

Aus dem Department für Nutztiere und öffentliches Gesundheitswesen
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Universitätsklinik für Wiederkäuermedizin

(Leiter: Univ. Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM)

**Der Klauenpositionsscore als Indikator für subklinische
Klauenerkrankungen - Validierung der subjektiven Bestimmung durch
Messung mittels digitalem Winkelmessgerät und Kompass-App und
Zusammenhang mit der Differenz der Trachtenhöhen an Hinterklauen von
Kühen**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Anna Reiter

Wien, im April 2022

Betreuer:

Ao. Univ.-Prof. Dr. med. vet. Johann Kofler, Dip. ECBHM

Klinische Abteilung für Wiederkäuermedizin, Veterinärmedizinische Universität Wien

Dr. med. vet. Alexandra Hund, Dip. ECBHM

Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden-Württemberg (LAZBW)

Gutachter:

Univ.-Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dip. ECBHM

Klinische Abteilung für Wiederkäuermedizin, Veterinärmedizinische Universität Wien

Inhaltverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung.....	1
1.1. Einleitung	1
1.2. Fragestellung und Hypothese.....	5
1.2.1. Fragestellung	5
1.2.2. Hypothese.....	5
2. Material und Methoden.....	6
2.1. Herdenbeschreibung	6
2.2. Datenerhebung	6
2.2.1. Klauenpositionsscore	9
2.2.2. Locomotionsscore nach Sprecher	11
2.2.3. Digitaler Winkelmesser.....	12
2.2.4. Messung mittels Kompass App.....	12
2.2.5. Messung der Trachtenhöhen-Differenz	14
2.3. Statistische Analyse.....	15
3. Ergebnisse.....	17
3.1. Klauenpositionsscore.....	17
3.2. Digitaler Winkelmesser	22
3.3. Kompass App.....	29
3.4. Zusammenhänge zwischen Klauenpositionsscore, Kompass App und digitalem Winkelmesser.....	35
3.5. Locomotion Score nach Sprecher	36
3.6. Trachtenhöhe	40
3.7. Locomotion Score und Klauenpositionsscore	42
3.8. Trachtenhöhe und Klauenpositionsscore	43

3.9. Zusammenhang zwischen Trachtenhöhe, digitalem Winkelmesser und Kompass App	45
4. Diskussion	48
4.1. Messvorgang.....	48
4.2. Ergebnisse	49
5. Zusammenfassung.....	53
6. Summary	54
7. Abkürzungsverzeichnis	56
8. Literaturverzeichnis	57
9. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	63
10. Danksagung	67

1. Einleitung und Fragestellung

1.1. Einleitung

Lahmheit ist definiert als Störung des physiologischen Gangbildes, die in den allermeisten Fällen durch schmerzhafteste Prozesse am Bewegungsapparat verursacht wird (Algers et al. 2009, Whay und Shearer 2017). Es handelt sich dabei nicht um ein einzelnes Krankheitsbild, sondern um ein Symptom für eine ganze Reihe verschiedener Erkrankungen (Huxley 2013). Lahmheiten gelten nach Fruchtbarkeitsproblemen und Mastitis als dritthäufigste Abgangsursache bei Milchkühen (Bruijnjs et al. 2010, Green et al. 2002, Zuchtdata 2020). Lahmheiten führen in weiterer Folge zu hohen wirtschaftlichen Verlusten für landwirtschaftliche Betriebe. Die Hauptgründe dafür sind der negative Effekt auf die Milchleistung und die Fruchtbarkeit bei klinisch lahmen Tieren (Green et al. 2002, Gudaj et al. 2012, Huxley 2013). Die Gesamtkosten für Lahmheit setzen sich aus zwei Komponenten zusammen: Ausgaben und Verluste. Die Ausgaben beinhalten Behandlung und Maßnahmen zur Prophylaxe, während die Verluste aus Reduktion der Milchproduktion, reduzierter Reproduktionsleistung, vermindertem Wohlbefinden und anderer Faktoren resultieren (Charfeddine und Pérez-Cabal 2017, Fürst-Waltl et al. 2021, Kofler et al. 2021). Die Kosten unspezifischer Lahmheiten werden pro Fall zwischen 76 \$ und 533 \$ geschätzt (Dolecheck und Bewley 2018).

Auch im Sinne des Tierwohls („Animal Welfare“) stellt Lahmheit ein erhebliches Problem bei Milchkühen dar (Galindo und Broom 2002, Keyserlingk et al. 2012). Kühe mit hochgradiger Lahmheit, erkennbar durch ihre Unfähigkeit oder den Widerwillen die betroffenen Gliedmaßen zu belasten, leiden infolge der hochgradigen Schmerzen sehr stark (Whay und Shearer 2017). Zusätzlich wird das Liegeverhalten der Tiere beeinflusst. Schon bei mäßig lahmen Kühen kommt es zu einer durchschnittlich längeren Liegedauer aber gleicher Anzahl an Liegeperioden im Vergleich zu nicht lahmen Tieren (Weigele et al. 2018). Als weitere Folgen dieser eingeschränkten Gehfähigkeit gelten eine verkürzte Fresszeit und Veränderungen im Sozialverhalten lahmer Rinder (Galindo und Broom 2002, Juarez et al. 2003, Whay und Shearer 2017). Verglichen mit nicht lahmen Tieren ist die Wahrscheinlichkeit für ein vorzeitiges Ausmerzen für lahme Kühe 8,4-mal höher (Sprecher et al. 1997).

Die Auswirkung auf das Wohlergehen der Rinder ist bei subklinischen Klauenerkrankungen, also ohne erkennbare Symptome wie zum Beispiel Lahmheit, vergleichbar mit der von

klinischen Klauenerkrankungen, wenn die Dauer und Inzidenz berücksichtigt werden, da subklinische Klauenerkrankungen über einen längeren Zeitraum vorhanden sein können bzw. auch eine hohe Inzidenz haben können (Bruijnis et al. 2012). Eine Erkennung solch subklinischer Klauenläsionen erlaubt eine frühzeitige Behandlung, reduziert somit die Ausgaben und die mit einer klinischen Krankheit verbundenen Verluste (Dolecheck und Bewley 2018). Subklinische Klauenläsionen sind entweder noch gar nicht oder nur mit geringen Schmerzen verbunden, so dass sie von LandwirtInnen in der Regel nicht oder kaum erkannt werden. Solche subklinischen Klauenläsionen können entweder ausheilen (durch korrekt durchgeführte funktionelle Klauenpflege), subklinisch bleiben oder in eine klinische Form übergehen (Bruijnis et al. 2012).

Mehrere Studien zeigten, dass landwirtschaftlichen Betrieben die wirkliche Anzahl an lahmen Tieren in der Herde nicht bewusst ist und von ihnen auch häufig unterschätzt wird (Bell et al. 2006, Fabian et al. 2014, Leach et al. 2010, Šárová et al. 2011). Außerdem empfinden viele LandwirtInnen die Lahmheitskontrolle in der Herde als herausfordernd, da sie diese auch noch zeitlich in ihren schon dicht ausgefüllten Arbeitsalltag unterbringen müssten. Die begrenzte Zeit, die Arbeit und auch die höhere Priorisierung anderer Erkrankungen, wie zum Beispiel Mastitis und Fruchtbarkeitsprobleme, schränken die Bemühungen auch die Lahmheitssituation in der Herde zu verbessern bei einigen landwirtschaftlichen Betrieben immer wieder ein (Leach et al. 2010). Das Bewusstsein bei den in der Landwirtschaft beschäftigten Personen für die Bedeutung der Klauenpflege und deren Durchführung in kürzeren Intervallen, der Klauengesundheit generell und der Berücksichtigung dieser bei der Zucht, steht im signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von Lahmheiten. Dementsprechend war bei landwirtschaftlichen Betrieben, denen die Klauengesundheit weniger wichtig war, die Lahmheitsprävalenz innerhalb ihrer Herde höher im Vergleich zu jenen, welchen die Klauengesundheit ihrer Kühe ein wichtiges Anliegen war (Becker et al. 2014). Werden nicht alle lahmen Kühe als lahm erkannt, führt das dazu, dass dieses Gesundheitsproblem als weniger häufig wahrgenommen wird, als es tatsächlich ist, und ihm weniger Aufmerksamkeit geschenkt wird (Fabian et al. 2014, Leach et al. 2010). In der Lahmheitserkennung ist daher eine Verringerung der Toleranz gegenüber Lahmheiten mit einem Rückgang der Lahmheit verbunden (Leach et al. 2013). Werden lahme Tiere innerhalb von 48 Stunden nach der Entdeckung der Lahmheit nicht behandelt, kommt es erneut zu einem Anstieg der Lahmheitsprävalenz (Barker et al. 2010).

