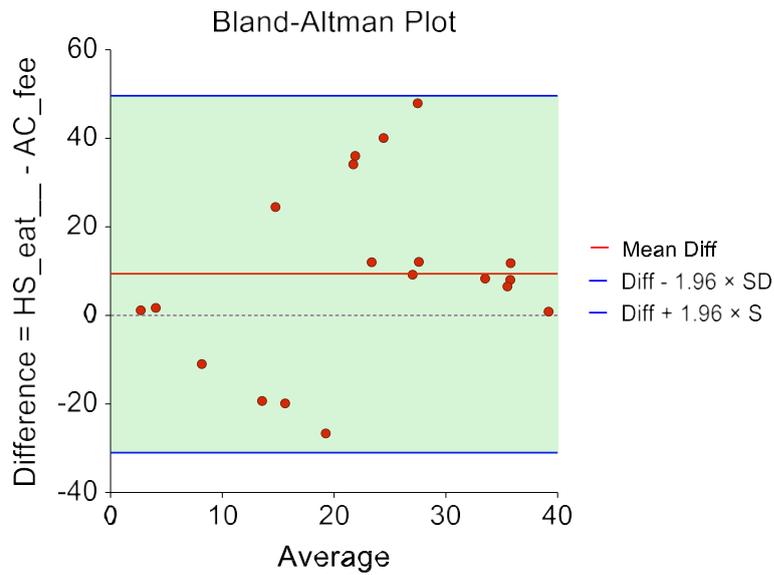


Abb. 8: Bland-Altman-Plot der Messsysteme Hoofstep® und Acaris Horse Protector® für das Zeitkontingent „Fressen“

