

Aus dem Department für Kleintiere und Pferde
der Veterinärmedizinischen Universität Wien
Abteilung für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin
(Leiterin: Priv.-Doz. Dr.med.vet. Ulrike Auer)

Analyse der Körperhaltung zur Abschätzung des Emotionszustandes von Pferden

Diplomarbeit

Zur Erlangung der Würde einer
Magistra Medicinae Veterinariae
der Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Sandra Kurras

Wien, im Juni 2021

Analyse der Körperhaltung zur Abschätzung
des Emotionszustandes von Pferden

Betreuerin:

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

aus dem Department für Kleintiere und Pferde

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Abteilung für Anästhesiologie und perioperative Intensivmedizin

Veterinärmedizinische Universität Wien

Veterinärplatz 1

1210 Wien

Gutachterin:

XXX

Klinisches Department für Kleintiere und Pferde

Universitätsklinik für XXX

Veterinärmedizinische Universität Wien

Veterinärplatz 1

1210 Wien

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich auf diesem Weg begleitet, motiviert und unterstützt haben, allen voran meinem besten Freund und Ehemann Mathias, für die alltägliche Unterstützung und Hilfe während der gesamten Studienzeit, besonders aber in der Diplomphase.

Ebenso besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Frau Dr. Ulrike Auer, die immer ein offenes Ohr für diverse Fragestellungen hatte, mir mit konstruktiven und hilfreichen Vorschlägen stets weitergeholfen hat und deren professionelle Betreuung sehr essenziell war bei der Verfassung dieser Diplomarbeit.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	6
2. Literaturübersicht.....	7
2.1 Schmerz.....	7
2.2 Schmerzskala.....	7
2.3 Schmerzgesicht.....	8
2.4 Körperhaltung.....	10
2.5 Winkelmessung.....	10
3. Material und Methode.....	12
3.1 Material.....	12
3.1.1 Video.....	12
3.1.2 Einschlusskriterien zur Verwendung der Videos.....	12
3.1.3 Programm zur Winkelmessung.....	13
3.2 Methode.....	14
3.2.1 Geometrische Morphologie-Winkelmessung.....	15
3.2.2 Stellung der Gliedmaßen.....	20
3.2.3 Allgemeinverhalten.....	20
3.2.4 Komfortlevel.....	21
3.2.5 Statistische Analyse.....	23
4. Ergebnisse.....	24
4.1 Gliedmaßenstellung.....	25
4.2 Allgemeinverhalten.....	26
4.3 Komfortlevel.....	26
4.4 Zusammenhang zwischen Winkel β und den einzelnen Untersuchungspunkten.....	27
4.4.1 Zusammenhang Gliedmaßenstellung und dem Komfortlevel.....	33
4.4.2 Zusammenhang Allgemeinverhalten und Gliedmaßenstellung.....	34
4.4.3 Zusammenhang Allgemeinverhalten und Komfortlevel.....	35

Analyse der Körperhaltung zur Abschätzung des Emotionszustandes von Pferden

4.5	Entscheidungsbaum	36
5.	Diskussion	39
6.	Zusammenfassung	42
7.	Extended Summary	43
8.	Verzeichnisse	44
8.1	Abkürzungsverzeichnis	44
8.2	Literaturverzeichnis.....	45
8.3	Abbildungsverzeichnis	48
8.4	Tabellenverzeichnis	49
A.	Anhang	50

1. Einleitung

Moderne Pferdemedizin und Pferdechirurgie haben einen enormen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten, in Bezug auf Behandlungen und chirurgische Techniken erzielt (Gleerup und Lindegaard 2016). Die Themen „Schmerz“ und „Schmerzerkennung“ stehen zunehmend im Fokus von Untersuchungen und Forschungsarbeiten (Gleerup und Lindegaard 2016, Graubner, et al. 2011, Gleerup, et al. 2014, van Loon, et al. 2010, Ask, et al. 2020). Pferde können uns nicht direkt sagen, wo und wie sehr sie Schmerzen empfinden. Hinzu kommt, dass sie als Flucht- und Beutetiere evolutionär dazu neigen, Schmerzen vor unbekanntem bzw. fremden Personen zu verbergen (Torcivia und McDonnell 2021).

Um Schmerzen bei Pferden zu erkennen, gibt es unterschiedliche Herangehensweisen. Der Gesichtsausdruck des Pferdes wird häufig für die Schmerzerkennung verwendet. In allen Composite Pain Scales (CPS) ist die Körperhaltung zusätzlich ein wichtiger Punkt (Ask, et al. 2020). Eine aktuelle Studie von (Ask, et al. 2020) kam zu dem Ergebnis, dass das „körperbezogene“ Verhalten wie die Körperhaltung, die Position in der Box und das Interaktionsniveau von den Beobachtern konsistent bewertet und mit großer Übereinstimmung als Hinweis auf Unbehagen interpretiert wurde. Obwohl die Pferde auch eine deutliche Mimik zeigten, stimmten die geschulten Beobachter nicht immer mit dem überein, was sie sahen und das machte es schwieriger, zu einem gemeinsamen Urteil zu gelangen. Kurz: Die Körpersprache war als Indikator für geringgradige (ggr.) Schmerzen zuverlässiger (Ask, et al. 2020). Allerdings stehen jedoch bisher nur wenige wissenschaftlich basierte Daten zur Verfügung, um die Körperhaltung mit der emotionalen Stimmung, wozu auch Schmerz gehört, in Zusammenhang zu bringen (Lesimple, et al. 2012).

Ziel dieser Arbeit ist daher eine Analyse der Körperhaltung zur Abschätzung des Emotionszustandes von Pferden. Dabei liegt die Hypothese zugrunde, dass anhand einer objektiven Winkelmessung, der Kopf-Halshaltung in Bezug zum Widerrist, ein signifikanter geometrisch morphologischer Zusammenhang zwischen dem Emotionszustand und der Körperhaltung gezeigt werden kann.

Um dies zu ermöglichen, soll eine einfache, nicht invasive Methode verwendet werden, um anhand von gut erkennbaren anatomischen Strukturen des Pferdes, schnell, reproduzierbar Messungen zu erzielen. Eine Analyse der Ursache des Emotionszustandes ist dabei nicht Gegenstand der Arbeit.

2. Literaturübersicht

2.1 Schmerz

Schmerz ist eine unangenehme Empfindung und ein emotionales Erlebnis, das mit aktuellen oder potenziellen Gewebeschäden einhergeht. Diese Definition der International Association for the Study of Pain wird auch in der Tiermedizin anerkannt (Molony und Kent 1997). Das Signal eines schmerzhaften Stimulus wird über komplexe neuronale Mechanismen via Rückenmark von peripheren Nozizeptoren ins Gehirn übertragen. Schmerz an und für sich ist, wie Hunger und Durst, ein physiologisches Phänomen. Die neurophysiologische Rolle besteht im Schutz des Tieres vor Gewebeschäden bzw. Schutz vor weiteren Schäden und hat das Ziel Heilung zu fördern. Insofern kann Schmerz auch als physiologisch oder besser adaptiv bezeichnet werden (Driessen 2007).

Um eine Verbesserung im Sinne des Tierschutzes und der Genesung zu erzielen, sollten die Schmerzen auf ein Minimum reduziert werden, was in Folge auch zu einem besseren Behandlungserfolg führt (Bisgaard, et al. 2001). Ein gutes Schmerzmanagement ist allerdings abhängig von der Qualität der Schmerzevaluierung (de Grauw und van Loon 2016).

Im Idealfall ist nach (Gleerup und Lindegaard 2016) die Schmerzevaluierung objektiv, schmerzspezifisch, schnell und einfach in einen gut ausgelasteten Klinikalltag zu integrieren. (Ashley, et al. 2005) definiert die Merkmale einer optimalen Schmerzskala als gleichgewichtet, schmerz sensitiv, rasse- und speziesspezifisch, objektiv und wenig anfällig für Fehlinterpretationen. Bis heute gibt es keine allgemeingültige Skala, welche für alle unterschiedlichen Arten von Schmerzen des Pferdes gleichermaßen gilt (Rutherford 2002).

2.2 Schmerzskala

Einfache deskriptive Beschreibungen von Schmerzen gibt es für bestimmte Schmerzsituationen wie z.B. dem Setzen von Brandzeichen bei Fohlen (Lindegaard, et al. 2009). Der Nachteil dieser Beschreibungen liegt in der Tatsache, dass nur situations- und schmerzbedingte Verhaltensänderungen abgefragt werden (Auer 2016).

Es gibt vier wissenschaftlich anerkannte Schmerzskalen. Zum einen die Equine Utrecht University Scale of Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP) und die Horse Grimace Scale (HGS) – beide konzentrieren sich auf Gesichtsausdrücke unter Schmerzen. Zum anderen die CPS, welche auch die Änderung im interaktiven Verhalten miteinbezieht und die Equine Pain Scale (EPS), welche das interaktive Verhalten und die Stall-Position-Kriterien beschreibt (Ask, et al. 2020).

2.3 Schmerzgesicht

Charles Darwin nahm an, dass Tiere als Reaktion auf emotionale Zustände ähnliche Gesichtsausdrücke aufweisen könnten wie Menschen (Darwin 1872). An verschiedenen Labortieren wie Mäusen, Ratten und Kaninchen wurden bereits mehrere Schmerzgesichtsstudien durchgeführt, die zur Entwicklung von „grimace scales“ für die jeweilige Spezies führten (Lindstedt 2017).

Wenn es um Pferde geht, ist die Forschung auf diesem Gebiet sehr neu und nicht sehr umfangreich. Im Jahr 2011 hat Love und sein Team eine kinematische Analyse verwendet, um festzustellen, dass sich bestimmte Gesichtsausdrücke von Pferden während der Injektionen verändert haben (Love, et al., 2011). Dieser Befund ist später von weiteren Studien validiert worden (Dalla Costa, et al. 2014, Gleerup, et al. 2014).

Nach (Dalla Costa, et al. 2014, Gleerup, et al. 2014) können sechs verschiedene Regionen, sogenannte „facial action units“ definiert werden. Diese „facial action units“ setzen sich aus Haltung der Ohren, der Augenpartie und dem Blick der Augen des Pferdes zusammen. Weiters geben das Pferdemaul, die Nüstern, der Tonus der Kau- und der mimischen Muskulatur Aufschluss über das Wohlbefinden des Pferdes. Wenn mehrere dieser Merkmale zutreffen, wirkt das Gesicht abgeflacht, auch „orbital flattening“ genannt.

Die Beschreibung eines Schmerzgesichts kann ein nützliches Werkzeug sein, um die Schmerzerkennung bei Pferden mit leichten bis mittelschweren Schmerzen zu vereinfachen (Gleerup, et al. 2014). Dabei ist bei der Anwendung des Schmerzgesichtes als Indikator für das Vorhandensein von Schmerzen zu beachten, dass Pferde bei Ansprache und positiver Stimulation aus diesem Schmerzgesicht „heraus-kommen“ können, der schmerzhafteste Gesichtsausdruck aber in Ruhe wieder zurückkehrt. Dies scheint vor allem bei geringgradigen und chronischen Schmerzen vorzukommen (Auer 2016). Die Schmerzbeurteilung kann für Tierärzte umso herausfordernder sein, da sie das Pferd häufig nicht in ihrer gewohnten Umgebung beobachten, sondern in der Pferdeklinik, wo das Pferd gestresst und nervös sein kann. Dies sind Faktoren, welche die Schmerzbeurteilung gleichsam „verstellen“ können (Ask, et al. 2020).

EPS

Das Ziel von (Gleerup und Lindegaard 2016) war es eine allgemeingültige Schmerzskala zu eruiieren, unabhängig von den unterschiedlichen Schmerztypen, welche die Erfahrungen der vorangegangenen Studien zum Thema Schmerz beim Pferd miteinbeziehen. Die EPS beinhaltet die folgenden Verhaltensparameter: das Schmerzverhalten, das Aktivitätslevel, die Position im Stall, die Körperhaltung, die Gewichtsverteilung der jeweiligen Gliedmaßen, die Kopfposition und -bewegung, die Wahrnehmung der schmerzhaften Region, das interaktive Verhalten, den Appetit und das pain face (Gleerup und Lindegaard 2016).

HGS

Bestehende Schmerzskalen haben ihre Limitationen, welche die Anwendbarkeit im täglichen Leben einschränken (Dalla Costa, et al. 2014). Die HGS ist eine allgemeingültige, standardisierte Schmerzskala, basierend auf den Gesichtsausdrücken des Pferdes. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf sechs „facial action units“, welche die Ohren, die Augenumgebung, die Augenlider, die Kaumuskeln, die Nüstern und die Maul- und Kinnpartie genauer definieren. Diese „facial action units“ werden jeweils anhand eines Punktesystems von 0-2 gewichtet und anschließend zusammengezählt und ausgewertet (Dalla Costa, et al. 2014).

EQUUS-FAP

Die EQUUS FAP ist eine multifaktorielle Schmerzskala, welche auf neun Parametern beruht. Die Parameter beschreiben unterschiedliche Regionen des Kopfes und Verhalten des Pferdes. Folgenden Kopfregionen werden bewertet: Kopf, Augenlider, Blick, Nüstern, Maul- und Lippenumgebung, Kopfmuskeltonus und letztlich die Ohren. Zusätzlich wird das Verhalten im Sinne von Flehmen/Gähnen und Zähneknirschen beurteilt. Die Kopfregionen und das Verhalten, werden anhand eines Punktesystems von 0-2 gewichtet und anschließend zusammengezählt und ausgewertet (van Loon, et al. 2010).