Die Ursachen für Lahmheiten bei Milchkühen liegen in etwa 85 % der Fälle im Bereich der Klauen bzw. der Zehen (Murray et al. 1996, Newcomer und Chamorro 2016). Die Hinterextremität ist mit über 70 % am stärksten betroffen, am häufigsten davon die Außenklaue (Hässig et al. 2018, Newcomer und Chamorro 2016, Shearer et al. 2013). Nach angleichen der Außen- und Innenklaue auf das gleiche Niveau zeigt sich, dass die Sohle der Außenklaue signifikant dünner ist als die der Innenklaue (Nuss und Paulus 2006). Dazu kommt, dass die Gewichtsbelastung nicht symmetrisch zwischen Außen- und Innenklaue aufgeteilt ist. Die laterale Klaue ist im Durchschnitt einem deutlich höheren Druck ausgesetzt, als dies bei der medialen Klaue der Fall ist (Fischer et al. 2021, Nuss et al. 2019). Eine Studie von van der Tol et al. (2004) zeigte, dass 80 % des Gesamtdrucks auf der Außenklaue und nur 20 % auf der Innenklaue liegt. Ein erhöhter Druck auf die Lederhaut der Klauen steigert das Risiko für Erkrankungen wie z.B. konkave Vorderwand, Sohlenblutung, Doppelsohle, Geschwüre (Sohlengeschwüre, Sohlenspitzeneschwüre), Weiße-Linie-Erkrankung, Dünne Sohle, Hornspalt und Limax (Cook und Nordlund 2009, Gudaj et al. 2012). Jede Verzögerung der Behandlung verringert die Genesungsrate. Demnach ist eine frühzeitige Erkennung und eine sofortige, wirksame Behandlung durch fachgerechte Klauenpflege der Schlüssel für eine erfolgreiche Therapie lahmer Kühe, eine Reduzierung der Lahmheitsprävalenz und eine damit einhergehende Verbesserung des Tierwohls (Gundelach et al. 2013, Kofler et al. 2021, Leach et al. 2012, Thomas et al. 2016).

Es gibt verschiedene Methoden der Lahmheitsbeurteilung (Barker et al. 2010, Flower und Weary 2006). Eine weltweit sehr häufig verwendete Methode ist das Locomotion-Scoring (LCS) nach Sprecher et al. (1997). Diese Methode verwendet ein 5-Punkte-System, womit das Gangbild von Kühen im Laufstall bzw. auf Weiden bewertet wird. Dabei liegen die Schwerpunkte der Lahmheitserkennung auf der Feststellung von Entlastungsbewegungen und der Beurteilung der Rückenlinie sowohl im Stande der Ruhe als auch in der Schrittbewegung (Sprecher et al. 1997).

Der Klauenpositionsscore (KPS) nach Bulgarelli-Jimenez et al. (1996) bietet eine Methode zur Erkennung subklinischer Lahmheiten, bei denen keine der charakteristischen Symptome vorliegen müssen, wie man sie für die Erkennung klinischer Lahmheiten heranzieht (Flower und Weary 2006, Sprecher et al. 1997). Die visuelle Erhebung des KPS erfolgt nur an den Hinterextremitäten der Kühe. Bei der Bestimmung des KPS arbeitet man ebenfalls mit einem Punktesystem, welches auf dem Grad der Außenrotation der Zwischenklauenachse jedes Klauenpaares an den beiden Hintergliedmaßen beruht. Die bereits erwähnte Überbelastung

der Außenklauen stimuliert dessen Hornwachstum, so dass v.a. die Trachte der stärker belasten Außenklaue mit der Zeit deutlich höher werden kann (Fischer et al. 2021, van der Tol et al. 2004). In weiterer Folge rotieren dadurch die Klauen nach außen (Holzhauer et al. 2005). Anhand visueller Bewertung wird die dabei vorliegende Außenrotation eines Klauenpaares in Score 1 (physiologisch), Score 2 (mittelgradig) und Score 3 (hochgradig) eingeteilt. Diesen Scores wurden Winkelgrade in Bezug zur Körpermittellinie zugeordnet: Score 1 liegt unter 17° , Score 2 zwischen 17° und 24° und höher als 24° wird als Score 3 gewertet (Bulgarelli-Jimenez et al. 1996). Durch diese visuelle Bestimmung des KPS erhält man im Rahmen der Ermittlung der Herdengesundheit auch bei Rindern, die noch keine klinisch erkennbare Lahmheit zeigen einen Hinweis zur Klauengesundheit, ohne das Rind am Klauenpflegestand ablegen zu müssen. Ziel ist es, auf diesem Wissen basierend, die betroffenen Tiere zum optimalen Zeitpunkt einer Klauenpflege zu unterziehen (Bulgarelli-Jimenez et al. 1996) noch bevor sie eine klinische Lahmheit zeigen.

Score 1 beschreibt die physiologische Winkelung der Zwischenklauenachse in Relation zur Körpermittellinie (Bulgarelli-Jimenez et al. 1996, Holzhauer et al. 2005). Die Trachtenhöhe (TRAH) beider Klauen eines Klauenpaares sind hier in etwa gleich hoch, dadurch kommt es zu keiner Überbelastung einer Klaue und einer damit assoziierten druckbedingten Klauenhornerkrankung (Kofler 2021, Machado et al. 2010). Alle Kühe, bei welchen ein Score 2 und vor allem ein Score 3 festgestellt wird, weisen ein höheres Risiko auf, eine druckbedingte Klauenhornerkrankung zu entwickeln und sollten daher umgehend einer Klauenpflege unterzogen werden. Dabei soll der Höhenunterschied ausgeglichen und der übermäßige Druck auf einer Klaue (meist an der Außenklaue) reduziert werden, um das Auftreten von Lahmheiten zu vermeiden (Holzhauer et al. 2005).

Diese Empfehlung stützt sich bisher lediglich auf ein Abstract einer Konferenz vor 26 Jahren (Bulgarelli-Jimenez et al. 1996) und einer weiteren Publikation von Holzhauer et al. (2005). Daher wurde die Idee entwickelt, eine ähnlich konzipierte Studie mit modernen Messmethoden durchzuführen und die Ergebnisse mit der Messung der TRAH-Differenz jedes Klauenpaares zu vergleichen.

1.2. Fragestellung und Hypothese

1.2.1. Fragestellung

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob der an der stehenden Kuh visuell erhobene KPS ein Indikator für eine deutlich unterschiedliche TRAH eines Klauenpaares sein kann.

Ziel dieser vorliegenden Studie ist es, die subjektive visuelle Bestimmung des KPS mit der objektiven Messung des Zwischenklauenwinkels (ZKW) mittels digitalem Winkelmesser (DIG) und mittels Kompass-App (KOMP) zu validieren sowie zu überprüfen, inwiefern die Klauenpositions-Scores 1, 2 und 3 mit den gemessenen Differenzen der TRAH zwischen Innen- und Außenklaue an den Hinterfüßen von Kühen korrelieren. Des Weiteren soll geklärt werden, ob sich der KPS innerhalb von ca. zwei Monaten Beobachtungszeit vergrößert.

1.2.2. Hypothese

Folgende Hypothesen werden angenommen:

1. Der ZKW kann mittels KOMP und DIG reproduzierbar gemessen werden.
2. Der gemessene ZKW stimmt mit der subjektiven Kategorisierung durch den KPS überein.
3. Der Unterschied der TRAH zwischen Innen- und Außenklaue steht in Relation zum KPS und ZKW.
4. Score 2 und 3 des KPS sind nicht zwangsläufig mit einer klinischen Lahmheit (LCS ≥ 2) assoziiert.
5. Der KPS sowie auch die Winkelmesswerte vergrößern sich im Verlauf von ca. zwei Monaten.

2. Material und Methoden

2.1. Herdenbeschreibung

Für die Studie wurden 51 Kühe an der VetFarm, einem österreichischer Milchviehbetrieb der Veterinärmedizinischen Universität Wien, ausgewählt. Die Haltungsform war eine Gruppenhaltung im Laufstall, welcher mit Liegeboxen aus Tiefstreu, bestehend aus Strohmatratze und Stroh als Einstreu, ausgestattet war. Die Liegeboxen waren wand- und gegenständig angeordnet. In Summe gab es 72 Fress- und Liegeplätze. Der Boden des gesamten Innenbereiches war planbefestigt und mit Gummimatten ausgestattet. Ausgenommen davon war der Auslauf und der Wartebereich vor dem Melkstand, diese wiesen einen Betonboden auf.

Die Versuchsgruppe bestand zum Großteil aus Fleckvieh (n = 42) und wenigen Holstein Rindern (n = 9), welche in Laktation bzw. trockengestellt waren oder sich noch vor ihrer ersten Laktation befanden. Basierend auf den Daten des Landeskontrollverbands betrug die durchschnittliche Milchmenge am Betrieb 9133 kg im Jahr 2020. Das durchschnittliche Alter der Kühe lag im gleichen Jahr bei 5,3 Jahren. Die Tiere wurden regelmäßig einer fachgerechten Klauenpflege unterzogen, welche routinemäßig zweimal im Jahr und zusätzlich individuell bei Bedarf durchgeführt wurde.

Gründe für den Ausschluss von Rindern von der vorliegenden Studie waren:

- Rinder, die zum Zeitpunkt der Messungen einen Klotz an einer oder mehreren Klauen angeklebt hatten,
- Rinder, bei denen in den fünf Monaten vor Beginn der ersten Erhebungen und Messungen eine Klauenpflege vorgenommen worden war.

2.2. Datenerhebung

Vor Beginn der eigentlichen Studie wurde die Durchführung der verschiedenen Erhebungs- bzw. Messmethoden sowohl an den Kühen der Klinik der Veterinärmedizinischen Universität Wien als auch an Kühen der VetFarm von den drei an der Studie beteiligten UntersucherInnen geübt, um sich eine gewisse Sicherheit in der Handhabung der Messgeräte aneignen zu können.