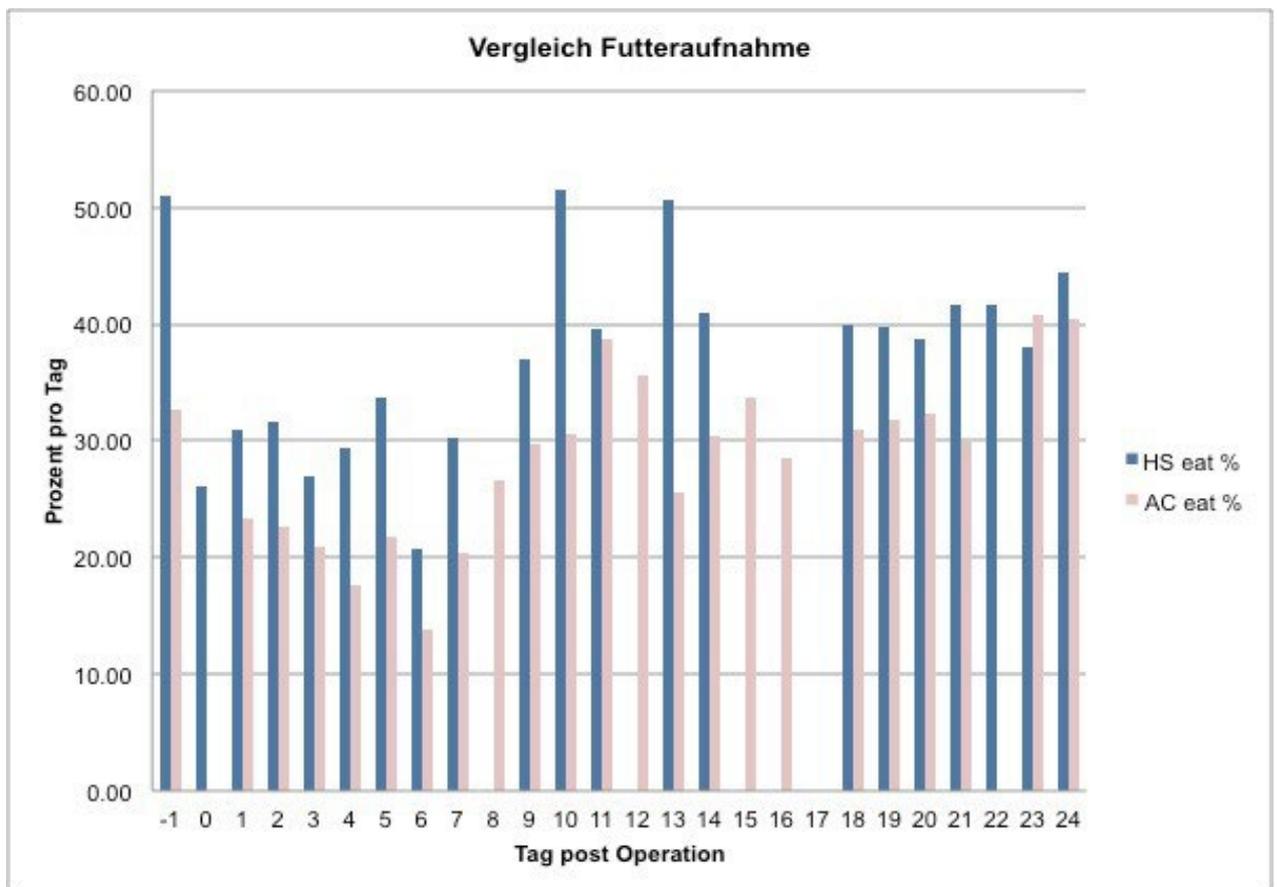


Abb. 9: Vergleich der Fresszeiten gemessen von Hoofstep® und Acaris®

Tab. 13: Tabellarische Gegenüberstellung der Zeitkontingente „Stehen“ von Acaris Horse Protector® und Hoofstep®

Stehzeiten	Acaris Horse Protector®	Hoofstep®
Mittelwert	38,21	48,03
+/-Standardabweichung	7,54	8,99
Median	36,95	49,79
Minimum	24,06	31,12
Maximum	53,09	62,72

Der p-Wert betrug  $p < 0,0005$ , wonach ein signifikanter Unterschied zwischen den erhobenen Messergebnissen von Hoofstep® und Acaris® zum Zeitkontingent „Stehen“ ermittelt werden konnte.

Die Bland-Altman Analyse kam zu dem Ergebnis, dass sich die Zeitkontingente für „Stehen“ Acaris Horse Protector® und „Rasten“ von Hoofstep® zu rund 15 % unterscheiden (siehe Tab. 14).

Tab. 14: Bland-Altman Analyse für Rastzeit von Hoofstep® mit Stehzeit von Acaris Horse Protector®

Limits of Agreement =  $\text{Diff} \pm 1.96 \times (\text{Std Dev of Difference})$

Parameter	Count	Value	Standard Deviation	95.0% LCL of Value	95.0% UCL of Value
Bias (Difference)	19	14.69373	15.12884	7.401864	21.9856
Lower Limit of Agreement	19	-14.9588	6.039093	-27.64646	-2.271133
Upper Limit of Agreement	19	44.34626	6.039093	31.6586	57.03392

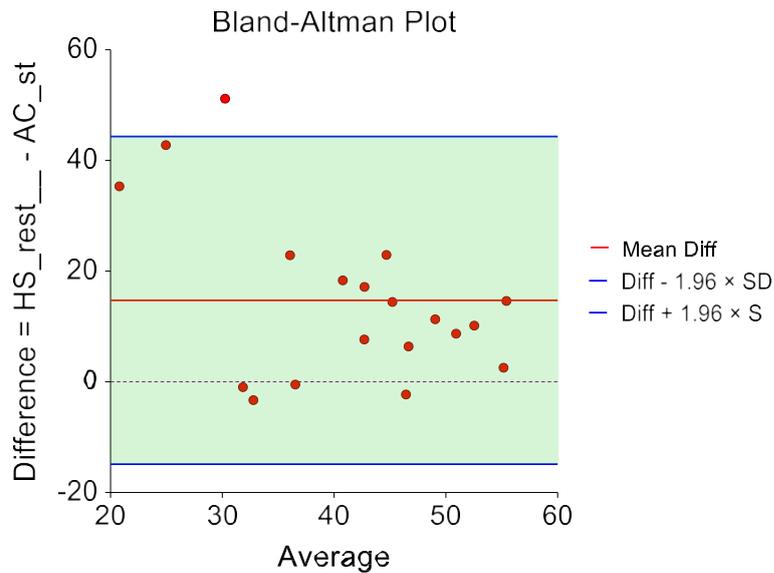


Abb. 10: Bland-Altman-Plot der Messsysteme Hoofstep® und Acaris Horse Protector® für das Zeitkontingent „Stehen“