2.4 Körperhaltung

In zwei kürzlich erschienenen Publikationen wurden die unterschiedlichen Körperhaltungen in Form eines Ethogramm des Diskomfort zusammengefasst (Torcivia und McDonnell 2021, Torcivia und McDonnell 2020).

Die Körperhaltung von Pferden wird seit einiger Zeit benutzt und ist wissenschaftlich bewiesen geeignet, um tierisches Verhalten und emotionalen Zustand zu beschreiben (Lesimple, et al. 2012). Die Beurteilung der Körperhaltung sowie das Verständnis der Bedeutung der Körperhaltung können schon frühzeitig zu einer genaueren Diagnose und Behandlung von Lahmheit und anderen Problemen bei Pferdepatienten führen (Gellman 2017).

Im Jahr 2014 führte Maximum Horsepower Research eine Studie durch, in der versucht wurde, eine normale neutrale Haltung und eine abnormale kompensatorische Haltung bei Pferden zu charakterisieren. Eine normale Ausgleichshaltung, ist eine Haltung, in der ein Pferd ein gutes mechanisches Gleichgewicht beibehält, und dabei minimale Energie bei maximaler Stabilität verbraucht (Gellman 2017). Wenn Sie auf ebenem Boden stehen, sollten alle vier Rohrbeine wie ein Tisch senkrecht zum Boden stehen (Gellman 2015). Die bequemste und funktionell effizienteste Haltung für ein Pferd, ist mit gesenktem Nacken, angehobenem Rücken und eingerasteter Hinterhand. Diese Haltung ist als funktionelle tragende Haltung bekannt (Camp).

Jedes Mal, wenn ein Pferd unter chronischen Verspannungen oder Beschwerden leidet, gleicht dieses Pferd dies aus, indem es seinen Bewegungsbereich einschränkt und/oder sich auf abnormale Weise bewegt. Wenn ein Pferd häufig mit mehr als einem Bein nicht in der Vertikalen steht, kann dies ein Zeichen für eine abnormale Ausgleichshaltung sein. Es wurde klinisch beobachtet, dass viele Pferde mit chronischer Ausgleichshaltung dazu neigen, ihre Position häufig zu ändern, insbesondere auf harten Bodenoberflächen (Gellman 2017).

2.5 Winkelmessung

Unter Feldbedingungen sind Körperhaltungen nur schwer objektiv zu beurteilen (Lesimple, et al. 2012). Körperhaltungen werden häufig entweder subjektiv oder quantitativ beschrieben, indem nur die Positionen einiger Körperteile beurteilt werden, z.B.: Kopfhaltung im Bezug zum Widerrist. Diese subjektiven Beurteilungen sind Punkte in vielen Schmerzskalen (Sénèque, et al. 2019).

Neuere Studien haben Messungen eines oder mehrerer Winkel zwischen verschiedenen Körperteilen verwendet (Lesimple, et al. 2012, Fureix, Hausberger, et al. 2011). Der neuartige

Zugang die Körperhaltung anhand von anatomischen Strukturen zu beschreiben und durch geometrische Morphometrie zu analysieren, ist bereits in der Biologie für seine detaillierte Beschreibung und seine hohe statistische Aussagekraft bekannt (Fureix, Hausberger, et al. 2011).

(Fureix, Hausberger, et al. 2011) beschäftigte sich in ihrer Studie mit zwei Themenschwerpunkten. Zum einen, Verhalten der Pferde anhand der geometrischen Morphologie zu charakterisieren, zum anderen die Körperhaltung der Pferde, unter unterschiedlichen Haltungsbedingungen und Verwendungszwecken, anhand der geometrischen Morphologie zu vergleichen. Es konnte eine unterschiedliche Körperhaltung der Pferde festgestellt werden, anhand der geometrischen Morphologie. Natürlich gehaltene Pferde, wiesen eine höhere Nackenhaltung und einen runderen Rücken auf. Daraus lässt sich schließen, dass geometrische Morphometrie wirksam ist, um unterschiedliche Körperhaltungen als Funktion unterschiedlicher Kontexte zu erkennen (Fureix, Hausberger, et al. 2011).

(Lesimple, et al. 2012) untersuchte zwei Pferdeguppen, welche unter unterschiedlichen Stallhaltungen gehalten und unterschiedlich gearbeitet wurden, mithilfe von geometrischer Morphologie. Sie kommt zu dem Ergebnis, dass Anhand der geometrischen Daten die Körperhaltung in der natürlichen Umgebung der Tiere gemessen werden können. Es konnte eine Korrelation des Genick-Winkels und dem Wohlbefinden des Pferdes festgestellt werden. Pferde mit einem geringeren Wohlbefinden, nehmen eine höhere Kopf-Halshaltung ein (Lesimple, et al. 2012).

(Sénèque, et al. 2019) untersuchte 85 Schulpferde, hinsichtlich deren Gemütszustand und geometrischer Morphologie. Die geometrische Morphologie diente vor Allem zur Beschreibung der Körperhaltung des Pferdes, mit Schwerpunkt auf dem Rückenprofil. Sie kam zu dem Ergebnis, dass Pferde mit einem minderwertigen Gemütszustand, welche z.B. Stereotypen oder abnormen Verhalten zeigten, einen eher abgeflachten bis hin zu durchgedrückten Rücken haben und sich somit die Verwendung von geometrischer Morphometrie, als wirksame Methode zur Unterscheidung von Populationen bzw. Gruppen mit und ohne Rückenprobleme erwiesen hat (Sénèque, et al. 2019).

3. Material und Methode

3.1 Material

3.1.1 Video

Für die Studie wurden insgesamt 500 Videos gesammelt, welche über einen Zeitraum von mehreren Jahren von verschiedenen Personen zur Verfügung gestellt wurden. Diese Videos wurden anschließend von einer Person analysiert. Die Aufnahmen wurden zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten, sowie in unterschiedlichen Ländern und Regionen gefilmt. Dabei war unerheblich welche Rasse, Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand die Pferde hatten. Die Pferde wurden im Stand der Ruhe gefilmt und dabei so wenig als möglich in ihrem derzeitigen Verhalten beeinflusst bzw. gestört.

3.1.2 Einschlusskriterien zur Verwendung der Videos

Bei der Auswertung der Videos wurden folgende Kriterien festgelegt, um die Eignung der Aufnahmen festzustellen:

1. Die Aufnahmesequenz eine Mindestdauer von 15 Sekunden beträgt.
2. Das Pferd über eine Zeitspanne von mindestens 5 Sekunden dieselbe Position einnimmt.
3. Die Aufnahme gleichmäßig mit ruhiger Kameraführung, ohne Zoomen oder Positionsveränderung der Kamera zum Pferd stattfindet.
4. Das Pferd auf Schulterhöhe des Pferdes orthograd gefilmt wird.
5. Der Winkel α kleiner ist als 10° .

3.1.3 Programm zur Winkelmessung

Um die Winkel und Raster zur Auswertung der geometrisch morphologischen Daten einzuzeichnen, wurde das Programm Kinovea Version 0.8.15 von Joan Charmant & Contrib verwendet.

Kinovea stellt ein Videobearbeitungsprogramm dar, welches geeignet ist, Bilder und Videos zu analysieren, um Fehler in der Technik und Verbesserungspotential im Bewegungsablauf zu finden und damit den Trainingsprozess zu unterstützen. Bewegungen lassen sich detailliert verfolgen und Winkel und andere Maße auswerten und verarbeiten. Kinovea wird als besonders einfach und intuitiv in der Bedienung beschrieben. Im Bereich der Videoanalyse wird Kinovea in der wissenschaftlichen Literatur als die am häufigsten genutzte und an der einfachsten zu bedienenden Software genannt (Moral-Munoz, et al. 2015). Sehr häufig wird Kinovea verwendet, wenn das Ziel der Forschungsarbeit die Messung von Gelenkwinkeln betrifft. Dabei kommt das eingebaute Goniometer, um Winkel im Muskel-Skelett-Apparat zu messen, zum Einsatz (Moral-Munoz, et al. 2015).

3.2 Methode

Die Aufnahme wird als Erstes hinsichtlich der oben genannten Kriterien begutachtet, um eine Eignung für die Arbeit nachzuweisen.

Im nächsten Schritt der Analyse wird die Aufnahme in der Software Kinovea geladen und bis zum ersten geeigneten Zeitpunkt für die Winkelmessung abgespielt.

Zur Analyse wird ein Raster in das Video eingefügt. Die Fixpunkte für das Raster sind einerseits der Tragrand eines beliebigen Hufes (F1) und der höchste Punkt des Widerristes (F2). Die Fixpunkte F1 und F2 sind in der Abbildung 2, mit einem grünen und einem orangenen Pfeil markiert. Das Raster diente als Bezugspunkt für die zu messenden Winkel.

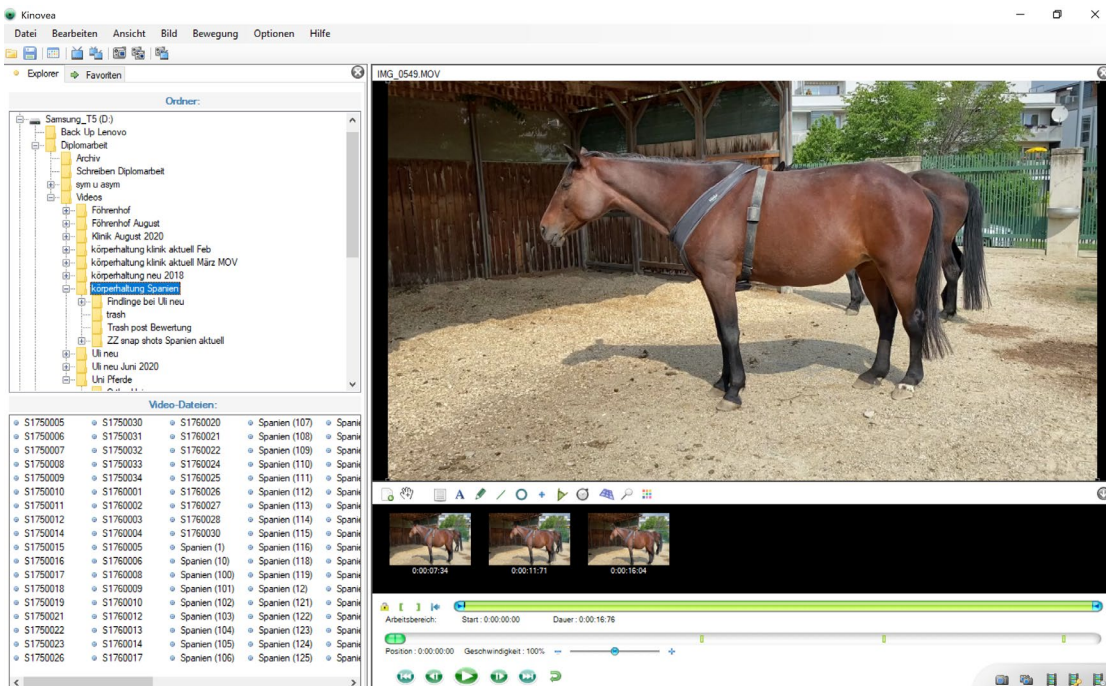


Abbildung 1 Laden der Aufnahme in Kinovea



Abbildung 2 Festlegen der Fixpunkte

3.2.1 Geometrische Morphologie-Winkelmessung

Für die geometrische Morphologie werden vier Winkel, Winkel alpha (α), Winkel beta (β), Winkel gamma (γ) und Winkel delta (δ) eingezeichnet. Diese wurden in Anlehnung an (Lesimple, et al. 2012) modifiziert.

- **Winkel α** , dient der Überprüfung wie orthograd das Pferd getroffen wurde und beurteilt die Ebene, auf der das Pferd steht.

Der Winkel wird durch eine verbindende Linie der beiden Tragränder der Hufe der ipsilateralen Körperseite zur Horizontalen gemessen. Die Horizontale bildet eine Linie des Rasters. Das ist in Abbildung 3 zu sehen. Der Betrag dieses Winkels darf nicht größer als 10° sein, damit die Aufnahme geeignet für die Analyse ist.



Abbildung 3 Winkel α Tragrand

Sind aufgrund der Gegebenheiten nicht der komplette Huf sichtbar wird auf die andere Körperseite ausgewichen oder die Bezugspunkte verändert, z.B. anstelle des Tragrandes der Hufe wird der Kronrand des ipsilateralen Hufpaares genommen, siehe Abbildung 4.