Der erste von insgesamt zwei Messterminen für die Datenerhebung fand am 06. August 2020 statt. Für die Messung wurden die für die Studie ausgewählten Kühe in einem Fressgitter mittels Arretierung fixiert. Diese Art der Fixierung war den Tieren vertraut, da sie diese routinemäßig mindestens zweimal täglich erlebten. Als wesentliche Erleichterung des Messvorgangs zeigte sich eine lückenlose Anordnung der Tiere, da auf diese Weise der Bewegungsradius einzelner Tiere etwas eingeschränkt wurde und dies mehrmalige Messversuche aufgrund von Positionsänderungen deutlich reduzierte. Während des gesamten Messvorgangs konnten die Tiere fressen und wurden von den teilnehmenden Personen in keinerlei Hinsicht manipuliert.

An jedem Messtag wurde von allen 51 Kühen in zwei voneinander unabhängigen Durchgängen von drei UntersucherInnen der KPS erhoben und der ZKW mittels DIG und KOMP vermessen. Dafür befanden sich die UntersucherInnen in einem Abstand von ungefähr ein bis zwei Metern hinter den Kühen. Im Rahmen der Vorbereitungen war die Transpondernummer mit einem Tiermarkierstift auf den Rücken jeder zu untersuchenden Kuh geschrieben worden, um eine schnelle und sichere Identifizierung von hinten zu gewährleisten. Drei AssistentInnen, welche jeweils einer untersuchenden Person zugeordnet waren, kontrollierten die Transpondernummern und dokumentierten die mündlich von den UntersucherInnen mitgeteilten Messergebnisse in einer im Vorfeld angefertigten Tabelle bei allen mit Transpondernummer und Ohrmarke verzeichneten Kühen. Für die Untersuchung verwendeten alle Personen die gleichen Messgeräte bzw. hatten die Kompass App vom selben Anbieter (melon soft Kompass, Seoul, Südkorea) installiert. Innerhalb eines Durchgangs wurde der ZKW aller Kühe sowohl subjektiv mit dem KPS bewertet als auch objektiv mithilfe des DIG und der KOMP gemessen und ein LCS nach Sprecher et al. (1997) durchgeführt.

Die UntersucherInnen führten die Messungen an den Kühen zur selben Zeit durch, es wurde aber nie gleichzeitig an einem Tier gemessen. Es wurden unterschiedliche Messmethoden ausgewählt und erst zur nächsten Methode gewechselt, wenn alle Tiere damit vermessen waren. Eine unmittelbar aufeinander folgende Messung der gleichen Kuh mit allen Messmethoden war dadurch nicht möglich. Durch diese Vorgangsweise sollte verhindert werden, dass die UntersucherInnen direkt nacheinander die Messung mit gleicher Messmethode an derselben Kuh durchführten. Erst als alle Daten der angeführten Messmethoden der 51 Kühe vom ersten Durchgang dokumentiert waren, wurde mit dem zweiten Messdurchgang gestartet. Um eine unbeeinflusste Erfassung der Daten

sicherzustellen, wurde die Messreihenfolge beim Wechsel zum zweiten Durchgang und auch innerhalb eines Durchgangs beim Wechsel zu einer anderen Messmethode verändert. Dafür wurde willkürlich an anderen Kühen als zuvor gestartet, um keine Erinnerung an die bereits gemessenen Winkel oder Scores zu haben. Außerdem wurden die schriftlichen Aufzeichnungen ausnahmslos von AssistentInnen übernommen, sodass den untersuchenden Personen eine unvoreingenommene Messung möglich war, da vorherige Ergebnisse nicht einsehbar waren. Das jeweilige Messergebnis wurde den AssistentInnen mündlich mitgeteilt, und von diesen anschließend schriftlich dokumentierten. Dadurch wurde gewährleistet, dass zwei unabhängige Messungen bei der gleichen Tiergruppe absolviert werden konnten.

Nachdem alle Erhebungen bzw. Messungen bei den im Fressgitter fixierten stehenden Kühen vorgenommen waren, wurde von den drei UntersucherInnen anschließend ein LCS nach Sprecher et al. (1997) durchgeführt. Die Kühe wurden dazu jeweils einzeln aus dem Fressgitter entlassen, wo zuvor die Rückenlinie der Kühe kurz in stehender Position bewertet worden war, und dann in der Schrittbewegung am Auslauf beurteilt.

Der zweite Messtermin bei derselben Kuhgruppe fand ca. zwei Monate (ab dem 13. Oktober 2020) nach dem ersten Termin statt, dabei wurden die insgesamt 51 Kühe in kleineren Gruppen an vier verschiedenen Tagen untersucht. Für diesen Zweck wurden die 51 Kühe auf vier Gruppen aufgeteilt, bestehend aus jeweils elf bis vierzehn Tieren, die dann jeweils am 13. Oktober 2020, am 20. Oktober 2020, am 03. November 2020 bzw. am 10. November 2020 gemessen wurden. Der Grund für diese Aufteilung war die an diesen Terminen notwendige zusätzliche Ermittlung der Differenz der TRAH an beiden Klauenpaaren der Hintergliedmaßen. Für die Messung der TRAH-Differenz war es unumgänglich, die Rinder am Kippstand abzulegen. Durch diese zeitliche Einteilung gelang es, unnötige Manipulationen durch ein zusätzliches Ablegen der Rinder nur für unsere Studie und den damit verbundenen Stress zu vermeiden, da dieser zweite Messtermin mit der am Betrieb routinemäßig durchgeführten Klauenpflege im Herbst kombiniert worden war. Im Rahmen dieser Prophylaxemaßnahme müssen die Kühe ohnehin am Kippstand abgelegt werden.

An den vier genannten Terminen wurde die Erhebung des KPS sowie die Messungen mittels DIG und KOMP und das LCS der Kühe in gleicher Art und Weise vorgenommen, wie auch am ersten Messtermin. Ebenso erfolgten zwei Messdurchgänge für diese Parameter durch die drei UntersucherInnen.

Anschließend wurden die Kühe am Kippstand zur Durchführung der Klauenpflege abgelegt. Noch vor Beginn der Klauenpflege erfolgte die Vermessung der Differenz der TRAH zwischen Außen- und Innenklaue an der linken und rechten Hintergliedmaße. Zuvor waren die Klauen lediglich grob gereinigt worden. Die Ermittlung der Differenz der TRAH war nur von zwei Untersuchenden vorgenommen worden, da sich die Klauenpflege bei den jeweils 11 bis 14 Kühen über mehrere Stunden hinzog, so dass sich die dritte Person aus Zeitgründen nicht an der Messung beteiligen konnte. Die Differenz der TRAH wurde nur in einem Durchgang gemessen, da eine unbeeinflusste Erhebung der Daten in zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Durchgängen (innerhalb von einer bis zwei Minuten) nicht möglich war. Anschließend erfolgte die funktionelle Klauenpflege der Kühe. Alle im Rahmen der Klauenpflege erhobenen Klauenbefunde wurden anschließend mit dem elektronischen Dokumentationssystem Klauenmanager (SEG Informationstechnik GmbH Bad Ischl, Österreich) dokumentiert.

2.2.1. Klauenpositionsscore

Die Erhebung des KPS stellt eine subjektive Scoring-Methode dar. Dabei wird die Außenrotation der Zwischenklauenachse in Bezug zur Körpermittellinie bewertet. Dieser jeweils vorliegende Winkel wird subjektiv geschätzt und mit Score 1 bis 3 bewertet. Für die Beurteilung des KPS standen die UntersucherInnen in einem Abstand von ca. ein bis zwei Meter hinter der Kuh und achteten auf die Rotation der Außenklauen, welche mit Hilfe der Beurteilung des Verlaufes der Zwischenklauenachse in Relation zur Körpermittellinie rasch mit einem Blick erhoben werden konnte. Die Rückenlinie der Kuh diente als Körpermittellinie (0°), die zweite „gedachte“ Linie verlief durch den Zwischenklauenspalt (siehe Abbildung 1). Zwischen diesen beiden Bezugslinien ergab sich für die rechte und linke Hinterextremität jeweils ein Winkel. Nach der Einteilung von Bulgarelli-Jimenez et al. (1996) wurde unter 17 Grad als Score 1, zwischen 17 – 24 Grad als Score 2 und über 24 Grad als Score 3 zugeordnet (siehe Abbildung 2). Jedem Tier wurde demzufolge pro Durchgang jeweils ein KPS für die rechte und linke Hinterextremität zugeteilt.