#### 4.2.5. Analyse der Ergebnisse über den Beobachtungszeitraum

Die Liegezeiten über den Beobachtungszeitraum von 24 Tagen waren nicht signifikant unterschiedlich (Trackener®  $p < 0,8472$ , Acaris Horse Protector®  $p < 0,9990$ ).

Die Zeitkontingente für „Fressen“ (Hoofstep®  $p < 0,87427$ , Acaris Horse Protector®  $p < 0,5083$ ) waren ebenfalls nicht signifikant unterschiedlich.

Die Zeitkontingente für „Stehen“ waren nicht signifikant unterschiedlich über den gesamten Messzeitraum (Acaris Horse Protector®  $p < 1,0$ , Hoofstep®  $p < 0,599$ ).

In keinem der genannten Vergleiche konnte hiermit ein signifikanter Unterschied über den beobachtungszeitraum mit den verwendeten Messmethoden nachgewiesen werden.

#### 4.2.6. Vergleich der CPS mit dem Zeitkontingent „Fressen“ von Hoofstep®

Es konnte kein Zusammenhang zwischen CPS und den von den jeweiligen Messsysteme ermittelten Zeitkontingenten für Fressen, Rasten, Stehen und Liegen ermittelt werden. Der Pearson Korrelationskoeffizient ergab einen Wert von  $-0,0209$ .

Es bestand jedoch ein signifikanter ( $p < 0,0381$ ,  $r = 0,465$ ) Zusammenhang zwischen CPS und der HF und AF ( $p < 0,0345$ ,  $r = 0,453$ ).

## 5. DISKUSSION

In dem hier vorgestellten Fallbericht eines Ponys mit einer vier Monate alten Fraktur, die mittels Osteosynthese behandelt wurde, konnten Parameter für Verhalten, Vitalwerte und Schmerzscores über einen langen Zeitraum kontinuierlich erfasst werden. Zusammenfassend kann man sagen, dass das Pony die Operation sehr gut überstanden hat und die Heilung problemlos verlaufen ist. Die Schmerzhaftigkeit konnte mit der angewandten Schmerztherapie auf einem sehr niedrigen Niveau gehalten werden. Die Erfassung der Zeitkontingente hat mit wenigen Ausnahmen ebenfalls sehr gut funktioniert.

Die CPS-Werte waren zu Messbeginn hoch und sanken im Verlauf des Beobachtungszeitraumes auf ein für diesen Fall zufriedenstellendes Niveau. Über den Beobachtungszeitraum konnten immer wieder Peaks in der CPS festgestellt werden (siehe Abb. 2). An den Tagen 1-4 *post operationem* wurden in der CPS hohe Werte verzeichnet. An Tag 3 fand ein Verbandswechsel statt (siehe Tab. 5). Die Schmerzmedikation zu der Zeit erfolgte mittels MLK-CRI und Flunixin (Niglumine® 50 mg/ml) (siehe Tab. 3). An Tag 27 wurde in der CPS ein Wert von 6 vermerkt. Am Tag davor wurde ebenfalls ein Verbandswechsel vorgenommen (siehe Tab. 5). Die Schmerzmedikation in diesem Zeitraum bestand zu dem Zeitpunkt aus einer Therapie mit Firocoxib (Previcox® 57mg) und Gabapentin (Gabapentin® 300mg) (siehe Tab. 3). An Tag 49 wurde ein CPS-Wert von 6 verzeichnet, was mit einem Verbandswechsel am Vortag in Zusammenhang stehen könnte. Zusätzlich wurde an Tag 48 ein Röntgen durchgeführt und ein Angussverband angelegt (siehe Tab. 5). Aus diesen Beobachtungen heraus kann vermutet werden, dass durch die Verbandswechsel die Stellung der Extremität verändert wurde, was zu einem vermehrten, aber nur kurzfristigen höheren Schmerzlevel führte. Die relativ kurze Dauer der Schmerzpeaks lässt auf eine adäquate Reaktion des Patienten auf die Therapie schließen. Es konnten in Perioden der Medikationsänderung keine nennenswerten Veränderungen im Verlauf der CPS verzeichnet werden, was auf erfolgreiche Umstellungen der Schmerztherapie schließen lässt.