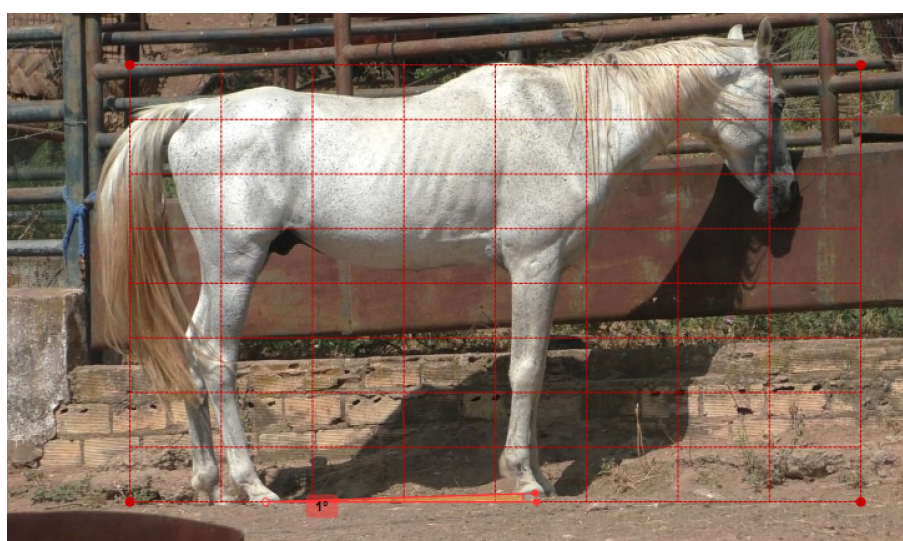


Abbildung 4 Winkel α Kronrand

- **Winkel β** , stellt den Widerrist-Genickwinkel dar, welcher die Kopf-Halshaltung widerspiegelt. Dafür wird der Winkel β zwischen der Linie, welche den höchsten Punkt des Widerristes und die Ohrbasis verbindet, und der Horizontalen durch den Widerrist gemessen. Befindet sich die Ohrbasis unterhalb der Horizontalen, wird der Winkel anschließend mit einem negativen Vorzeichen versehen, siehe Abbildung 5 (Winkel $\beta = -4^\circ$). Entsprechend dazu sind Winkel, bei welcher sich die Ohrbasis oberhalb der Horizontalen befindet, positiv. Dies ist in der Abbildung 6 zu erkennen (Winkel $\beta = +1^\circ$).

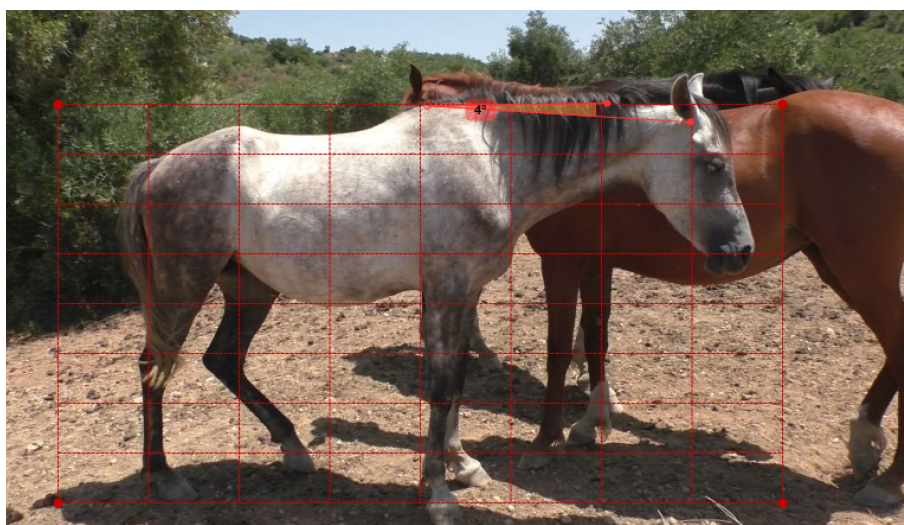


Abbildung 5 negativer Winkel β

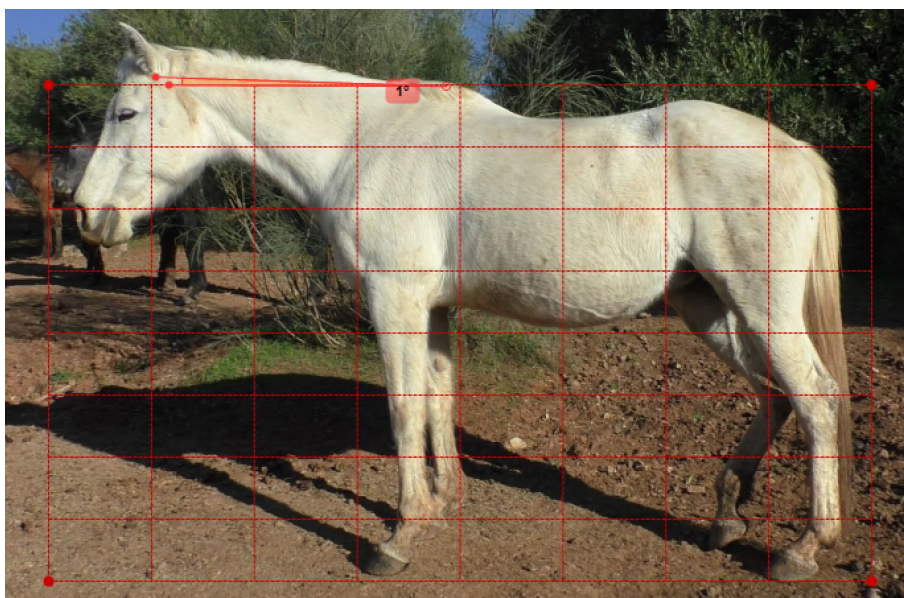


Abbildung 6 positiver Winkel β

- **Winkel γ** , stellt den Nasenwinkel dar. Mit diesem Winkel γ wird die Stellung des Kopfes zur Senkrechten bewertet. Dafür wird der Winkel γ zwischen einer parallelen Linie zum Nasenrücken und der dazugehörigen Horizontalen gemessen.

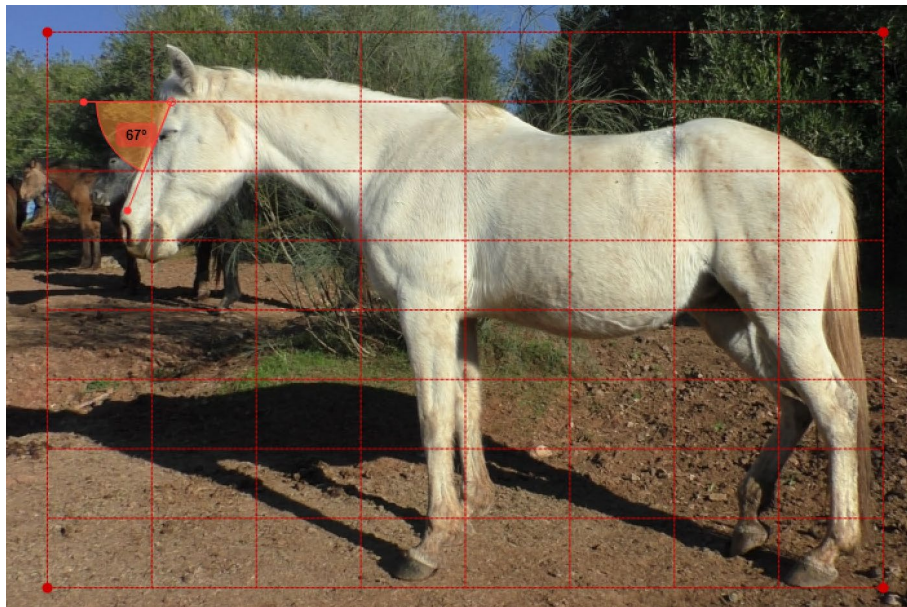


Abbildung 7 Winkel γ

- der **Winkel δ** , stellt den Ganaschenwinkel dar. Dieser wird zwischen einer Parallelen des ventralen Halsrandes und einer Parallelen zur ventralen Kontur der Mandibula aufgenommen. Basis des Winkels δ ist der Schnittpunkt dieser beiden Linien.



Abbildung 8 Winkel δ

Sobald alle Winkel in die Aufnahme eingetragen sind, wird mittels der entsprechenden Funktion in Kinovea ein Standbild erstellt, abgespeichert und die Werte der Winkel in die Liste zur Auswertung übertragen. Abschließend werden die Schlüsselbilddaten separat abgespeichert.

3.2.2 Stellung der Gliedmaßen

Die Stellung der Gliedmaßen des Pferdes wird in vier Klassen gemäß Tabelle 1 unterteilt. Dabei wird betrachtet, ob die Gliedmaßen zueinander symmetrisch (0) stehen. Pferde, welche Schildern, gelten als symmetrisch. Ist dies nicht der Fall, wird der Grad der Asymmetrie bewertet. Stehen die Vorder- oder Hintergliedmaßen innerhalb einer Hufbreite asymmetrisch, werden diese als ggr. asymmetrisch (1) klassifiziert. Stehen die Vorder- oder Hintergliedmaßen mehr als eine Hufbreite versetzt, wird dies als mittelgradig (mgr.) asymmetrisch (2) klassifiziert. Stehen die Vorder- und Hintergliedmaßen asymmetrisch, unabhängig vom Ausmaß oder zeigt das Pferd wechselseitiges Gewichtsverlagern, wird dies als hochgradig (hgr.) asymmetrisch (3) klassifiziert.

Tabelle 1 Stellung der Gliedmaßen

Zahlenwert	Klassifizierung	Beispielbild
0	symmetrisch	Abbildung 21
1	ggr. asymmetrisch	Abbildung 22
2	mgr. asymmetrisch	Abbildung 23
3	hgr. asymmetrisch	Abbildung 24

3.2.3 Allgemeinverhalten

Das Allgemeinverhalten der Pferde wird in drei Klassen gemäß Tabelle 2 unterteilt. Demnach werden Pferde mit einem ruhigen und aufmerksamen Allgemeinverhalten mit null (0) klassifiziert.

Als ruhig und aufmerksam werden Pferde bezeichnet, welche ruhig auf ihren vier Gliedmaßen stehen, mit einer gleichmäßigen Gewichtsverteilung und teils mit einem Hinterbein schildern.

Der Kopf befindet sich oberhalb des Widerristes. Die Ohren sind aufrecht und vorwärts gehalten bzw. bewegen sich in Richtung der Umweltgeräusche. Die Nüstern können leicht erweitert sein. Die Augenlider sind vollständig geöffnet. Die Pferde zeigen kein Schmerzgesicht (McDonnell 2003).

Schlafende Pferde werden in der vorliegenden Arbeit zusammen mit dösenden Pferden mit zwei (2) klassifiziert. Als dösend bzw. schlafend werden Pferde bezeichnet, welche ruhig auf ihren vier Gliedmaßen ruhen und teils mit einem Hinterbein schildern. Die Kopfposition ist auf Höhe des Widerristes oder ggr. tiefer. Die Ohren drehen seitlich ab oder sind nahezu

waagrecht und reagieren verzögert auf Umweltgeräusche. Die Augenlider sind partiell bis vollständig geschlossen. Die Muskeln sind entspannt, die Unterlippe kann schlaff herunterhängen, die Reaktionen auf die Umwelt können verzögert sein. Die Pferde zeigen kein Schmerzgesicht (McDonnell 2003).

Ist eine Aufnahme nicht auswertbar so wird diese Aufnahme mit drei (3) klassifiziert. In die Klassifizierung nicht auswertbar, werden Videos genommen, bei denen der Kopf teils verdeckt wird, z.B. von einem anderen Pferd, und aufgrund dessen keine Aussage getroffen werden kann. Ein Beispiel für nicht auswertbares Allgemeinverhalten ist in Abbildung 27 im Anhang gezeigt.

Tabelle 2 Allgemeinverhalten

Zahlenwert	Klassifizierung	Beispielbild
0	ruhig und aufmerksam	Abbildung 25
2	schlafend/dösend	Abbildung 26
3	nicht auswertbar	Abbildung 27

3.2.4 Komfortlevel

Der Komfortlevel des Pferdes wird in vier Klassen als schmerzfrei (0), diskomfort (1), schmerzhaft (2) oder nicht auswertbar (3) klassifiziert. Dabei wird zur Klassifizierung der Mimik das Schmerzgesicht nach (Gleerup, et al. 2014) herangezogen. Folgende Grafik zeigt dabei anschaulich welche Merkmale für das Schmerzgesicht betrachtet werden.



Abbildung 9 pain face (Gleerup, et al. 2014)

Um ein Schmerzgesicht (2) zu erkennen, gibt es charakteristische Merkmale. Diese Merkmale setzen sich aus Haltung der Ohren, der Augenpartie und dem Blick des Pferdes zusammen. Weiters geben das Pferdemaul, die Nüstern und der Tonus der Kau- und der mimischen Muskulatur Aufschluss über das Wohlbefinden des Pferdes. Wenn mehrere dieser Merkmale zutreffen, wirkt das Gesicht abgeflacht, auch „orbital flattening“ genannt (Gleerup, et al. 2014). Im Detail bedeutet das für die einzelnen Regionen folgendes.

Tabelle 3 pain face nach (Gleerup, et al. 2014)

Ohren	Ohren nach hinten/seitwärts für kurze Zeit, Ohrspiel vermindert, Ohren steif nach hinten, kein Ohrspiel
Muskelspannung neben dem Auge	Leicht bis stark angespannte Muskulatur, Knochenkontur wird deutlich
Blick	Hochgezogenes Oberlid, Lidspalte kleiner, introvertierter Blick
Nüstern	Nüstern angespannt bis vergrößert, Kontur länger und weiter
Maul	Erscheint im Profil eckig, angespannte Lippenmuskulatur, Unterlippe nach hinten gezogen
Kaumuskulatur	Kaumuskulatur angespannt

Zeigt ein Pferd maximal zwei aus fünf, der bereits beschriebenen „facial action units“ nach (Gleerup, et al. 2014), verändert sich die Mimik innerhalb der Videosequenz oder ist die Mimik undeutlich bzw. indifferent zu erkennen, aufgrund von ggr. Ausprägung, wird dies als diskomfort beschrieben und mit eins (1) klassifiziert.

Ein schmerzfreies Gesicht enthält keine der oben angeführten Merkmale. Pferde mit einem schmerzfreien Gesicht werden mit null (0) klassifiziert.