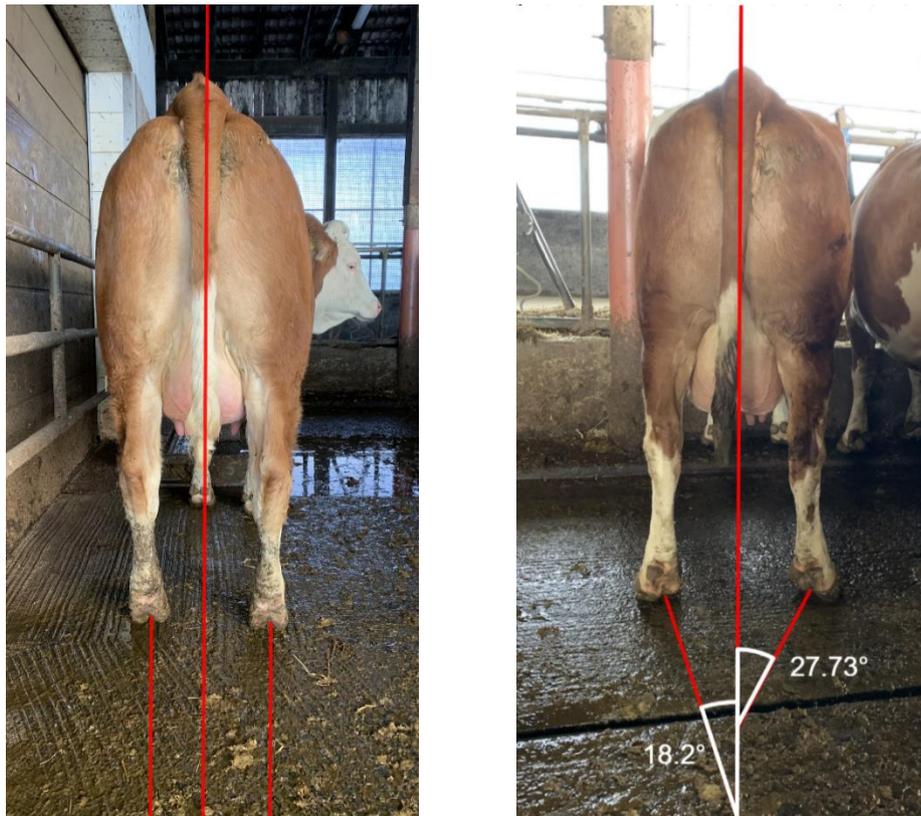


Abbildung 1: Beispiele von Erhebungen des Klauenpositionsscore (KPS) mit Hilfslinien durch die Körpermitte und den Zwischenklauenspalt: im linken Bild lag ein KPS mit Score 1 (0° , parallel zur Körpermittellinie) vor, im rechten Bild liegt an der linken Hinterextremität ein Score 2 ($18,2^\circ$) und an der rechten Hinterextremität ein KPS mit Score 3 ($27,73^\circ$) vor.

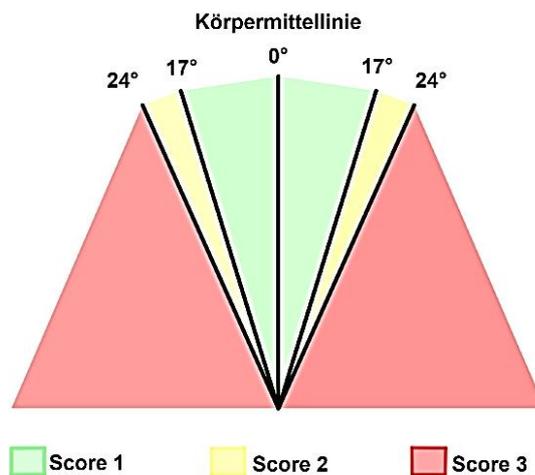


Abbildung 2: Die Körpermittellinie (0°) symbolisiert die Rückenlinie der Kuh, die zweite Linie zieht jeweils durch den Zwischenklauenspalt der linken bzw. der rechten Hinterextremität.

2.2.2. Locomotionscore nach Sprecher

Am Ende jedes Messdurchganges an beiden Messterminen wurde das LCS nach Sprecher et al. (1997) durchgeführt. Die Locomotion-Scores (1 – 5) wurden in zwei Durchgängen ermittelt. Für eine unabhängige Bestimmung war es unumgänglich, erst die gesamte Gruppe zu scoren und anschließend den zweiten Durchgang vorzunehmen, da eine unbeeinflusste Beurteilung ansonsten nicht garantiert gewesen wäre. Ebenso war es wichtig, dass die Reihenfolge der Kühe beim zweiten Durchgang verändert wurde. Der Ablauf gestaltete sich so, dass von jeder Kuh im Stehen (noch im Fressgitter fixiert) die Rückenlinie bewertet und im Anschluss daran auf planbefestigtem Boden das Gangbild beurteilt wurde. Anhand der Beurteilungskriterien nach Sprecher et al. (1997) (siehe Tabelle 1) wurde jeder Kuh pro Durchgang ein Locomotion-Score zugeordnet.

Tabelle 1: Einteilung der Locomotion-Scores nach Sprecher et al. (1997) anhand klinischer Beschreibung und Beurteilungskriterien.

Locomotion-Score	Klinische Beschreibung	Beurteilungskriterien
1	Normal (nicht lahm)	Rücken im Stehen und in der Schritt- bewegung ungekrümmt, das Trittsiegel des jeweiligen Hinterfußes berührt das Trittsiegel des gleichseitigen Vorderfußes.
2	Leicht lahm	Im Stehen ist der Rücken ungekrümmt, in der Schritt- bewegung jedoch gekrümmt. Der Gang ist leicht abnormal.
3	Mittelmäßig lahm	Rücken im Stehen und in der Schritt- bewegung gekrümmt. Die Kuh macht mit einem oder mehreren Beinen kürzere Schritte.
4	Deutlich lahm	Rücken im Stehen und in der Schritt- bewegung gekrümmt, tritt auf einem oder mehreren Beinen nur mehr teilweise (an der Klauenspitze) auf.
5	Schwer lahm	Rücken im Stehen und in der Schritt- bewegung gekrümmt, belastet ein Bein gar nicht mehr, steht nicht mehr oder nur mehr unter großen Schwierigkeiten auf.

2.2.3. Digitaler Winkelmesser

Für die digitale Winkelmessung wurde ein elektronischer Winkelmesser der Firma WALFRONT (Lewes, DE, United States, Länge 300 mm) verwendet. In gleicher Weise wie bei der Erhebung des KPS, orientierte man sich an der Rückenlinie der Kühe als Körpermittellinie und an der Linie, die man durch den Zwischenklauenspalt der Hinterfüße legte. Der Winkelmesser besteht aus zwei Schenkeln mit einem beweglichen Verbindungspunkt, wodurch Messbereiche von 0° bis zu 360° bestimmt werden konnten. Das Messgerät wurde bei der Anwendung vor dem Körper parallel zum Boden gehalten. Einer der beiden Schenkel wurde so positioniert, dass er die Verlängerung der Rückenlinie darstellte und der andere Schenkel wurde so eingestellt, dass er parallel zur jeweiligen Zwischenklauenachse des linken und des rechten Klauenpaares stand. Nun konnten die Winkelgrade direkt am Display abgelesen werden.

2.2.4. Messung mittels Kompass App

Alle UntersucherInnen hatten die gleiche App für das Android Betriebssystem vom selben Anbieter (melon soft Kompass, Seoul, Südkorea) auf deren Smartphone installiert. Vor jeder Verwendung wurde der Kompass laut vorgegebener Nutzungsempfehlung kalibriert, um optimale und korrekte Messbedingungen seitens der App zu gewährleisten. Für diese Kalibrierung gab es eine unkomplizierte Anleitung, welche man beim Starten der App einsehen und durchführen konnte.

Für die eigentliche Messung hatte sich im Vorversuch ein ca. 50 cm langes Holzstäbchen (3 mm dick) als Erleichterung dargestellt, welches an der Mittellinie der Rückseite des Smartphones fixiert wurde und als Verlängerung dieser Linie diente (siehe Abbildung 3). Durch diese Hilfestellung vereinfachte sich die Messung der Längen- und Breitengrade wesentlich, da die Linie, die vor dem geistigen Auge gezogen wird, durch das Stäbchen unterstützt wurde. Als erstes wurden mittels KOMP die Grade der Körpermittellinie erhoben. Hier diente als Anhaltspunkt die Rückenlinie der Kuh. Im zweiten Schritt wurde das Smartphone geschwenkt und auf die zweite Linie eingestellt, welche jeweils durch den Zwischenklauenspalt der linken und rechten Hinterextremitäten verlief. Wichtig dabei war, dass die untersuchende Person beim Schwenken des Smartphones die eigene Position nicht veränderte, da man sonst die Winkelgrade der ersten Messung durch die Körpermittellinie nicht mehr als Referenzmessung hätte verwenden können. Ebenfalls war darauf zu achten, dass das Smartphone stets völlig

waagrecht gehalten wurde. Seitens der App gab es dafür einen Anhaltspunkt im Zentrum des Bildschirms (Punkt mit Fadenkreuz), um dies zu überprüfen (Abbildung 4). Hatte die Kuh zwischen der Messung der Körpermittellinie und der nächsten Messung ihre Position verändert, dann musste die Messung wieder neu gestartet werden, um eine korrekte Ermittlung der Grade gewährleisten zu können. Die genauesten Ergebnisse erzielte man, indem für jede Gliedmaße (links, rechts) die Mittellinie jeweils neu bestimmt wurde, um eventuelle Positionsveränderungen der Kuh ausschließen zu können. Im Anschluss musste die Differenz der Grade der Mittellinie und des Zwischenklauenspaltes berechnet werden, wodurch man das genaue Ergebnis der Stellung der Hinterextremitäten im Verhältnis zur Rückenlinie ermitteln konnte.



Abbildung 3: Vermessung der Längen- und Breitengrade mittels Kompass-App am Smartphone. An der Rückseite des Smartphones wurde ein Stäbchen als Unterstützung des Messvorgangs angebracht.



Abbildung 4: Screenshot der Kompass-App vom Hersteller „melon soft“. In der Mitte befindet sich ein grauer Punkt auf dem Fadenkreuz, welcher dazu dient, sicherzustellen, dass man das Smartphone waagrecht hält.