Die hohen CPS-Werte korrelieren mit der erhöhten AF und der HF in demselben Zeitraum, aber nicht mit den gemessenen Zeitkontingenten. Dies lässt sich durch eine Erhöhung der Vitalparameter bei vermehrter Schmerzhaftigkeit erklären und räumt den Vitalparametern als zusätzliche Tools zur Schmerzerkennung eine gewisse Bedeutung ein, vor allem wenn es sich um akut auftretende Schmerzen handelt. AF und HF sind jedoch keine spezifischen Indikatoren für Schmerz, da Veränderungen dieser Parameter auch durch zahlreiche

pathoätiologische Vorgänge bedingt sein können. Dementsprechend kann ein adäquates Schmerzmonitoring nur durch die Kombination mehrerer Methoden erfolgen.

Bei dem in dieser Arbeit vorgestellten Case Report liegt die mittlere Liegezeit pro Tag bei 32 % (Acaris Horse Protector®) bzw. 42 % (Trackener®). Sie war an allen Tagen überdurchschnittlich hoch im Vergleich zu Liegezeiten in der Literatur. Um ausreichend erholsamen REM-Schlaf erreichen zu können und so einen vollständigen Schlafzyklus zu vollenden, muss es Pferden möglich sein, sich niederlegen zu können (Kelemen et al. 2021). In der Studie von Kelemen et al. (2021) wurde bei 83 Pferden eine mittlere Liegezeit von 67,4 Minuten pro Tag festgestellt. Im Durchschnitt verbrachten diese Pferde etwa 4,68 % innerhalb von 24 Stunden im Liegen. Pferde, bei denen REM-Schlafdefizite festgestellt werden konnten, wiesen signifikant niedrigere Liegezeiten auf. Im Durchschnitt verbrachten Pferde mit REM-Schlaf Defizit nur 7,99 Minuten pro Tag im Liegen, dies entspricht in etwa 0,55 % innerhalb von 24 Stunden (Kelemen et al. 2021). Es kann angenommen werden, dass das Pferd aus dem vorliegenden Case Report keine REM-Schlaf Defizite zu verzeichnen hatte. Die Tatsache, dass die Liegezeiten bei dem Pony so hoch waren, könnte ein Hinweis darauf sein, dass es gut mit seinen Umweltbedingungen zurechtgekommen ist. Es dürfte auch eine Strategie gewesen sein, möglichst wenig in einer unangenehmen und schmerzhaften Stehphase zu bleiben und sich immer wieder für längere Zeit hinzulegen.

Die erhobenen anderen Zeitkontingente zeigten keine signifikante Veränderung über den gesamten Beobachtungszeitraum und korrelierten auch nicht mit dem Schmerzscore. Dies lässt darauf schließen, dass die Schmerztherapie erfolgreich war und die Schmerzhaftigkeit keine wesentliche Auswirkung auf das Verhalten des Ponys zeigte. Bei geringgradigen Schmerzen konnte kein wesentlicher Einfluss auf das Fressverhalten festgestellt werden (Egan et al. 2021). Aus der Studie von Price et al. (2003) ist allerdings bekannt, dass Schmerzen nach einer Arthroskopie sehr wohl das Verhalten signifikant verändern. In dem vorliegenden Fall kann das vermehrte Liegen als Indikator für Schmerzen gewertet werden. Durch das Liegen verringerte sich dieses Unbehagen. Dadurch veränderte sich die gesamte prozentuelle Zusammensetzung der Tages-Zeitbudgets des Ponys, also auch die der anderen Verhaltensparameter wie Stehen und Fressen.