Ist eine Bewertung nicht möglich, z.B. aufgrund eines zu dunklen Fells, welches die Beurteilung der Mimik des Pferdes nicht zulässt, so wird diese Aufnahme mit drei (3) klassifiziert. Nicht zu klassifizierendes Komfortlevel wird im Anhang in Abbildung 31 dargestellt.

Tabelle 4 Komfortlevel

Zahlenwert	Klassifizierung	Beispielbild
0	schmerzfrei	Abbildung 28
1	diskomfort	Abbildung 29
2	schmerzhaft	Abbildung 30
3	nicht auswertbar	Abbildung 31

3.2.5 Statistische Analyse

Die Daten der Winkelmessung werden als Mittelwert, +/- Standardabweichung und Minimum und Maximum angegeben. Um Zusammenhänge zwischen geometrischen morphologischen Daten und den Klassifizierungen nach Symmetrie, Allgemeinverhalten und Komfortlevel herzustellen wurden zu jedem der zu untersuchten Zusammenhänge der einzelnen Untersuchungspunkte eine Kreuztabelle erstellt. In einer Kreuztabelle wird die Anzahl an Pferden aufgezeigt, welche in die Paarung der jeweiligen Untersuchungspunkte fallen. Daraus ergeben sich für die Kreuztabelle die Zeilen und Spaltensummen anhand dessen die Kreuztabelle auf einen signifikanten Zusammenhang überprüft wurde. Dazu wird die Summe der Chi-Quadrate berechnet. Diese wird anschließend mit einem Vergleichswert für die entsprechende Kreuztabelle und ein Signifikanzniveau für alpha (α) von kleiner als 0,05 verglichen und so eine Aussage getroffen, ob es einen signifikanten Zusammenhang gibt.

In der vorliegenden Arbeit handelt es sich überwiegend um Kreuztabellen welche größer als 2 x 2 sind, sprich mehr als zwei Klassen bzw. Freiheitsgrade pro Untersuchungspunkt haben. Daher wird zur Bewertung der Stärke der Signifikanz der Cramer V-Wert anstelle des p-Wertes verwendet. Je niedriger der Cramer V-Wert, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Hypothese („es gibt keinen Unterschied“ bzw. „es besteht kein Zusammenhang“) abgelehnt und die Arbeitshypothese („es gibt einen Unterschied“ bzw. „es besteht ein Zusammenhang“) bestätigt werden kann. Cramers V-Wert nimmt Werte zwischen 0 und 1 an, wobei höhere Werte auf einen stärkeren Zusammenhang hindeuten. Von einem stark signifikanten Zusammenhang spricht man ab Werten von 0,3.

Um die Theorie zu überprüfen, dass man anhand der Winkel auf das Komfortlevel eines Pferdes schließen kann, wurden die Daten in einem Klassifizierungsbaum zusammengeführt.

Als Statistikprogramm wurde SPSS verwendet.

4. Ergebnisse

In Summe erfüllten 439 Aufnahmen alle Einschlusskriterien und wurden weiter ausgewertet. Je nach Untersuchungspunkt konnten unterschiedlich viele Aufnahmen anhand der Einschlusskriterien klassifiziert und anschließend ausgewertet werden.

Winkel

Der Mittelwert für den **Winkel β** liegt bei $1,08^\circ$ mit einer Standardabweichung von $7,32^\circ$. Das Minimum für den Winkel β liegt bei -24° und das Maximum bei 29° . Der Mittelwert für den **Winkel γ** liegt bei $68,53^\circ$ mit einer Standardabweichung von $6,36^\circ$. Das Minimum für den Winkel γ liegt bei 47° und das Maximum bei $92,5^\circ$. Der Mittelwert für den **Winkel δ** liegt bei $97,55^\circ$ mit einer Standardabweichung von $7,2^\circ$. Das Minimum für den Winkel δ liegt bei 70° und das Maximum bei $120,33^\circ$.

Tabelle 5 Übersicht Winkel

Klasse	-	β	γ	δ
Anzahl	n	416	402	400
Mittelwert	$\bar{\beta}$	$1,08^\circ$	$68,53^\circ$	$97,55^\circ$
Standardabweichung	SD	$7,32^\circ$	$6,36^\circ$	$7,20^\circ$
Minimum	β_{\min}	$-24,00^\circ$	$47,00^\circ$	$70,00^\circ$
Maximum	β_{\max}	$29,00^\circ$	$92,50^\circ$	$120,33^\circ$

Die Verteilung über alle Videos ist in Abbildung 9 dargestellt. Das Maximum für den Winkel β befindet sich mit 37 Videos im Bereich von -1° bis 0° . Das Maximum der Häufung für den Winkel γ mit 34 Videos befindet sich im Bereich zwischen 70° und 71° . Winkel δ hat ein breiter ausgebildetes Maximum mit jeweils 27 Aufnahmen im Bereich zwischen 98° und 99° und im Bereich zwischen 101° und 102° .

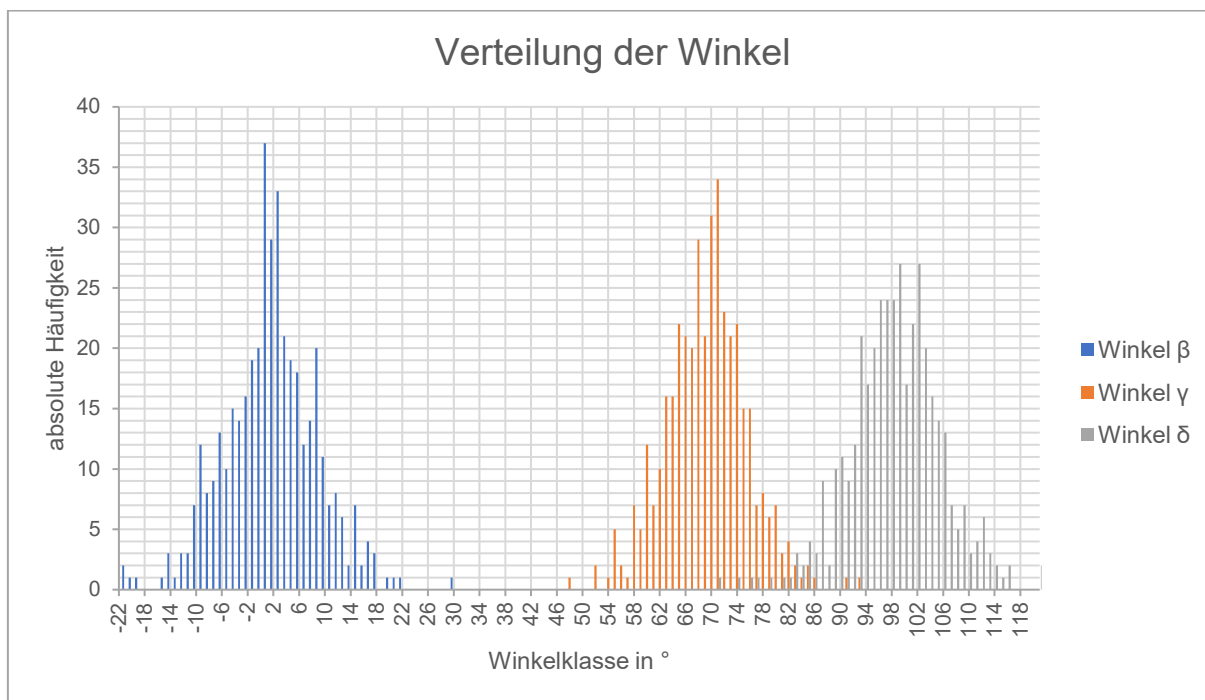


Abbildung 9 Verteilung der Winkel β , γ und δ über alle Videos

4.1 Gliedmaßenstellung

Von den 437 Aufnahmen, können 51 (11,7 %), als symmetrisch klassifiziert werden und 386 (88,3 %), als asymmetrisch. Diese wiederum lassen sich unterteilen in 78 (17,8 %) als ggr. asymmetrisch, 75 (17,2 %) als mgr. asymmetrisch und 233 (53,3 %) als hgr. asymmetrisch.

Tabelle 6 Übersicht der Verteilung des Untersuchungspunktes "Gliedermaßenstellung"

	Gliedermaßenstellung				Gesamt
	symmetrisch	ggr. asymmetrisch	mgr. asymmetrisch	hgr. asymmetrisch	
Anzahl	51	78	75	233	437
% innerhalb von Gliedermaßenstellung	11,7	17,8	17,2	53,3	100,0

4.2 Allgemeinverhalten

Von den untersuchten Pferden sind 436 hinsichtlich des Allgemeinverhaltens klassifiziert. Davon sind 218 (50 %) als ruhig und aufmerksam, 218 (50 %) als dösend/schlafend klassifiziert.

Tabelle 7 Übersicht der Verteilung des Untersuchungspunktes "Allgemeinverhalten"

	Allgemeinverhalten		Gesamt
	ruhig und aufmerksam	dösend/schlafend	
Anzahl	218	218	436
% innerhalb von Allgemeinverhalten	50	50	100,0

4.3 Komfortlevel

Von den untersuchten Pferden sind 422 hinsichtlich des Komfortlevels klassifiziert. Davon sind 58 (13,7 %) als schmerzfrei, 188 (44,5 %) als diskomfort und 176 Pferde (41,7 %) als schmerzhaft klassifiziert.

Tabelle 8 Übersicht der Verteilung des Untersuchungspunktes "Komfortlevel"

	Komfortlevel			Gesamt
	schmerzfrei	diskomfort	schmerzhaft	
Anzahl	58	188	176	422
% innerhalb von Komfortlevel	13,7	44,5	41,7	100,0

4.4 Zusammenhang zwischen Winkel β und den einzelnen Untersuchungspunkten

In der folgenden Tabelle 9 ist die Anzahl der gültigen, auswertbaren Videoaufnahmen für die untersuchten Abhängigkeiten der jeweiligen Untersuchungspunkte aufgeführt. So lassen sich für die Zusammenhänge zwischen Gliedmaßenstellung, Allgemeinverhalten und Komfortlevel, bis zu 413 gültige Videoaufnahmen auswerten, was einem Anteil von 94,1 % entspricht.

Tabelle 9 Übersicht der Kreuztabellen

Zusammenhang	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Komfortlevel * Allgemeinverhalten	400	91,1%	39	8,9%	439	100,0%
Komfortlevel * Gliedmaßenstellung	399	90,9%	40	9,1%	439	100,0%
Allgemeinverhalten * Gliedmaßenstellung	413	94,1%	26	5,9%	439	100,0%

Für jeden Untersuchungspunkt werden zum Winkel β die Werte für das Minimum und Maximum, sowie die Lage des Mittelwertes und der dazugehörigen Standardabweichung in den Abbildung 10 dargestellt.

Die Darstellungen für die Winkel γ und δ sind äquivalent im Anhang in Abbildung 19 und Abbildung 20.

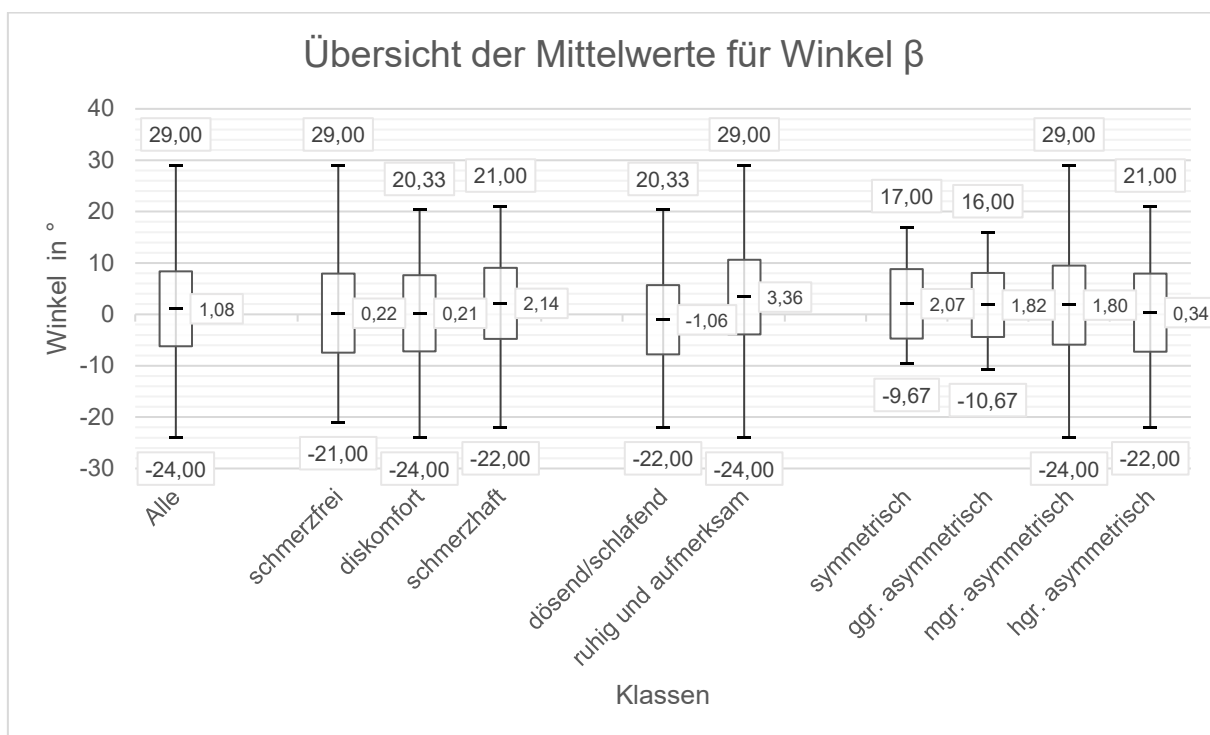


Abbildung 10 grafische Auswertung Winkel β

Die absolute Häufigkeitsverteilung des Winkels β wird in Abbildung 11 dargestellt. Das Maximum mit 37 Aufnahmen befindet sich im Bereich -1° bis 0° .