2.2.5. Messung der Trachtenhöhen-Differenz

Für die Ermittlung der Differenz der TRAH war es nötig, die Rinder am Kippstand abzulegen, um einen freien Zugang zu den Klauen zu erlangen. An beiden Hinterextremitäten wurde mithilfe eines Messwinkels (SOLA Modell SRB 250, SOLA-Messwerkzeuge GmbH, Götzis, Österreich) der Unterschied der Höhe der Trachten von Außen- und Innenklaue gemessen. Hierbei handelte es sich um einen Schreinerwinkel mit einer cm und mm Skalierung am langen Schenkel und integriertem Gärungsanschlag (45°).

Physiologischerweise sollte die TRAH an den Vorderklauen 4,0 – 4,5 cm und an den Hinterklauen 3,5 – 4,0 cm betragen (Kofler 2019). Für die Messung der Differenz der TRAH wurde der kurze Schenkel des Schreinerwinkels (SOLA Modell SRB 250, SOLA-Messwerkzeuge GmbH, Götzis, Österreich) immer an der Klaue mit der größeren TRAH angelegt (dies war in der Regel die Außenklaue), und zwar so, dass der lange Schenkel des Schreinerwinkels abaxial an der Klaue mit der geringeren TRAH (dies war zumeist die Innenklaue) anlag. Dabei ragte der kurze Schenkel des Schreinerwinkels über die niedrigere Trachte hinweg und wurde jeweils am hinteren Ende des Tragrandes bzw. der Fußungsfläche der Klaue mit der höheren Trachte im rechten Winkel zur Interdigitalachse angelegt. Nun konnte am langen Schenkel des Schreinerwinkels die Differenz beider TRAH in mm abgelesen werden (Abbildung 5).

In dieser Studie lag unser Fokus auf der Differenz zwischen den TRAH von Innen- und Außenklaue, weshalb wir nicht die Höhe selbst, sondern nur das Ausmaß des Höhenunterschiedes feststellten.



Abbildung 5: Messung der Differenz der Trachtenhöhe zwischen Außen- und Innenklaue mit Hilfe eines Schreinerwinkels.

2.3. Statistische Analyse

Für die Messergebnisse, welche an den Messtagen in Tabellen notiert wurden, wurden Excel Tabellen erstellt, in welche diese dann übertragen wurden. Um Fehler auszuschließen, wurden alle Werte mittels 4-Augen-Prinzip kontrolliert. In weiterer Folge wurden die Daten mit dem Statistik Programm R (R Foundation for Statistical Computing 2020) und RStudio (RStudio Team 2020) unter Verwendung der Pakete ggplot2, dplyr, lme4, irr und ICC analysiert und grafisch dargestellt (Bates et al. 2015, Gamer et al. 2019, Hadley Wickham 2016, Wickham et al. 2020, Wolak et al. 2012).

Zunächst wurde die prozentuale Übereinstimmung der erhobenen Scores (KPS und LCS) bzw. der gemessenen Werte (DIG, KOMP und TRAH) ermittelt. Dabei wurde bei den Winkeln eine Toleranz von 5 Grad und bei TRAH von 2 mm akzeptiert. Die Übereinstimmung innerhalb und zwischen den UntersucherInnen wurde bei den ordinalen Daten KPS und LCS mittels quadratisch gewichtetem Kappa berechnet. Die Interpretation der Ergebnisse ist in Tabelle 2 dargestellt. Bei den kontinuierlichen Daten DIG, KOMP und TRAH wurde die Intraclass Correlation (ICC) (model = "twoway", type = "consistency", unit = "single") berechnet (Interpretation siehe Tabelle 3) (Koo und Li 2016).

Tabelle 2: Interpretation der Kappa Werte nach Landis und Koch (1977).

Kappa Wert	Interpretation
ab 0.80	fast perfekt
ab 0.60	substanziell
ab 0.40	moderat
ab 0.20	mäßig
0 - 0.20	gering
< 0.00	mangelhaft

Tabelle 3: Interpretation des Intraclass Correlation Coefficient.

Intraclass Correlation Coefficient	Interpretation
nach Cicchetti (1994)	
unter 0.40	schlecht
zwischen 0.40 und 0.59	mäßig
zwischen 0.60 und 0.74	gut
zwischen 0.75 und 1.00	exzellent
nach Landis und Koch (1977)	
unter 0.50	schlecht
zwischen 0.50 und 0.75	moderat
zwischen 0.75 und 0.90	gut
über 0.90	exzellent

Die folgenden Berechnungen wurden mit jeweils zwei verschiedenen Auszügen aus den Datensätzen durchgeführt: Mit Ausnahme von TRAH gab es pro Tier 12 Werte pro Messtag und Methode (3 UntersucherInnen x 2 Durchgänge x 2 Hinterbeine = 12 Werte). Aus diesen 12 Werten wurde sowohl der Median als auch der Maximalwert verwendet.

Der Unterschied zwischen den Ergebnissen von DIG, KOMP und KPS zwischen den zwei Messtagen wurden mittels T-Tests für abhängige Daten statistisch ermittelt. Die Zusammenhänge zwischen TRAH, DIG und KOMP wurden mittels linearer Modelle und deren Zusammenhänge mit KPS und LCS mittels generalisierter linearer Modelle dargestellt. Mittels multipler Regression wurde der Einfluss von KPS, DIG, KOMP und TRAH auf LCS und von LCS, KPS, DIG und KOMP auf TRAH untersucht.

3. Ergebnisse

In dieser Studie haben drei UntersucherInnen Daten von 51 Kühen erhoben mit Ausnahme der Messung der TRAH. Diese wurde, wie bereits erwähnt, lediglich von zwei Personen gemessen und dementsprechend ausgewertet. Im Zeitraum zwischen erster und zweiter Messung wurden zwei Kühe vom Betrieb gemerzt, bei einer weiteren Kuh waren die Messdaten der ersten Messung unvollständig, weshalb sie ebenfalls aus der Studie genommen wurde. Aus diesem Grund verkleinerte sich die für die Studie ursprünglich vorgesehene Anzahl von 54 auf 51 Kühe.

3.1. Klauenpositionsscore

Es wurden an den zwei Messtagen alle drei möglichen Scores erhoben, hauptsächlich wurde Score 1 und 2 bestimmt. Insgesamt wurde von den drei UntersucherInnen Score 1 728 mal gemessen, Score 2 400 mal und Score 3 96 mal.

Die Übereinstimmung der Messergebnisse beider Durchgänge pro Messtag wurde sowohl für jede untersuchende Person (Intraobserver) als auch für alle UntersucherInnen vergleichend (Interobserver) bestimmt. Die Differenz der Intraobserver Übereinstimmung wird in Abbildung 6 veranschaulicht. Diese zeigt die Ergebnisse pro UntersucherIn und Messtag separat für die linke und rechte Hinterextremität. Der KPS beim zweiten Durchgang wurde vom ersten Durchgang subtrahiert, so dass das Ergebnis null ergibt, wenn derselbe Wert erhoben wurde. Aus Abbildung 6 ist zu entnehmen, dass es sich bei den Abweichungen zum Großteil nur um einen Score handelt.

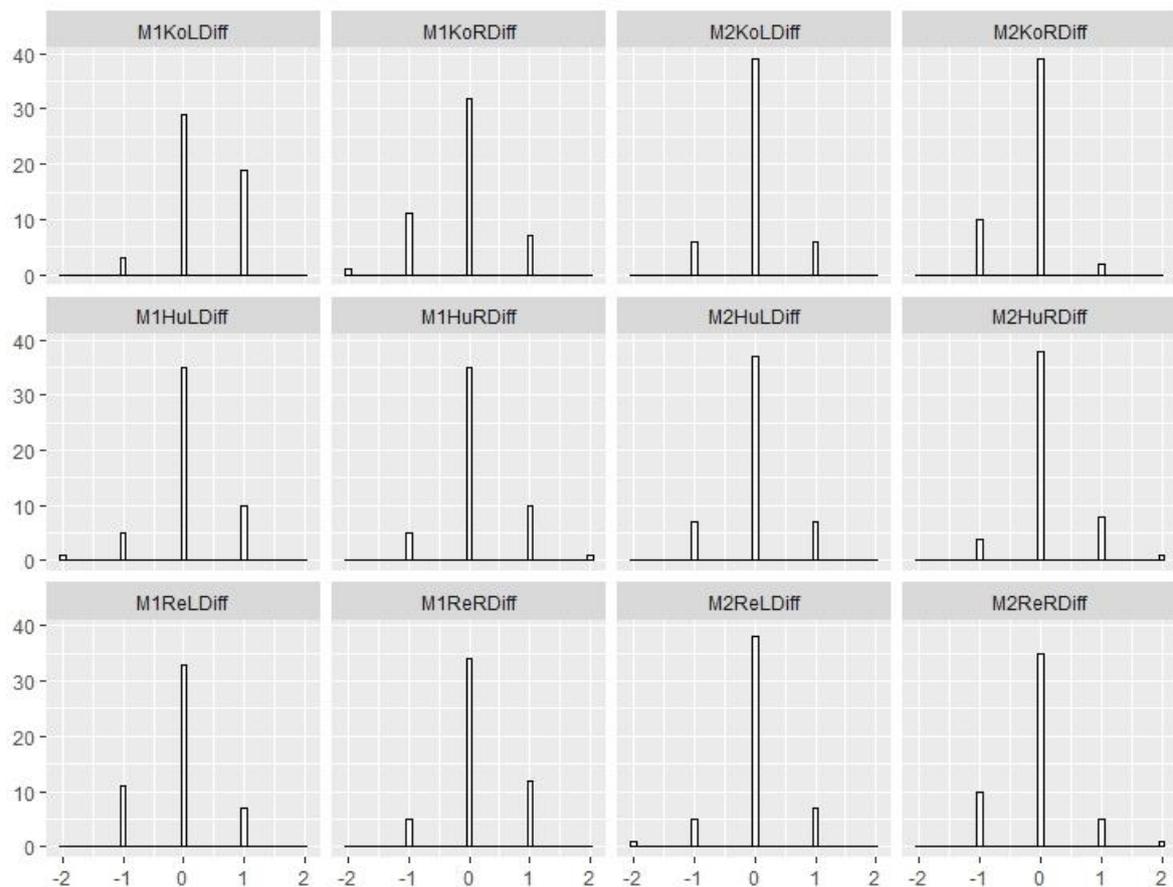


Abbildung 6: Intraobserver Übereinstimmung der Messergebnisse des Klauenposition-Score (KPS) aus 2 Durchgängen pro Messtag (M: Messung, 1 bzw. 2: Messtag, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, L: Links, R: Rechts, Diff: Differenz).