Die erhobenen Zeitkontingente für „Liegen“ von Acaris Horse Protector® und Trackener® waren annähernd gleich. Bei einer Validierungsstudie für Trackener® wurde eine nur sehr minimale Abweichung der Liegezeiten im Vergleich zu einem manuellen Score festgestellt (Sinovich et al. 2021). Für Acaris® gelten ähnliche Genauigkeiten (Auer und Ertelt 2022).

Alle anderen Parameter zeigen größere Abweichungen zwischen den einzelnen Messsystemen. Die Abweichung zwischen den Messsystemen pro Tag betrug 9 % für Fressen und 15 % für Stehen bzw. Rasten. Das macht dieses System grundsätzlich weniger gut geeignet, um damit über die Zeitkontingente auf die Schmerzhaftigkeit zu schließen. Sehr wohl lässt sich ein Trend ablesen wieviel Zeit ein Pferd mit diesen Basisverhaltensweisen verbringt.

Ein Grund für die Unterschiede zwischen den Sensoren kann die Positionierung der Sensoren sein. Laut den Forschungsergebnissen von Thompson (2017) ist die Platzierung des Bewegungssensors an der Brust die Lokalisation mit der geringsten Genauigkeit im Vergleich zur Positionierung am Widerrist oder am Hinterbein (Thompson 2017). Trackener® arbeitet mit einem Sensor an der Brust, bei Hoofstep® wird der Sensor an der Stirn platziert.

Ein weiterer Grund könnten die unterschiedlichen Algorithmen sein, die hinter den Maßsystemen stehen. Das System vom Acaris Horse Protector® unterscheidet sich in seiner Funktionsweise grundsätzlich von Hoofstep® und Trackener®, denn dieser Tracker arbeitet nicht mittels Sensoren am Pferd, sondern über digitale Bilderkennung durch eine Kamera. Es ist anzunehmen, dass die Unterschiede bei den erhobenen Messergebnissen im Vergleich der Zeitkontingente untereinander auf die verschiedenen AI-Modelle, die hinter den drei verschiedenen Trackern stehen, zurückzuführen sind. Eine Verbesserung der zugrundeliegenden AI-Algorithmen ist anzustreben, um die Fehlinterpretation zu minimieren. Die Vergleichbarkeit wird sich damit mit großer Wahrscheinlichkeit verbessern.

Um die Schmerztherapie bestmöglich zu gestalten, ist eine Optimierung des Schmerzmonitorings essenziell. Um weitere Erkenntnisse im Bereich der Schmerzevaluierung zu erhalten, könnte weiterführend das manuelle Schmerzmonitoring kombiniert Time-Budget-Tracking-Apps angewandt und mit den untersuchten Methoden verglichen werden. Dies ist auch für die veterinärmedizinische Praxis von Bedeutung, da nicht immer mit einem Vorhandensein von diesen Messsystemen zu rechnen ist.

## **6. ZUSAMMENFASSUNG**

### **6.1. Inhalte der Arbeit**

Der hier vorgestellte Fallbericht befasst sich mit der Fragestellung, ob die Erfassung und Quantifizierung von Schmerz beim equinen hospitalisierten Patienten über die Analyse von Zeitkontingenten und Verhaltensänderungen möglich ist. Die Zeitkontingente wurden von drei unterschiedlichen Apps erfasst, ausgewertet und anschließend mit den auf der VMU angewandten Schmerzskalierungssystemen und Vitalparametern verglichen. Die Hypothese lautet, dass die von den Apps gemessenen Verhaltensveränderungen, im Zusammenhang mit bei den Untersuchungen erhobenen Werten, auf das Schmerzgeschehen des Pferdes schließen lassen.