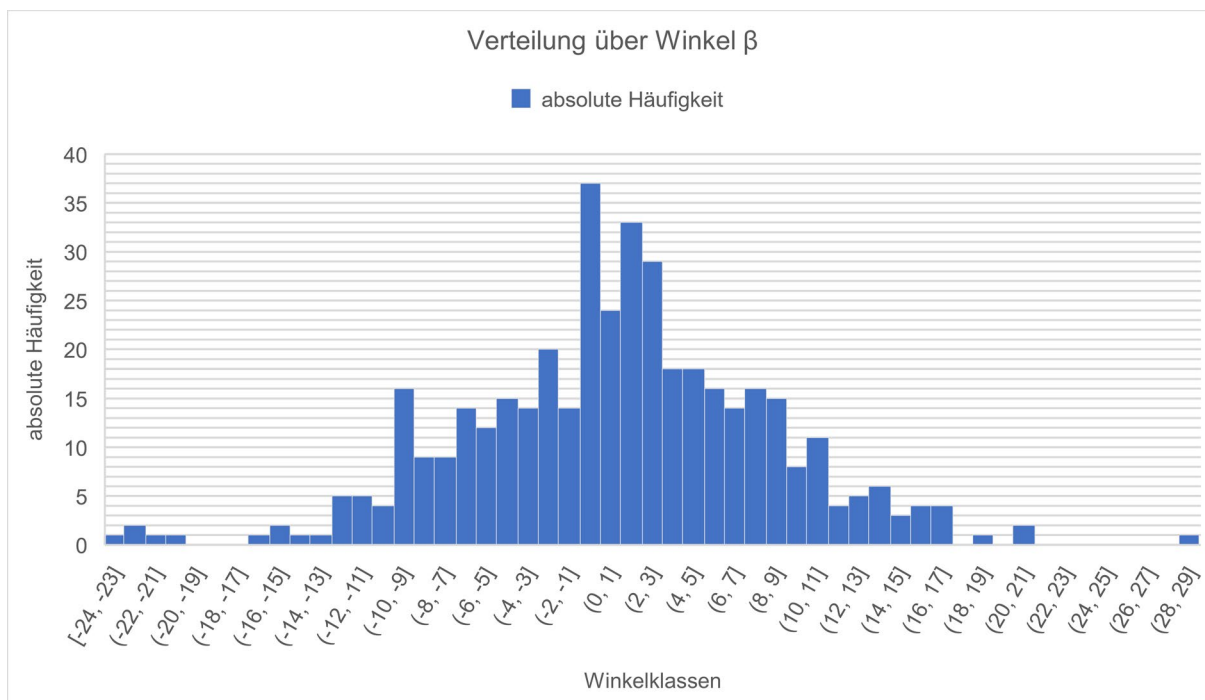


Abbildung 11 Verteilung für Winkel β

In Abbildung 12 ist die Verteilung der Winkel β für die als hgr. asymmetrisch klassifizierten Pferde dargestellt. Die Maxima mit jeweils 18 Aufnahmen liegen im Bereich zwischen -1° bis 0° und 1° bis 2° und sind sehr deutlich ausgeprägt.

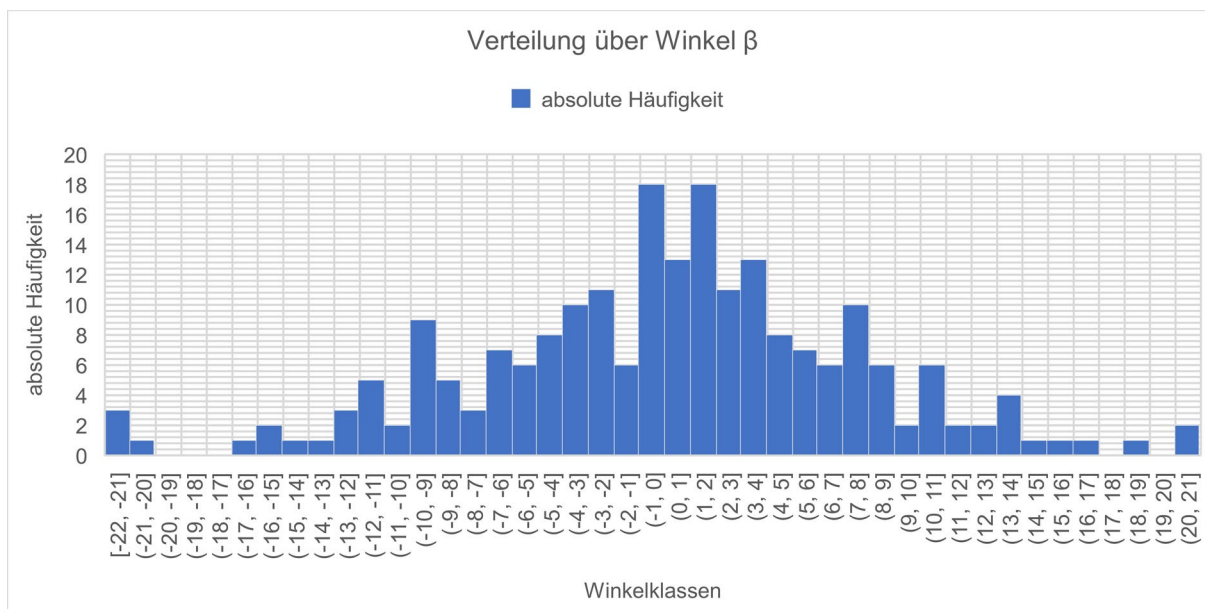


Abbildung 12 Verteilung des Winkes β für die Klassifizierung hgr. asymmetrisch

In Abbildung 13 ist die Verteilung der Winkel β für die als ruhig und aufmerksam klassifizierten Pferde dargestellt. Das Maximum mit 18 Aufnahmen liegt im Bereich zwischen 1° und 2° und ist deutlich ausgeprägt.

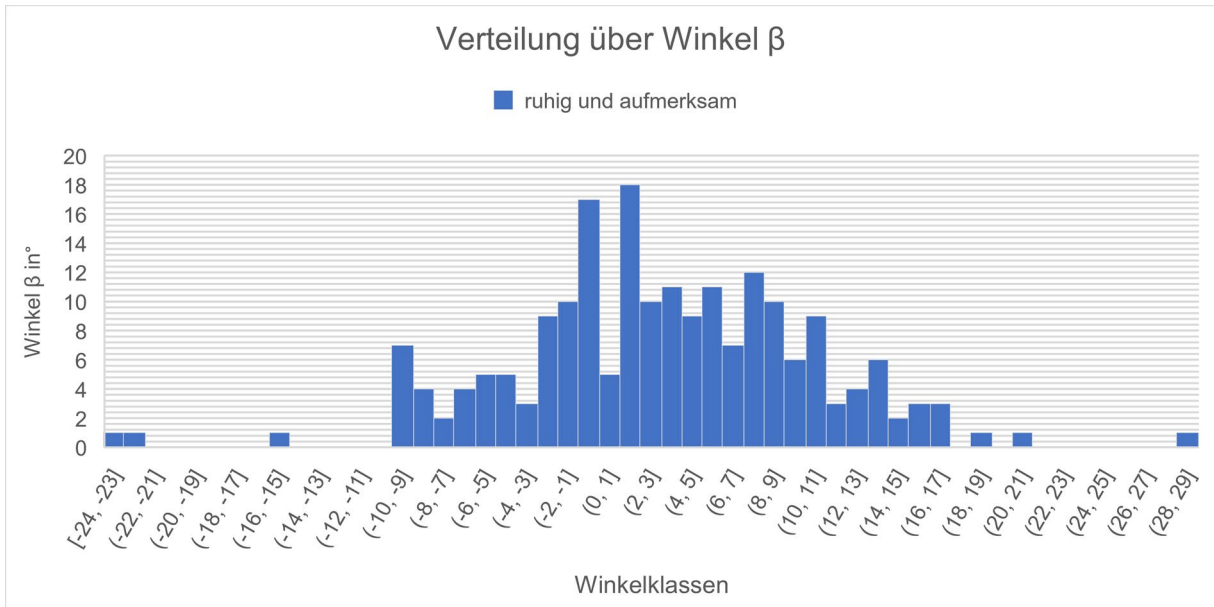


Abbildung 13 Verteilung des Winkels β für die Klasse ruhig und aufmerksam

In Abbildung 14 ist die Verteilung der Winkel β für die als dösend/schlafend klassifizierten Pferde dargestellt. Das Maximum mit 20 Aufnahmen liegt im Bereich zwischen -1° und 0° und ist sehr deutlich ausgeprägt.

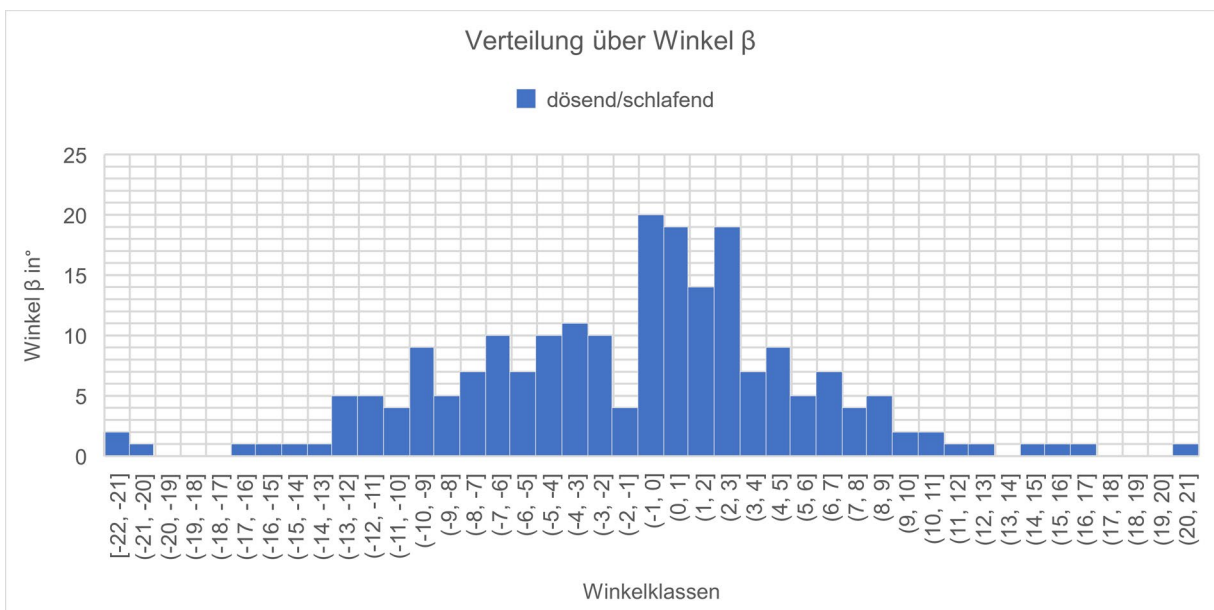


Abbildung 14 Verteilung des Winkels β für die Klasse dösend/schlafend

Ein ähnliches Bild stellt sich für die Verteilung des Winkels β in der Klassifizierung schmerzhaft dar. Diese ist in Abbildung 15 zu sehen. Es zeigt sich eine Ähnlichkeit zur Verteilung wie sie auch für die Klassifizierung hgr. asymmetrisch zu erkennen ist. Auch bei dieser Verteilung liegt der Schwerpunkt mit 15 Aufnahmen im Bereich zwischen -1° und 0° . Ebenso ist eine leichte Verschiebung der Verteilung in den positiven Bereich zu erkennen.

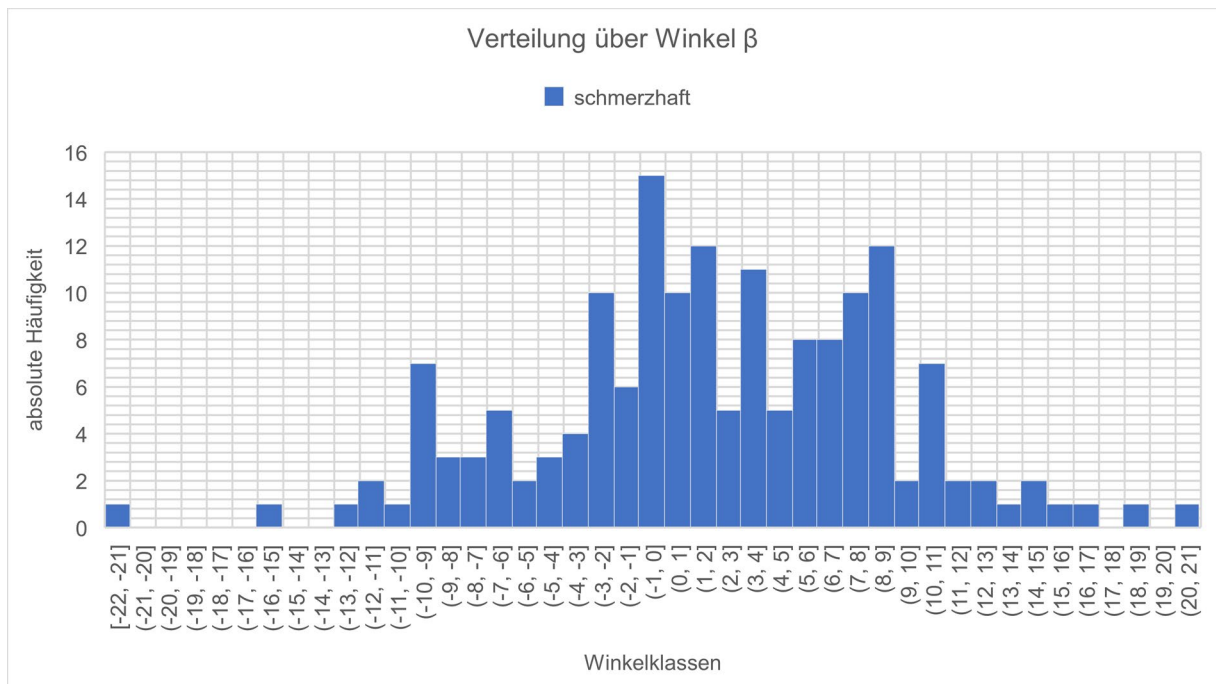


Abbildung 15 Verteilung des Winkes β für die Klassifizierung schmerzhaft

Im Vergleich dazu sieht die Verteilung für die Klassifizierung schmerzfrei deutlich anders aus. Diese ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Verteilung hat ihr Maximum mit acht Aufnahmen im Bereich -1° bis 0° . Im Gegensatz zur Verteilung für die Klassifizierung schmerzhaft ist die Verteilung deutlich spitzer und breiter in der Basis ausgeprägt.