Die Intra- und Interrater Übereinstimmung für beide Messungen, wurde durch das im Quadrat gewichtete Kappa berechnet (Tabelle 4). Die Ergebnisse lagen zwischen 0.29 und 0.75. Das ergibt laut der Interpretation nach Landis und Koch (1977) eine mäßige bis substanzielle Übereinstimmung (siehe Tabelle 2).

Tabelle 4: Intra- u. Interrater Übereinstimmung des Klauenposition-Scores (KPS) aller UntersucherInnen (Ko, Hu, Re) an beiden Messtagen (Kappa gewichtet im Quadrat).

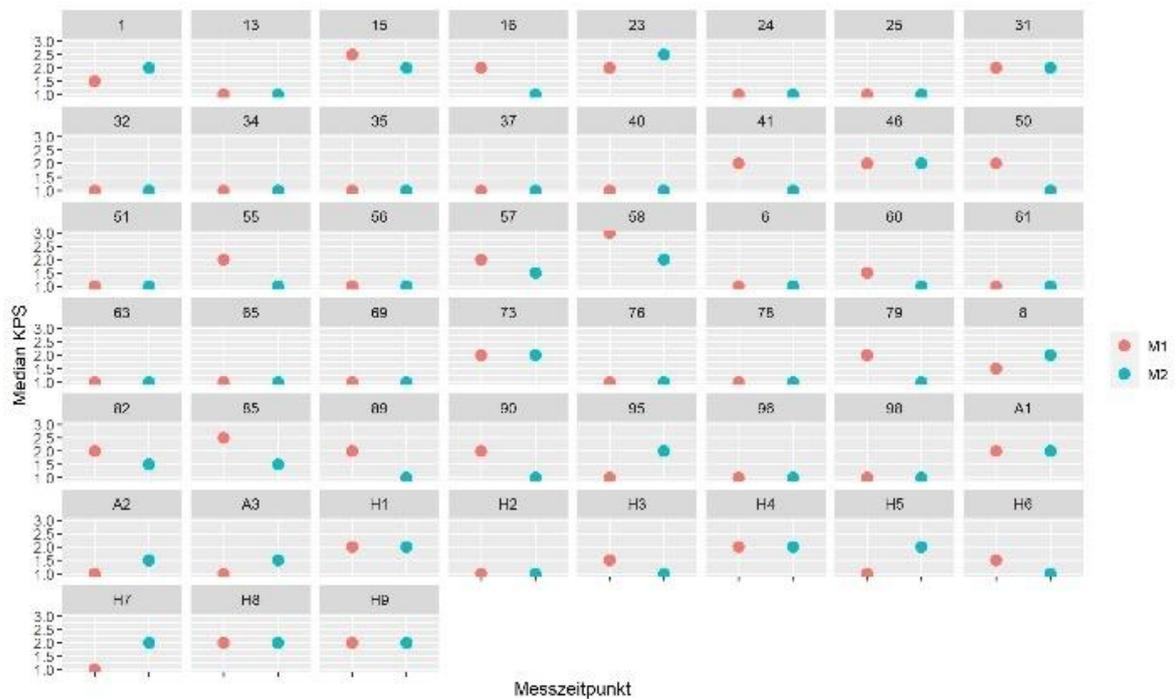
Messtag 1	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
Rechts	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,45	0,52	0,47	0,45	0,51	0,40
Hu		0,52	0,46		0,52	0,37
Re			0,66			0,66
Links	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,49	0,42	0,45	0,49	0,43	0,45
Hu		0,48	0,54		0,48	0,39
Re			0,60			0,60
Messtag 2	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
Rechts	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,59	0,43	0,49	0,59	0,44	0,34
Hu		0,75	0,29		0,75	0,43
Re			0,29			0,29
Links	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,54	0,40	0,60	0,54	0,54	0,41
Hu		0,74	0,43		0,74	0,36
Re			0,41			0,41

Anmerkung. Grau hinterlegte Werte = Intrarater Übereinstimmung

Die folgenden Abbildungen (7a und 7b) zeigen den Verlauf der Messergebnisse des KPS. Es handelt sich um eine Gegenüberstellung der Messergebnisse des KPS durch die Maximalwerte und durch die Medianwerte aller UntersucherInnen zu zwei Zeitpunkten (Messtagen), separat für jede Kuh. Die Diagramme zeigen, dass sich der KPS bei beiden Varianten bei manchen Kühen zum zweiten Zeitpunkt hin vergrößert, bei anderen verkleinert hatte, aber auch gleichblieb. Der T-Test ergab für den Median $p = 0,045$ und für das Maximum $p = 0,071$. Die Werte zeigen einen signifikanten Unterschied, jedoch handelt es sich hier um eine signifikante Verkleinerung der Werte am zweiten Messtag (siehe Abbildung 8).

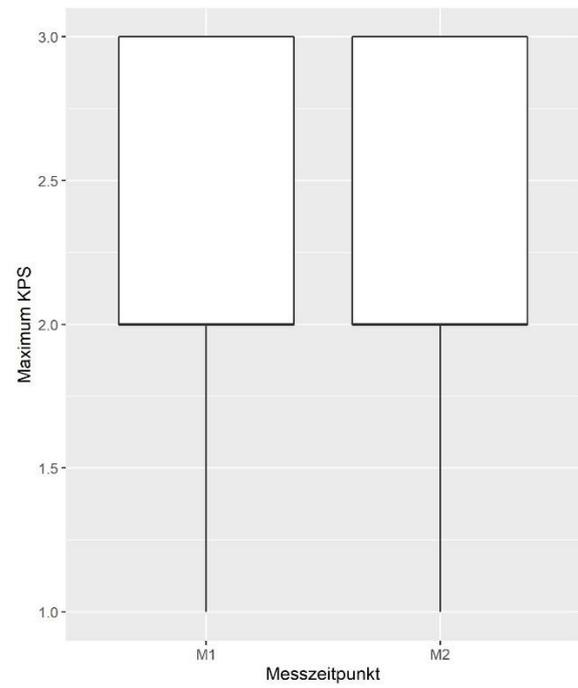
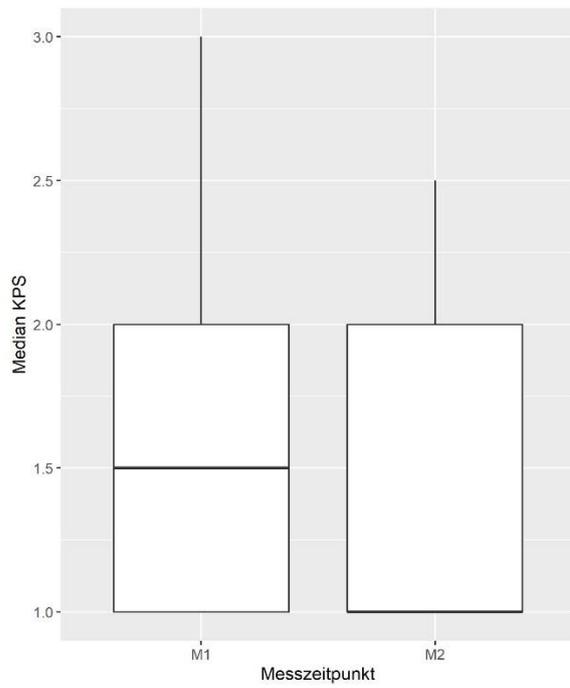


a



b

Abbildung 7: Darstellung des Verlaufs des Klauenpositionsscores (KPS) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.



a

b

Abbildung 8: Darstellung der Ergebnisse des Klauenpositionsscores (KPS) zum Zeitpunkt der ersten Messung (M1) und zweiten Messung (M2). a) Darstellung der Medianwerte (Median) b) Darstellung der Maximalwerte (Maximum)