### **6.2. Material und Methoden**

Die Analyse des Schmerzgeschehens und der Zeitkontingente erfolgte bei einem Ponywallach, welcher auf der VMU mit einer vier Monate alten Fraktur des linken Metacarpus vorgestellt wurde und insgesamt 64 Tage stationär aufgenommen war.

Nach Osteosynthese wurde das Pferd hinsichtlich seines Schmerzgeschehens und damit verbundenen Verhaltensänderungen beobachtet.

Zur Beurteilung des Schmerzgeschehens wurden die an der VMU verwendeten Schmerzscores angewandt. Zur Ermittlung der Zeitkontingente und Verhaltensänderungen wurden drei verschiedene Tracking-Apps verwendet. Der „Acaris Horse Protector®“ arbeitet mittels Echtzeit-Videoaufnahmen und gleichzeitiger Analyse des Verhaltens. „Hoofstep®“ und „Trackener®“ arbeiten über am Pferdekörper befestigte Sensoren mit Accelerometern.

Zusätzlich wurden Vitalparameter des Pferdes erfasst.

Anschließend wurden die erfassten Zeitkontingente mit den Ergebnissen der Schmerzscores und den Vitalparametern verglichen.

### **6.3. Ergebnisse**

Für diesen Case Report eines Ponys mit vier Monate alter Metacarpusfraktur, die mittels Osteosynthese behandelt wurde, wurden Verhaltensänderungen, Vitalparameter und Schmerzscores über einen langen Zeitraum kontinuierlich erfasst. Die Analyse der Zeitkontingente funktionierte mit wenigen Ausnahmen sehr gut.

Um die Schmerztherapie bestmöglich zu gestalten, könnte die Erfassung von Verhaltensänderungen, in Kombination mit Ergebnissen der klinischen Untersuchung und Schmerzevaluierung mittels Schmerzskalen, einen vielversprechenden Ansatz in der Veterinärmedizin bieten.

Die kombinierte Anwendung der Analyse von Time-Budget-Tracking-Apps, Schmerzskalen und Vitalparametern könnte die Schmerzevaluierung beim stationär aufgenommenen Pferdepatienten deutlich erleichtern.

## **7. SUMMARY**

### **7.1. Contents of this paper**

This case report addresses the question of whether it is possible to detect and quantify pain in equine hospitalised patients via analysing the horse's time contingents and behavioural changes.

The time contingents were tracked and analysed by three different apps. The results were then compared to pain scaling systems, which are currently used at the VMU and to vital parameters. The hypothesis is that the behavioural changes measured by the apps, when combined with the results from clinical and pain related assessments, would be indicative of the horse's pain levels.

### **7.2. Material and methods**

The assessment of pain occurrence and analysis of time contingents was performed on a pony gelding with a four-month-old fracture of the left metacarpus. The horse was hospitalised at VMU for a total of 64 days.

After osteosynthesis, the horse was monitored for its pain history and associated changes in behaviour.

The pain scores used at the VMU were applied to assess the occurrence of pain. Three different tracking apps were used to determine time contingencies and behavioural changes. "Acaris Horse Protector®" works by real-time video analysis and the simultaneous analysis of behaviour. "Hoofstep®" and "Trackener®" work via sensors attached to the horse's body with accelerometers.

Additionally, vital signs of the horse were recorded.

Subsequently, the recorded time contingencies were compared with the results of the pain scores and the vital parameters.

### **7.3. Results**

This case report involved a pony with a four-month-old metacarpal fracture treated with osteosynthesis. Behavioural changes, vital signs, and pain scores were recorded continuously over an extended time period. With few exceptions, the analysis of time contingencies worked very well. In order to best manage pain, the detection of behavioural changes, in combination

with results from clinical examinations and pain evaluation using pain scales, could offer a promising approach in the field of veterinary medicine. The combined usage of time-budget tracking apps, pain scales, and vital signs could greatly facilitate pain evaluation of the hospitalised equine patients.