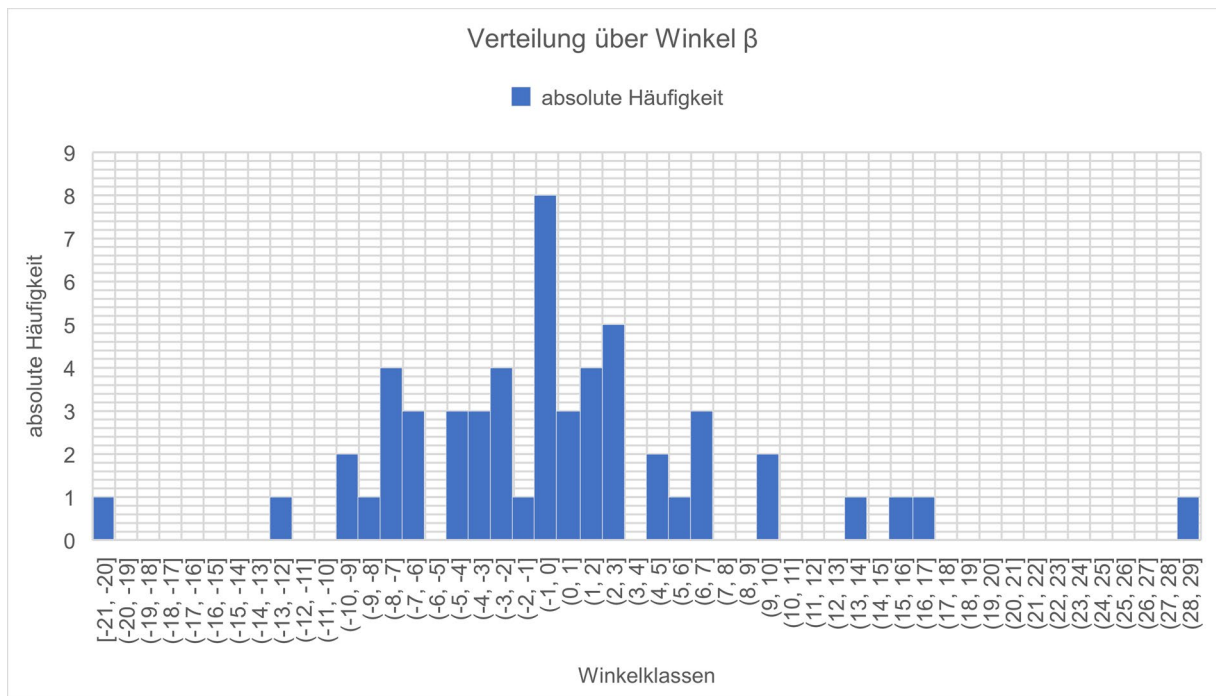


Abbildung 16 Verteilung des Winkels β für die Klassifizierung schmerzfrei

4.4.1 Zusammenhang Gliedmaßenstellung und dem Komfortlevel

Aus Tabelle 10 ist zu entnehmen, dass 55 Pferde (13,8 %) als schmerzfrei klassifiziert wurden. Davon zeigen 21 Pferde (5,3 %) eine symmetrische Gliedmaßenstellung. Der durchschnittliche Wert für den Winkel β beträgt $2,7^\circ$. Acht dieser schmerzfreien Pferde (2,0 %) standen hgr. asymmetrisch und haben einen durchschnittlichen Wert für β von $0,22^\circ$.

Von den 164 (41,1 %) schmerzhaften Pferden standen 5 (1,3 %) symmetrisch. Deren Winkel β betrug im Mittel $9,13^\circ$. Im Gegensatz dazu beträgt der Mittelwert für β von den 110 Pferden (27,6 %), welche als schmerzhaft und hgr. asymmetrisch klassifiziert wurden, $1,28^\circ$.

Für den Zusammenhang zwischen Komfortlevel und Gliedmaßenstellung beträgt Chi-Quadrat 74,484. Der Wert für V Cramer ist mit 0,39 größer als 0,3 und damit kann der Zusammenhang als **stark signifikant** bezeichnet werden.

Tabelle 10 Kreuztabelle Komfortlevel * Gliedmaßenstellung

			Gliedmaßenstellung				
			symmetrisch	ggr asymmetrisch	mgr asymmetrisch	hgr asymmetrisch	Gesamt
Komfortlevel	schmerzfrei	Anzahl	21	14	12	8	55
		%	5,3	3,5	3,0	2,0	13,8
		$\bar{\beta}$	$2,7^\circ$	$-1,94^\circ$	$0,01^\circ$	$-2,21^\circ$	$0,22^\circ \pm 7,7^\circ$
	diskomfort	Anzahl	19	29	36	96	180
		%	4,8	7,3	9,0	24,1	45,1
		$\bar{\beta}$	$0,46^\circ$	$1,78^\circ$	$0,98^\circ$	$-0,61^\circ$	$0,21^\circ \pm 7,42^\circ$
	schmerzhaft	Anzahl	5	31	18	110	164
		%	1,3	7,8	4,5	27,6	41,1
		$\bar{\beta}$	$9,13^\circ$	$3,5^\circ$	$2,83^\circ$	$1,28^\circ$	$2,14^\circ \pm 6,91^\circ$
	Gesamt	Anzahl	45	74	66	214	399
		%	11,3	18,5	16,5	53,6	100,0
		$\bar{\beta} \pm SD$	$2,07^\circ \pm 6,76^\circ$	$1,82^\circ \pm 6,21^\circ$	$1,8^\circ \pm 7,69^\circ$	$0,34^\circ \pm 7,61^\circ$	

4.4.2 Zusammenhang Allgemeinverhalten und Gliedmaßenstellung

In Tabelle 11 wird die Kreuztabelle für den Zusammenhang der Untersuchungspunkte Allgemeinverhalten und Gliedmaßenstellung dargestellt. 200 Pferde (48,4 %) sind als ruhig und aufmerksam klassifiziert. Davon haben 24 Pferde (5,8 %) eine symmetrische Gliedmaßenstellung mit einem Mittelwert für β von 5,17°. Im Gegensatz dazu stehen 125 Pferde hgr. asymmetrisch und haben einen Mittelwert für β von 2,91°. Von den 213 Pferden (51,6 %) welche als dösend/schlafend klassifiziert wurden, stehen 25 Pferde (6,1 %) symmetrisch und haben einen Mittelwert für β von -0,88°. 91 (22,0 %) der als dösend/schlafend klassifizierten Pferde stehen hgr. asymmetrisch und haben einen Mittelwert für β von -3,2°.

Tabelle 11 Kreuztabelle Gliedmaßenstellung * Allgemeinverhalten

			Gliedmaßenstellung				Gesamt
			symmetrisch	ggr asymmetrisch	mgr asymmetrisch	hgr asymmetrisch	
Allgemeinverhalten	ruhig und aufmerksam	Anzahl	24	25	26	125	200
		%	5,8	6,1	6,3	30,3	48,4
		$\bar{\beta}$	5,17	3,77	3,35	2,91	3,36 ± 7,26
	dösend/sch lafend	Anzahl	25	51	46	91	213
		%	6,1	12,3	11,1	22,0	51,6
		$\bar{\beta}$	-0,88	0,86	0,93	-3,2	-1,06 ± 6,72
	Gesamt	Anzahl	49	76	72	216	413
		%	11,9	18,4	17,4	52,3	100,0
		$\bar{\beta}$	2,07 ± 6,76	1,82 ± 6,21	1,8 ± 7,69	0,34 ± 7,61	

Für diese Tabelle ergibt sich ein Wert für die Summe der Chi-Quadrate von 19,43. Das heißt auch für diese Paarung besteht ein signifikanter Zusammenhang. Der Wert für V Cramer beträgt 0,21 und daher kann im vorliegenden Fall von einem **schwach signifikanten** Zusammenhang gesprochen werden.

4.4.3 Zusammenhang Allgemeinverhalten und Komfortlevel

Für den Zusammenhang zwischen den Untersuchungspunkten Allgemeinverhalten und Komfortlevel ist die Kreuztabelle in Tabelle 12 dargestellt. Von den 400 Pferden, welche sich klassifizieren ließen, sind 55 Pferde (13,8 %) schmerzfrei. Davon sind 40 Pferde (10 %) als dösend/schlafend klassifiziert. Diese haben einen Mittelwert für den Winkel β von $-2,8^\circ$. Die 15 schmerzfreien Pferde (3,8 %), welche sich ruhig und aufmerksam verhalten, haben einen Mittelwert für β von $8,26^\circ$. Von den 165 Pferden (41,3 %), welche im Komfortlevel schmerzhaft klassifiziert sind, zeigen 99 (24,8 %) ein ruhiges und aufmerksames Allgemeinverhalten. Der Mittelwert für β für diese Gruppe beträgt $3,71^\circ$. Die 66 Pferde (16,5 %) die als dösend/schlafend klassifiziert wurden, haben einen Mittelwert für β von $-0,2^\circ$.

Tabelle 12 Kreuztabelle Allgemeinverhalten * Komfortlevel

			Allgemeinverhalten		
			ruhig und aufmerksam	dösend/schlafend	Gesamt
Komfortlevel	schmerzfrei	Anzahl	15	40	55
		%	3,8	10,0	13,8
		$\bar{\beta}$	$8,26^\circ$	$-2,8^\circ$	$0,22 \pm 7,7$
	diskomfort	Anzahl	83	97	180
		%	20,8	24,3	45,0
		$\bar{\beta}$	$2,06^\circ$	$-1,37^\circ$	$0,21 \pm 7,42$
	schmerzhaft	Anzahl	99	66	165
		%	24,8	16,5	41,3
		$\bar{\beta}$	$3,71^\circ$	$-0,2^\circ$	$2,14 \pm 6,91$
	Gesamt	Anzahl	197	203	400
		%	49,3	50,8	100,0
		$\bar{\beta}$	$3,36 \pm 7,26$	$-1,06 \pm 6,72$	

Für die Kreuztabelle Tabelle 12 ergibt sich ein Wert für die Summe der Chi-Quadrate von 18,97. Das heißt auch für diese Paarung besteht ein signifikanter Zusammenhang. Der Wert für V-Cramer beträgt 0,21 und daher kann im vorliegenden Fall von einem **schwach signifikanten** Zusammenhang gesprochen werden.

4.5 Entscheidungsbaum

In den beiden vorigen Kapiteln wurde aufgezeigt, dass es einen Zusammenhang zwischen einzelnen Untersuchungspunkten bzw. Klassifizierungen gibt. Diese lassen sich zum Teil über die Verteilung der Winkel darstellen und mathematisch durch Signifikanztests belegen. Mit diesen Merkmalen lassen sich für Verteilungen Entscheidungsbäume erarbeiten um gezielt Schnittmengen offen zu legen. Die Einstellparameter sind in Abbildung 17 dargestellt. Es wurde ein Baum bis zu einer Verästelungstiefe von fünf erstellt und es sind die Winkel β , γ und δ zur Schnittmengenbildung als unabhängige Variablen verwendet wurden. Die abhängige Variable, ist das Komfortlevel. So entsteht ein Baum, bei dem durch Unterscheidung anhand der Winkel versucht wird Mengen zu erzeugen welche eindeutig schmerzhaft, diskomfort oder schmerzfrei sind.

Spezifikationen	Aufbaumethode	CRT	
	Abhängige Variable	Komfortlevel	
	Unabhängige Variablen	Winkel2, Winkel3, Winkel4	
	Validierung	Keine	
	Maximale Baumtiefe		5
	Mindestanzahl der Fälle im übergeordneten Knoten		10
	Mindestanzahl der Fälle im untergeordneten Knoten		5
Ergebnisse	Aufgenommene unabhängige Variablen	Winkel2, Winkel3, Winkel4	
	Anzahl der Knoten		21
	Anzahl der Endknoten		11
	Tiefe		5

Abbildung 17 Einstellparameter Klassifizierungsbaum

Der so entstandene Baum ist in Abbildung 18 dargestellt.