3.2. Digitaler Winkelmesser

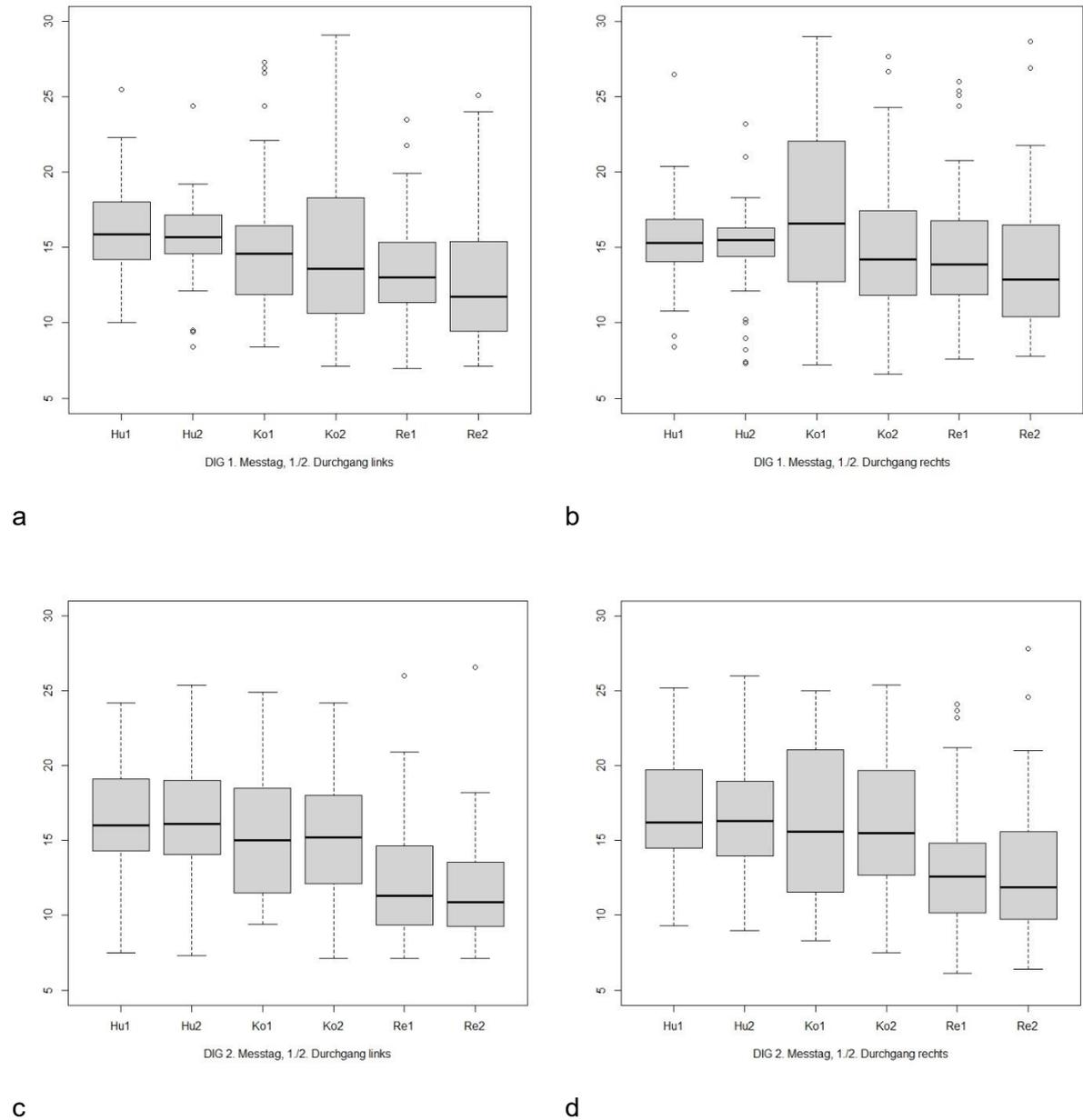


Abbildung 9: Ergebnisse der Messung mittels digitalem Winkelmesser (DIG) separat dargestellt für die linke und rechte Hinterextremität pro Messtag (1. oder 2. Messung) a) Ergebnisse 1. Messtag links b) Ergebnisse 1. Messtag rechts c) Ergebnisse 2. Messtag links d) Ergebnisse 2. Messtag rechts

Einen direkten Vergleich der Verteilung der Messergebnisse für jede untersuchende Person (Intrater) und vergleichend für alle UntersucherInnen (Interrater) bieten die Boxplots aus

Abbildung 9. Die Ergebnisse wurden für beide Durchgänge, pro Messtag (1. oder 2. Messung) und Seite der Hinterextremität (links oder rechts) als Boxplot dargestellt. Die Verteilung der Werte unterscheiden sich visuell zum Teil sehr deutlich. Der Median liegt jeweils in der Nähe von 15 Grad. Es fällt auf, dass die gemessenen Werte am 2. Messtag (Abbildung 9c und 9d) sehr ähnlich waren.

Die Intra- und Interrater Übereinstimmung der Messung mittels DIG wurde mittels Intraclass Correlation Coefficient (ICC) berechnet und betrug zwischen 0.11 und 0.83 (siehe Tabelle 5). Dies stellt nach der Interpretation von Koo und Li (2016) eine schlechte bis gute Übereinstimmung dar. Nach Cicchetti (1994) wird die Übereinstimmung als schlecht bis exzellent eingestuft (siehe Tabelle 3).

Die Histogramme in Abbildung 10 liefern Informationen über die Differenz der Messergebnisse pro Messtag und Seite der Hinterextremität. Der gemessene Winkel des zweiten Durchgangs wurde vom Winkel des ersten Durchgangs abgezogen, sodass es bei exakter Übereinstimmung zu dem Ergebnis null kommt. Die Streuung der gemessenen Werte aus beiden Durchgängen beträgt zwischen -15,55 und +14,6 Grad. Die Ermittlung der prozentualen Übereinstimmung der UntersucherInnen zuzüglich einer Toleranz von 5 Grad ergab zwischen 49 % und 86,3 %.

Tabelle 5: Berechnung der Intra- und Interrater Übereinstimmung mittels Intraclass Correlation Coefficient für die Messergebnisse des digitalen Winkelmessers (Ko/Hu/Re: UntersucherIn).

Messtag 1	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
<i>Rechts</i>	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,46; [0,22 – 0,65]	0,33; [0,06 – 0,55]	0,59; [0,38 – 0,74]	0,46; [0,22 – 0,65]	0,11; [-0,17 – 0,37]	0,63; [0,43 – 0,77]
Hu		0,52; [0,28 – 0,69]	0,22; [-0,06 – 0,46]		0,517; [0,28 – 0,69]	0,24; [-0,04 – 0,48]
Re			0,45; [0,2 – 0,64]			0,45; [0,2 – 0,64]
<i>Links</i>	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,54; [0,31 – 0,71]	0,33; [0,06 – 0,56]	0,50; [0,26 – 0,68]	0,54; [0,31 – 0,71]	0,28; [0,01 – 0,51]	0,47; [0,22 – 0,66]
Hu		0,65; [0,46 – 0,79]	0,29; [0,02 – 0,52]		0,65; [0,46 – 0,79]	0,24; [-0,03 – 0,49]
Re			0,43; [0,18 – 0,63]			0,43; [0,18 – 0,63]
Messtag 2	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
<i>Rechts</i>	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,63; [0,43 – 0,77]	0,54; [0,31 – 0,71]	0,40; [0,19 – 0,61]	0,63; [0,43 – 0,77]	0,38; [0,12 – 0,59]	0,47; [0,23 – 0,66]
Hu		0,83; [0,73 – 0,9]	0,32; [0,05 – 0,54]		0,83; [0,73 – 0,9]	0,27; [-0,01 – 0,5]
Re			0,69; [0,51 – 0,81]			0,69; [0,51 – 0,81]
<i>Links</i>	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,47; [0,22 – 0,66]	0,25; [-0,02 – 0,49]	0,37; [0,1 – 0,58]	0,47; [0,22 – 0,66]	0,41; [0,15 – 0,62]	0,23; [-0,05 – 0,47]
Hu		0,67; [0,49 – 0,8]	0,21; [-0,07 – 0,45]		0,67; [0,49 – 0,8]	0,39; [0,14 – 0,6]
Re			0,73; [0,56 – 0,83]			0,73; [0,56 – 0,83]

Anmerkungen. Bei den grau hinterlegten Werten handelt es sich um die Intrarater Übereinstimmung. Die Werte in der eckigen Klammer stellen das Konfidenzintervall individuell für jede Korrelation dar.