## 8. ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abb. 1. Pferd ausgestattet mit Trackener®-System (Schwarzer Gurt um den Brustkorb) und Hoofstep®-Sensor am Kopf befestigt mittels Halfter

Abb. 2: Übersicht Vitalparameter und Schmerzscore, Linien farblich auf die Datenlinien abgestimmt zeigen die Referenzmittelwerte der jeweiligen Parameter an.

Abb. 3: Übersicht der gemessenen Zeitkontingente von Acaris®, AC=Acaris®

Abb. 4: Übersicht der Zeitkontingente gemessen von Hoofstep®, HS=Hoofstep®

Abb. 5: Übersicht der Zeitkontingente gemessen von Trackener®, TR=Trackener®

Abb. 6: Bland-Altman-Plot der Messsysteme Trackener® und Acaris Horse Protector® für das Zeitkontingent „Liegen“

Abb. 7: Vergleiche der Messergebnisse zu den Liegedaten von Trackener® und Acaris Horse Protector®, TR=Trackener®, AC=Acaris®

Abb. 8: Bland-Altman-Plot der Messsysteme Hoofstep® und Acaris Horse Protector® für das Zeitkontingent „Fressen“

Abb. 9: Vergleich der Fresszeiten gemessen von Hoofstep® und Acaris®

Abb. 10: Bland-Altman-Plot der Messsysteme Hoofstep® und Acaris Horse Protector® für das Zeitkontingent „Stehen“

Tab. 1: Prämedikation

Tab. 2 Einleitung

Tab. 3: Auflistung der Schmerzmedikation über den gesamten Zeitraum des Klinikaufenthalts

Tab. 4: Auflistung der drei Tracker mit den jeweiligen von ihnen erfassten Zeitkontingenten

Tab. 5: Auflistung der Tagesmittelwerte der Ergebnisse der Schmerzskaalen, physiologischer Parameter und SAA

Tab. 6: Acaris Horse Protector® Zeitkontingente für „Liegen“, „Stehen“ bzw. „Rasten“, „Trinken“ und „Futteraufnahme“ (Rau- und Krafftutter zusammengezählt) angegeben in Prozent pro Tag

Tab. 7: Hoofstep® Zeitkontingente für „Rasten“, „Futteraufnahme“, „Aktivität“, „gesteigerte Aktivität“ angegeben in Prozent pro Tag

Tab. 8: Trackener® Zeitkontingente für „Liegen“, „Stehen“, „Bewegung“

Tab. 9: Tabellarische Gegenüberstellung der Liegedaten von Acaris Horse Protector® und Trackener®, angegeben in Prozent pro Tag

Tab. 10: Bland-Altman Analyse für das Zeitkontingent "Liegen" von Trackener® und Acaris Horse Protector®

Tab. 11: Tabellarische Gegenüberstellung der Zeitkontingente „Futteraufnahme“ von Acaris Horse Protector® und HoofStep®

Tab. 12: Bland-Altman Analyse für das Zeitkontingent "Fressen" von Hoofstep® und Acaris Horse Protector®

Tab. 13: Tabellarische Gegenüberstellung der Zeitkontingente „Stehen“ von Acaris Horse Protector® und Hoofstep®

Tab. 14: Bland-Altman Analyse für Rastzeit von Hoofstep® mit Stehzeit von Acaris Horse Protector®

## 9. ANHANG

Ich bedanke mich bei meiner Betreuerin Ulrike Auer für die durchgehend verlässliche und unterstützende Zusammenarbeit.

Sabrina, danke für deinen wertvollen Beistand seit Beginn des Studiums. Danke Miri und Jenny für die wundervolle Studienzeit mit euch und die emotionale und fachliche Unterstützung. Danke Paula, Clemens und Jenny dass ihr immer da seid, wenn ich euch brauche. Danke Miranda für deine emotionale Unterstützung. Danke Pino und Poppy.