Durch die Entscheidungskriterien lassen sich eindeutig sieben Pferde als **schmerzhaft** identifizieren. Diese Menge entsteht, wenn **Winkel β** größer als $3,17^\circ$, **Winkel γ** größer als $58,58^\circ$ aber kleiner als 60° und **Winkel δ** größer als $101,58^\circ$ ist.

Über die anderen Entscheidungspfade können Mengen mit unterschiedlicher Vorhersagegenauigkeit erzeugt werden.

Das Ergebnis der Vorhersagegenauigkeit ist in Tabelle 13 dargestellt. Es lassen sich mit einer Trefferquote von ca. 81 % Pferde mit der Klassifizierung diskomfort vorhersagen. Die Trefferquote für den gesamten Baum beträgt 56,4%. Das heißt dass jede zweite Vorhersage der tatsächlichen Beobachtung entspricht. Dies zeigt, dass sich eine Methodik entwickeln lässt um anhand der Körperhaltung, sprich den Winkeln β , γ und δ eine Aussage zum Emotionszustand des Pferdes treffen lässt. Unter Berücksichtigung weiterer Randbedingung lässt sich die Vorhersagegenauigkeit sicherlich noch weiter steigern, was Gegenstand weiterführender Forschungsarbeit sein könnte.

Tabelle 13 Vorhersagegenauigkeit für den Klassifizierungsbaum

beobachtet	vorhergesagt			Prozent korrekt
	schmerzfrei	diskomfort	schmerzhaft	
schmerzfrei	13	36	9	22,4%
diskomfort	9	153	26	81,4%
schmerzhaft	13	91	72	40,9%
Gesamtprozentsatz	8,3%	66,4%	25,4%	56,4%

5. Diskussion

Die Körperhaltung spielt in vielen Schmerzbeurteilungen eine große Rolle. Genauere Untersuchungen, inwieweit Abweichungen von einer balancierten Normalstellung des Pferdes mit Schmerzen verbunden sind, fehlen bis dato (Lesimple, et al. 2012). Hinweise, dass geometrische Morphologie Rückschlüsse auf Schmerzen zulassen, konnte (Lesimple, et al. 2012) bei Schulpferden mit Auffälligkeiten im Rückenbereich demonstrieren.

Die Winkelmessung als objektives Beurteilungskriterium hat deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungspunkten, wie Allgemeinverhalten und Körperhaltung in Bezug auf die Gliedmaßenstellung und die Einschätzung des Komfortlevels ergeben. In der vorliegenden Studie konnten erste Einschätzungen, inwieweit die geometrische Morphologie zur Einschätzung von Diskomfort und Schmerzen geeignet ist, gewonnen werden. Grundsätzlich unterscheiden sich z.B. ruhig und aufmerksame Pferde deutlich im Winkel β mit einem Kopf, der über dem Widerrist gehalten wird, von dösenden/schlafenden Pferden. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Kopfhöhe im Bezug zum Widerrist als Beurteilungskriterium für diese emotionalen Zustände herangezogen werden kann.

Die Beurteilung, ob ein Pferd symmetrisch nach den in dieser Studie definierten Kriterien steht, ist ebenfalls weitgehendes objektiv. Auffällig und überraschend ist, dass sehr viele Pferde in einer nicht symmetrischen, sprich unbalancierten Körperhaltung, zu klassifizieren waren. Nur knapp ein Drittel aller auswertbaren Pferde standen symmetrisch bzw. geringgradig symmetrisch. Der Großteil war in einer hochgradig asymmetrischen Körperhaltung. Im Gegensatz zu einer symmetrischen Gliedmaßenstellung, bedingt die nicht ausbalancierte Körperhaltung einen sehr flachen Winkel. Bei dösenden Pferden liegt dieser Winkel deutlich im negativen Bereich, bei schmerzhaften Pferden im positiven Bereich (siehe Tabelle 10 bis Tabelle 12). Pferde welche symmetrisch stehen, haben im Mittelwert einen Winkel β von $2,07^\circ$. Im Gegensatz dazu beträgt der Winkel β im Mittelwert bei Pferden welche hgr. asymmetrisch stehen lediglich $0,34^\circ$. Die unterschiedlichen Winkel, in Abhängigkeit der symmetrischen bzw. asymmetrischen Gliedmaßenstellung, lassen sich vermutlich mit einer Kompensation über den Hals erklären. Diese Ergebnisse sind signifikant, was bedeutet das man mit der Beurteilung der Kopfhaltung gemeinsam mit der Gliedmaßenstellung eine erste Einschätzung über ein schmerzhaftes Problem bei einem Pferd mittels Blickdiagnose abgeben kann. Dies ist insbesondere bei der Beurteilung von Tierwohl und Lebensqualität von Bedeutung.

Die Beurteilung, ob ein Pferd schmerzhaft ist, basierte auf dem pain face bei Pferden in Ruhe. Viele der Pferde (50%) wurden als dösend/schlafend eingeschätzt, was eine genaue

Einschätzung, ob ein Pferd eine schmerzhaft Mimik zeigt, erschwert. Einige Kriterien wie die Stellung der Ohren und die Augenregion, ist bei dösen Pferden oft nicht eindeutig zuzuordnen. Das ist auch der Grund, warum sehr viele Pferde mit Diskomfort klassifiziert wurden. Allerdings wird durch die eindeutige Klassifizierung in schmerzfrei und schmerzhaft die Aussagekraft der Winkelmessung untermauert. Die Winkel unterscheiden sich deutlich voneinander.

Die Analyse über die Aussagekraft mittel Entscheidungsbaum gibt Hinweise, dass die Kombination Schmerzgesichtsbeurteilung und Winkelmessung weiterverfolgt werden sollte. In der vorliegenden Arbeit wird gezeigt, dass mit einer Treffsicherheit von 56,4 % der Emotionszustand schmerzhaft, diskomfort und schmerzfrei anhand der Winkelstellung der Hals- und Kopfhaltung identifiziert werden könnte. Auch (Torcivia und McDonnell 2021) untermauern mit ihrem Ethogramm, dass diese Methode eine einfache und sehr sichere sein kann um Schmerz schnell und mit einfachen Mittel zu diagnostizieren. Nimmt man die Aussagen von (Ask, et al. 2020) hinzu, eignet sich dieser Ansatz auch weniger starke Schmerzen erkennen zu können.

Der hier entwickelte Entscheidungsbaum kann als Grundlage für weitere Arbeiten dienen, erfüllt als Instrument allein aber noch nicht die eingangs erwähnter Kriterien hinsichtlich Praktikabilität und Schnelligkeit. Aber im Zusammenspiel mit der Beurteilung der Mimik und der Gliedmaßenstellung, wird die Sensitivität Schmerz zu identifizieren, durch die geometrische Morphologie, erhöht.

Für die Zukunft ließe sich zum Beispiel eine Applikation für mobile Endgeräte mit Kamera programmieren, welche mittels automatisierter Bildauswertung und einfacherer Klassifizierung durch den Nutzer sehr zügig größere Daten sammeln und auswerten könnte. Damit ließe sich die hier vorgestellte Methodik weiter verfeinern und auf ihre Anwendbarkeit im Breitenbereich überprüfen.

Eine Stärke dieser Studie ist der Ansatz die Pferde in ihrem Verhalten so wenig als möglich im Zuge der Aufnahme der Videos zu beeinflussen. Nachteil wiederum ist, dass durch die Vielzahl der Personen die Videos gemacht haben auch eine Varianz in der Videoqualität gegeben ist. Durch die Analyse von drei Bildern pro Video wurde diese Varianz etwas abgedeckt. Viele Videos mussten ausgeschlossen werden, weil sie nicht den Einschlusskriterien entsprachen. In erster Linie war der Ausschluss durch die nicht genaue rechtwinkelige Position zum Pferd bedingt. Dennoch ermöglicht diese Methode verhaltenstreue Ergebnisse, da die Pferde in ihrer

gewohnten Umgebung ohne Beisein von Personen in ihrer unmittelbaren Nähe gefilmt wurden. In voraus gegangenen Arbeiten wurden zum Zwecke der Bestimmung der geometrischen Morphologie, Marker an die Pferde angebracht was zwar objektivere Messpunkte mit weniger Variabilität bringt, allerdings wurden in allen Studien die Pferde am Halfter und Strick gehalten und waren daher nicht in einem entspannten, unbeeinflussten Zustand (Fureix, Hausberger, et al. 2011).

Ein weiterer Nachteil ist, dass der Gesundheitszustand der Pferde, z.B. ob ein orthopädisches Problem mit einer genauen Lahmheitsbestimmung vorliegt, unbekannt ist. Besonders die hohe Zahl an hochgradig asymmetrischen Körperhaltungen war überraschend.

Die aus dieser Studie abgeleitete Hypothese, dass sich anhand der Gliedmaßenstellung, der Beurteilung der Mimik, zusammen mit der objektiven Messung des Kopf-Hals Winkels eindeutig schmerzhafteste Pferde identifizieren lassen, sollte daher in einer weiteren Studie überprüft werden. Einerseits an eindeutig gesunden, lahmsheitsfreien Pferden und andererseits an Pferden deren **Gesundheitszustand** bekannt ist.

6. Zusammenfassung

Das Thema Schmerz steht zunehmend im Fokus von Studien und Forschung. Die Schmerzreduzierung auf ein Minimum sorgt für eine Verbesserung des Tierschutzes und der Genesung, was wiederum zu einem besseren Behandlungserfolg führt (Bisgaard, et al. 2001). Um Schmerzen beurteilen zu können bedarf es einer einfach anwendbaren, objektiven und reproduzierbaren Methode, welche auch in einem gut ausgelasteten Klinikalltag einsetzbar ist (Gleerup und Lindegaard 2016). Ziel dieser Arbeit ist daher eine Analyse der Körperhaltung zur Abschätzung des Emotionszustandes von Pferden. Zu diesem Zweck wurden 439 Videoaufnahmen von unterschiedlichen Studiengruppen analysiert. Die Aufnahmen wurden zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten sowie in unterschiedlichen Ländern und Regionen gefilmt. Dabei war unerheblich welche Rasse, Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand die Pferde hatten. Die Pferde wurden im Stand der Ruhe, über einen Zeitraum von mindestens 15 Sekunden gefilmt und so wenig als möglich in ihrem derzeitigen Verhalten beeinflusst bzw. gestört. Im Rahmen der Untersuchung wurden die Videos hinsichtlich Gliedmaßenstellung, Allgemeinverhalten und Komfortlevel untersucht. Darüber hinaus wurden an den Pferden entsprechende Winkel mittels computergestützter Videoauswertung bestimmt, um weitere Zusammenhänge zu finden und quantifizieren zu können. Durch statistische Auswertung mittels Kreuztabellen zur Identifikation von Zusammenhängen und Chi-Quadrattests zur Bewertung der Signifikanz, lässt sich ein stark signifikanter Zusammenhang zwischen der Gliedmaßenstellung und dem Komfortlevel nachweisen. Zusätzlich können Entscheidungsbäume erarbeitet werden, womit sich eine Klassifizierung mit über 50%iger Trefferquote in die jeweiligen Komfortlevel schmerzfrei, diskomfort oder schmerzhaft durchführen lässt. Dieser Befund bedarf einer Bestätigung mittels weiterer Untersuchungen, um die Spezifität und Sensibilität eines möglichen Verfahrens zu Ermittlung von Schmerz bei Pferden, zu erhöhen. Es zeigt sich, dass durch Miteinbeziehen der geometrischen Morphologie und Beurteilung der Gliedmaßenstellung ein Rückschluss auf den Komfortlevel möglich ist.

7. Extended Summary

The topic of pain is increasingly the focus of studies and research. The reduction of pain to a minimum ensures an improvement in animal welfare and recovery, which in turn leads to better treatment success (Bisgaard, et al. 2001). In order to be able to assess pain, an easy-to-use, objective and reproducible method is required, which can also be used in a busy hospital setting (Gleerup und Lindegaard 2016). The aim of this work is therefore an analysis of posture to assess the emotional state of horses. For this purpose, 439 video recordings from different study groups were analyzed. The recordings were filmed at different times of the day and year as well as in different countries and regions. It was irrelevant what breed, age, gender and state of health the horses had. The horses were filmed at rest for a period of at least 15 seconds and their current behavior was influenced or disturbed as little as possible. As part of the investigation, the videos were examined in terms of limb position, general behavior and comfort level. In addition, corresponding angles were determined on the horses by means of computer-aided video analysis in order to be able to find and quantify further relationships. Statistical evaluation using cross tables to identify relationships and chi-square tests to assess significance can demonstrate a highly significant relationship between the position of the limbs and the comfort level. In addition, decision trees can be worked out, with which a classification with a hit rate of over 50% in the respective comfort level can be carried out painless, discomfort or painful. This finding needs to be confirmed by further studies in order to increase the specificity and sensitivity of a possible method for the determination of pain in horses. It turns out that by including the geometric morphology and assessing the position of the limbs, a conclusion about the comfort level is possible.