## 10. LITERATURVERZEICHNIS

- Auer U. 2016. Schmerzmanagement beim Pferd. Wiener Tierärztliche Monatsschrift-Veterinary Medicine Austria, 103.
- Auer U, Ertelt K. 2022. Validation of a commercially available automated video tracking system for horses. Abstract AVA Meeting, Napflion.
- Auer U, Mosing M. 2013. Scriptum Anästhesie.
- Broomé S, Glerup KB, Andersen PH, Kjellström H. 2019. Dynamics are Important for the Recognition of Equine Pain in Video.
- Bussi eres G, Jacques C, Lainay O, Beauchamp G, Leblond A, Cador e JL, Desmaizi eres LM, Cuvelliez SG, Troncy E. 2008. Development of a composite orthopaedic pain scale in horses. Research in Veterinary Science, 85(2):294–306.
- Dalla Costa E, Minero M, Lebelt D, Stucke D, Canali E, Leach MC. 2014. Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a Pain Assessment Tool in Horses Undergoing Routine Castration. PLOS ONE, 9(3):e92281.
- Egan S, Kearney CM, Brama PAJ, Parnell AC, McGrath D. 2021. Exploring stable-based behaviour and behaviour switching for the detection of bilateral pain in equines. APPLIED ANIMAL BEHAVIOUR SCIENCE.
- Glerup KB, Lindegaard C. 2016. Recognition and quantification of pain in horses: A tutorial review. Equine Veterinary Education, 28(1):47–57.
- Glerup KB, Forkman B, Lindegaard C, Andersen PH. 2015. An equine pain face. Veterinary Anaesthesia and Analgesia, 42(1):103–114.
- Hjelm-Bj orkman AK, Kapatkin AS, Rita HJ. 2011. Reliability and validity of a visual analogue scale used by owners to measure chronic pain attributable to osteoarthritis in their dogs.
- Kelemen Z, Grimm H, Long M, Auer U, Jenner F. 2021. Recumbency as an equine welfare indicator in geriatric horses and horses with chronic orthopaedic disease. Animals, 11(11).
- Kronsteiner B. 2017. Anwendung des Horse Grimace Scale: Wie viele Schmerzgesichter sieht man an der Pferdeklinik der Veterin rmedizinischen Universit t Wien
- Pader K, Freeman LJ, Constable PD, Wu CC, Snyder PW, Lescun TB. 2011. Comparison of transvaginal natural orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES) and laparoscopy forelective bilateral ovariectomy in standing mares.
- Price J, Catriona S, Welsh EM, Waran NK. 2003. Preliminary evaluation of a behaviour-based system for assessment of post-operative pain in horses following arthroscopic surgery. Veterinary anaesthesia and analgesia, 30(3):124–137.
- Pritchett LC, Ulibarri C, Roberts MC, Schneider RK, Sellon DC. 2003. Identification of potential physiological and behavioral indicators of postoperative pain in horses after exploratory celiotomy for colic. Applied Animal Behaviour Science, 1(80):31–43.
- Scheunert A 1879-1957, Trautmann A 1884-1952. 1965. Lehrbuch der Veterin r-Physiologie.
- Sellon DC, Roberts MC, Bliklager AT, Ulibarri C, Papich MG. 2004. Effects of Continuous Rate Intravenous Infusion of Butorphanol on Physiologic and Outcome Variables in Horses after Celiotomy. Journal of Veterinary Internal Medicine, 18(4):555–563.
- Sinovich M, Hewetson M, Lombardi M, Issard P, Archer D. 2021. D. Hospital-Based Validation of a Commercially Available Remote Activity Tracker for Determining Behaviour Changes, Including Colic, in Horses. Equine Vet. Educ., 22–33.
- Thompson CJ. 2017. Sensor Placement Effects Acceleration Data for Monitoring Equine Activity. 139.

- Torcivia C, McDonnell S. 2020. In-person caretaker visits disrupt ongoing discomfort behavior in hospitalized equine orthopedic surgical patients. *Animals*, 10(2).
- Torcivia C, McDonnell S. 2021. Equine discomfort ethogram. *Animals*, 11(2):1–19.