8. Verzeichnisse

8.1 Abkürzungsverzeichnis

α	Alpha
β	Beta
CPS	Composite Pain Scale
δ	Delta
EPS	Equine Pain Scale
EQUUS-FAP	Equine Utrecht University Scale of Facial Assessment of Pain
γ	Gamma
ggr.	geringgradig
hgr.	hochgradig
HGS	Horse Grimace Scale
mgr.	mittelgradig

8.2 Literaturverzeichnis

- Ashley, F. H., A. E. Waterman-Pearson, H. R. Whay, und . „Behavioural assessment of pain in horses and donkeys: Application to clinical practice and future studies.“ *Equine Veterinary Journal* 37, 2005: 565-575.
- Ask, K., M. Rhodin, L.M. Tamminen, E. Hernlund, und Andersen P.H. „Identification of body behaviours and facial expressions associated with induced orthopaedic pain in four equine pain scales.“ *animals*, 2020: 2155.
- Auer, Ulrike. „Schmerzmanagement beim Pferd.“ *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 2016: 247-253.
- Bisgaard, T., J. Rosenberg, H. Kehlet, und . „Pain and convalescence after laparoscopic cholecystectomy.“ *Journal European Surgery*, 2001: 84- 96.
- Bussi eres, G., et al. „Development of a composite orthopaedic pain scale in horses.“ *Research in Veterinary Science* , 2008: 294- 306.
- Camp, N. *Posture Dictates Comfort and Function.* .
<https://www.wholehorsetraining.com/posture-in-horses.html> (Zugriff am 12. Juni 2021).
- Dalla Costa, Emanuela, Michela Minero, Dirk Lebelt, Diana Stucke, Elisabetta Canali, und Matthew C. Leach. „Development of the Horse Grimace Scale (HGS) as a Pain Assessment Tool in Horses Undergoing Routine Castration.“ *PLOS ONE*, 2014: 1-10.
- Darwin, C. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London, UK: John Murray, 1872.
- de Grauw, J.C., und J.P.A.M. van Loon. „Systemic pain assessment in horses.“ *The Veterinary Journal*, 2016: 14- 22.
- Driessen, B. „Pain: from sign to disease.“ *Clinical Techniques in Equine Practice*, 2007: 120-125.
- Fureix, C., et al. „Geometric morphometrics as a tool for improving the comparative study of behavioural postures.“ *Naturwissenschaften* , 2011.
- Fureix, C., H. Menguy, und M. Hausberger. „Partners with bad temper: Reject or cure? A study of chronic pain and aggression in horses.“ *PLOS ONE*, 2010: 1- 6.

- Fureix, C., P. Jego, S. Henry, L. Lansade, und M. Hausberger. „Towards an ethological animal model of depression? A study on horses.“ *PLOS ONE*, 2012: 1- 9.
- Gellman, K. „Evaluating posture in horses.“ *Innovative Veterinary Care Journal*. 2017. <https://ivcjournal.com/postural-evaluation-techniques/> (Zugriff am 12. Juni 2021).
- . „Normal and abnormal equine posture: how PRI can help performance and health.“ *Innovative Veterinary Care Journal*. 2015. <https://ivcjournal.com/normal-and-abnormal-equine-posture/> (Zugriff am 12. Juni 2021).
- Gleerup, K. B., und C. Lindegaard. „Recognition and quantification of pain in horses: A tutorial review.“ *Equine Veterinary Education*, 2016: 47- 57.
- Gleerup, Karina B, Björn Forkman, Casper Lindegaard, und Pia H Andersen. „An equine pain face.“ *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 2014: 103- 114.
- Graubner, C., V. Gerber, M. Doherr, und C. Spadavecchia. „Clinical application and reliability of a post abdominal surgery pain assessment scale (PASPAS) in horses.“ *The Veterinary Journal*, 2011: 178-183.
- Hausler, K.K., und H.N. Erb. „Pressure algometry for the detection of induced back pain in horses: A preliminary study.“ *Equine Veterinary Journal*, 2006.
- König v. Borstel, U., E.K. Visser, und C. Hall. „Indicators of stress in equitation.“ *Applied Animal Behavior Science*, 2017.
- Lesimple, Clémence, Carole Fureix, Emmanuel De Margerie, Emilie Sénèque, Hervé Menguy, und Martine Hausberger. „Towards a Postural Indicator of Back Pain in Horses (Equus caballus).“ *PLOS ONE*, 2012: 1- 14.
- Lindegaard, C., D. Vaabengaard, M.T. Christophersen, C.T. Ekstom, und J. Fjeldborg. „Evaluation of pain and inflammation associated with hot iron branding and microchip transponder injection in horses.“ *American Journal of Veterinary Research* , 2009: 840–847.
- Lindstedt, I. „Facial expression of pain in horses undergoing flexion test and relation to lameness.“ *Psychology*, 2017.
- Love, E.J., L. Gillespie, und G. Colborne. „Facial expression of pain in horses.“ *Association of Veterinary Anaesthetists*. 2011.

- McDonnell, S. *A practical field guide to horse behavior- The Equid Ethogram*. Hong Kong: The Blood-Horse, Inc., 2003.
- Molony, V., und J.E. Kent. „Assessment of acute pain in farm animals using behavioural and physiological measurements.“ *Animals Science Journal*, 1997: 266- 272.
- Moral-Munoz, J. A., B. Esteban-Moreno, M. Arroyo-Morales, M. J. Cobo, und E. Herrera-Viedma. „Agreement Between Face-to-Face and Free Software Video Analysis for Assessing Hamstring Flexibility in Adolescents.“ *Journal of Strength and Conditioning Research* 29, 2015: 2661-2665.
- Rochais, C., S. Henry, C. Fureix, und M. Hausberger. „Investigating attentional processes in depressive-like domestic horses (Equus caballus).“ *Behavioural Processes*, 2016: 93-96.
- Rochais, Cèline, Carole Fureix, Clémence Lesimple, und Martine Hausberger. „Lower attention in daily environment: A novel cue for detecting chronic horses back pain?“ *Scientific Reports*, 2016: 1- 7.
- Rutherford, K.M.D. „Assessing pain in animals.“ *Animal Welfare*, 2002: 31- 53.
- Sénèque, E., C. Lesimple, S. Morisset, und M. Hausberger. „Could posture reflect welfare state? A study using geometric morphometrics in riding school horses.“ *PLOS ONE*, 2019: 1- 20.
- Torcivia, C., und S. McDonnell. „Equine Discomfort Ethogram.“ *Animals*, 2021: 1- 21.
- . „In-person caretaker visits disrupt ongoing discomfort behavior in hospitalized equine orthopedic surgical patients.“ *Animals*, 2020: 1- 13.
- van Loon, J.P., W. Back, L.J. Hellerbrekers, und P.R. van Weeren. „Application of a composite pain scale to objectively monitor horses with somatic and visceral pain under hospital conditions.“ *Equine Veterinary Journal*, 2010: 641- 649.
- van Loon, Johannes P.A.M, und Machteld C. Van Dierendonck. „Monitoring acute equine visceral pain with the Equine Utrecht University Scale for Composite Pain Assessment (EQUUS-COMPASS) and the Equine Utrecht University Scale for Facial Assessment of Pain (EQUUS-FAP): A scale-construction study.“ *The Veterinary Journal*, 3. Dezember 2015: 356-364.

8.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Laden der Aufnahme in Kinovea	14
Abbildung 2 Festlegen der Fixpunkte.....	15
Abbildung 3 Winkel α Tragrand.....	16
Abbildung 4 Winkel α Kronrand.....	16
Abbildung 5 negativer Winkel β	17
Abbildung 6 positiver Winkel β	17
Abbildung 7 Winkel γ	18
Abbildung 8 Winkel δ	19
Abbildung 9 Verteilung der Winkel β , γ und δ über alle Videos	25
Abbildung 10 grafische Auswertung Winkel β	28
Abbildung 11 Verteilung für Winkel β	29
Abbildung 12 Verteilung des Winkes β für die Klassifizierung hgr. asymmetrisch	29
Abbildung 13 Verteilung des Winkels β für die Klasse ruhig und aufmerksam	30
Abbildung 14 Verteilung des Winkels β für die Klasse dösend/schlafend.....	30
Abbildung 15 Verteilung des Winkes β für die Klassifizierung schmerzhaft.....	31
Abbildung 16 Verteilung des Winkels β für die Klassifizierung schmerzfrei	32
Abbildung 17 Einstellparameter Klassifizierungsbaum.....	36
Abbildung 18 Klassifizierungsbaum für den Untersuchungspunkt Komfortlevel.....	37
Abbildung 19 grafische Auswertung Winkel γ	50
Abbildung 20 grafische Auswertung Winkel δ	51
Abbildung 21 Gliedmaßenstellung symmetrisch.....	52
Abbildung 22 Gliedmaßenstellung ggr. asymmetrisch.....	53
Abbildung 23 Gliedmaßenstellung mgr. asymmetrisch.....	54
Abbildung 24 Gliedmaßenstellung hgr. Asymmetrisch	55
Abbildung 25 Allgemeinverhalten ruhig und aufmerksam.....	56
Abbildung 26 Allgemeinverhalten dösend/schlafend	57
Abbildung 27 Allgemeinverhalten nicht auswertbar	58
Abbildung 28 Komfortlevel schmerzfrei.....	59
Abbildung 29 Komfortlevel diskomfort.....	60
Abbildung 30 Komfortlevel schmerzhaft.....	61
Abbildung 31 Komfortlevel nicht auswertbar	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Stellung der Gliedmaßen.....	20
Tabelle 2 Allgemeinverhalten.....	21
Tabelle 3 pain face nach (Gleerup, et al. 2014).....	22
Tabelle 4 Komfortlevel	23
Tabelle 5 Übersicht Winkel	24
Tabelle 6 Übersicht der Verteilung des Untersuchungspunktes "Gliedmaßenstellung"	25
Tabelle 7 Übersicht der Verteilung des Untersuchungspunktes "Allgemeinverhalten"	26
Tabelle 8 Übersicht der Verteilung des Untersuchungspunktes "Komfortlevel"	26
Tabelle 9 Übersicht der Kreuztabellen	27
Tabelle 10 Kreuztabelle Komfortlevel * Gliedmaßenstellung	33
Tabelle 11 Kreuztabelle Gliedmaßenstellung * Allgemeinverhalten.....	34
Tabelle 12 Kreuztabelle Allgemeinverhalten * Komfortlevel	35
Tabelle 13 Vorhersagegenauigkeit für den Klassifizierungsbaum	38

A. Anhang

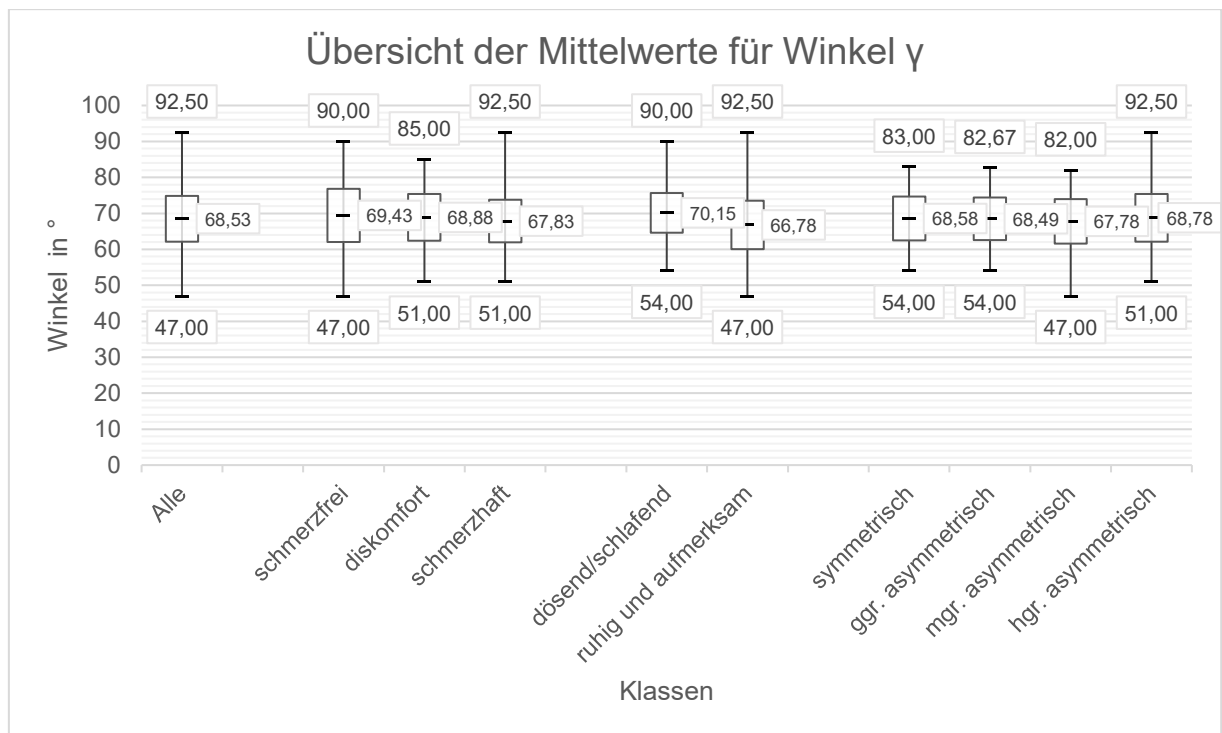


Abbildung 19 grafische Auswertung Winkel γ



Abbildung 20 grafische Auswertung Winkel δ



Abbildung 21 Gliedmaßenstellung symmetrisch



Abbildung 22 Gliedmaßenstellung ggr. asymmetrisch



Abbildung 23 Gliedmaßenstellung mgr. asymmetrisch



Abbildung 24 Gliedmaßenstellung hgr. Asymmetrisch



Abbildung 25 Allgemeinverhalten ruhig und aufmerksam



Abbildung 26 Allgemeinverhalten dösend/schlafend



Abbildung 27 Allgemeinverhalten nicht auswertbar



Abbildung 28 Komfortlevel schmerzfrei



Abbildung 29 Komfortlevel diskomfort



Abbildung 30 Komfortlevel schmerzhaft



Abbildung 31 Komfortlevel nicht auswertbar