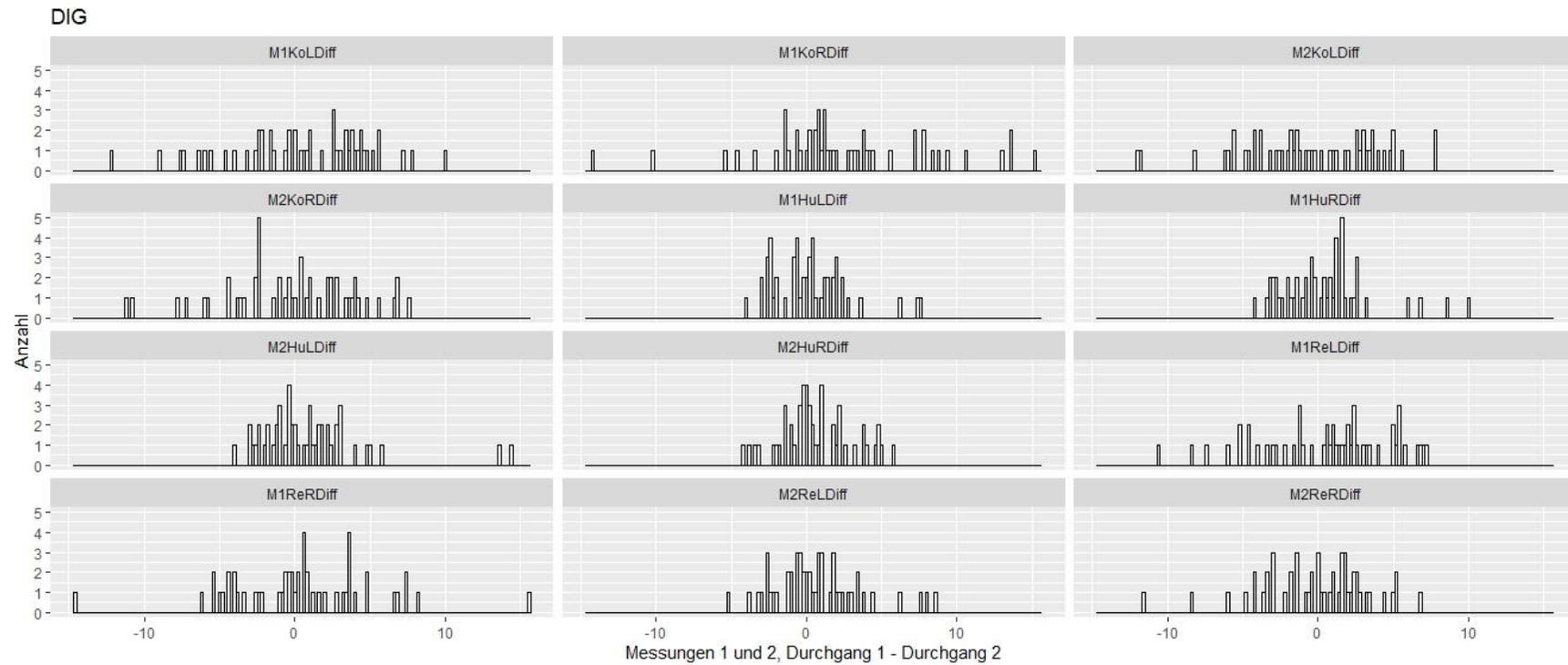


Abbildung 10: Darstellung der Differenz der mittels digitalem Winkelmesser (DIG) erhobenen Winkel pro UntersucherIn, Messtag und Seite der Hinterextremität (M: Messung, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, L: Links, R: Rechts, Diff: Differenz)

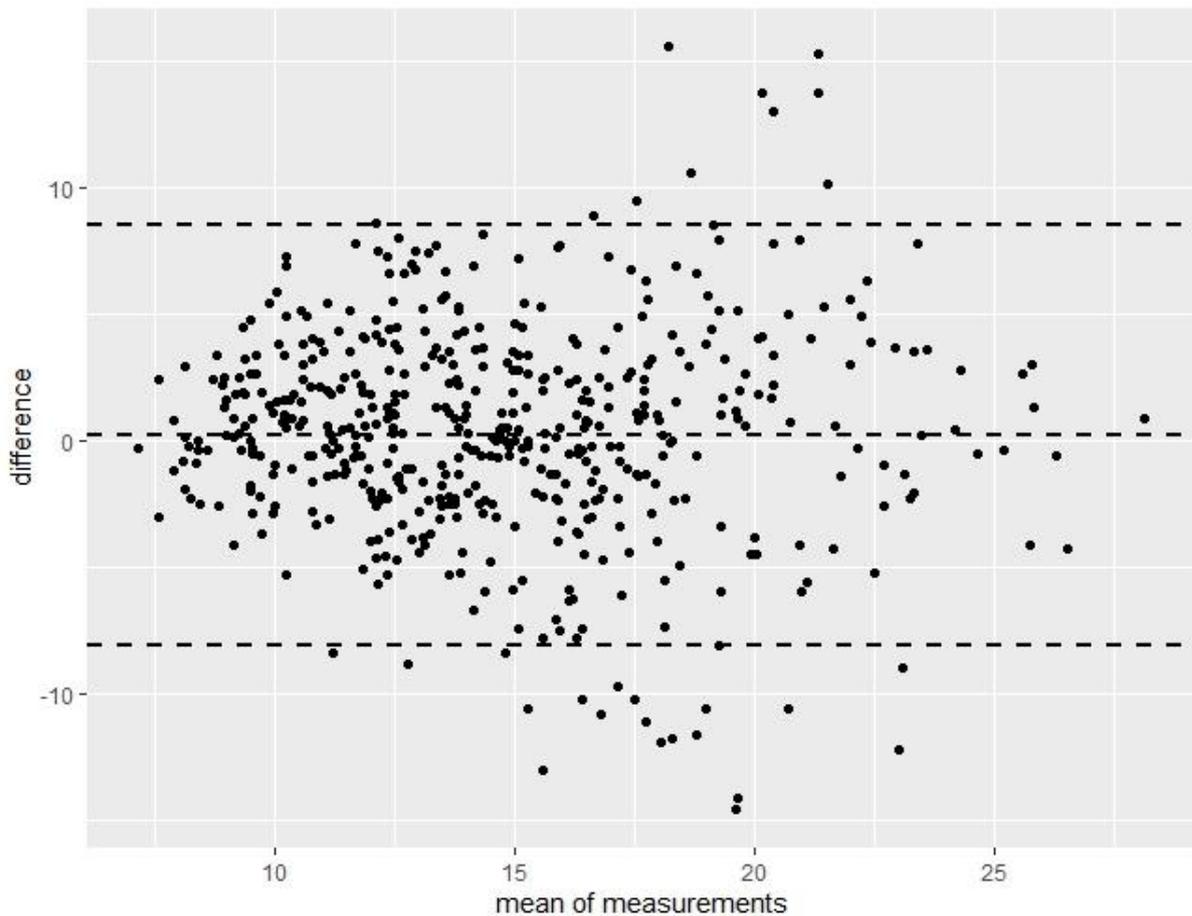


Abbildung 11: Bland-Altman Darstellung der Übereinstimmung der Messergebnisse mittels digitalem Winkelmesser einer untersuchenden Person aus zwei Durchgängen an einem Messtag.

Das Bland-Altman Plot in Abbildung 11 zeigt die Übereinstimmung zwischen den Messergebnissen des DIG aus beiden Durchgängen für einen Messtag von einer untersuchenden Person. Es wird dabei die Differenz der einzelnen Messergebnisse aus beiden Durchgängen dargestellt. Auffällig ist, dass die Unterschiede bis ca. 15 Grad vorwiegend in den „Limits of Agreement“ liegen. Bei höheren gemessenen Werten reichen die Unterschiede vermehrt über diese Begrenzung hinaus.

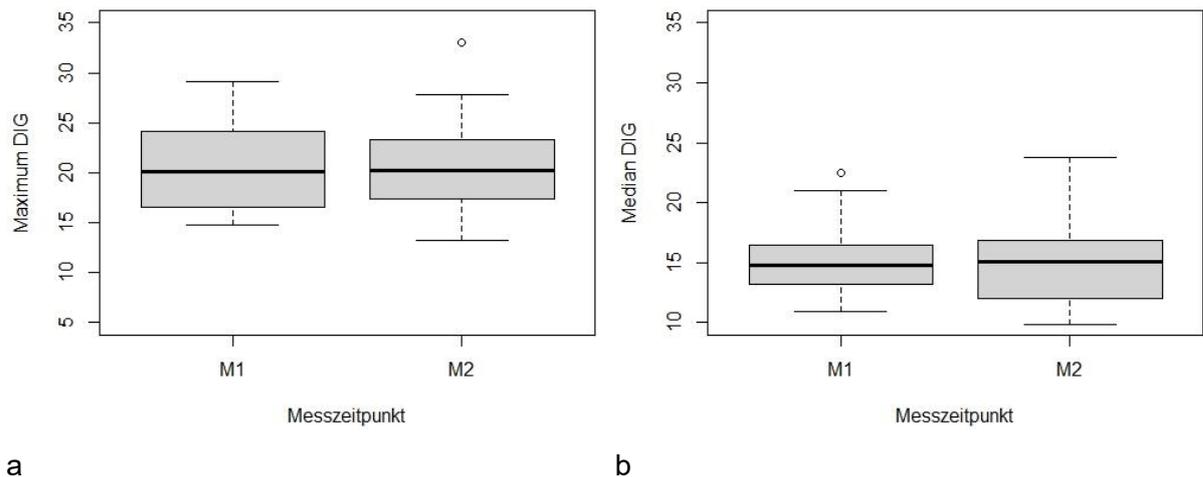


Abbildung 12: Darstellung der Messergebnisse mittels digitalem Winkelmesser (DIG) an zwei Messtagen (M1 und M2). a) Verwendung der Maximalwerte b) Verwendung der Medianwerte

Für die Darstellung der Messergebnisse aller UntersucherInnen mittels DIG wurden wieder die Maximal- (Abbildung 12a) und Medianwerte verwendet (Abbildung 12b). Beide Varianten kommen zu einem ähnlichen Ergebnis. Weder bei Verwendung der Maximalwerte noch des Medians kommt es zu einer signifikanten Vergrößerung (Maximum $p = 0,87$, Median $p = 0,92$) der gemessenen Winkel zur zweiten Messung nach ca. zwei Monaten.

Der Verlauf der Messergebnisse pro Kuh wird in Abbildung 13 dargestellt. Hier wurden die Maximalwerte und der Median der Messergebnisse aller UntersucherInnen berechnet und vergleichend an zwei Zeitpunkten (erste Messung und zweite Messung) dargestellt. Generell kann man beobachten, dass die Werte teilweise im Zeitraum bis zur zweiten Messung anstiegen, sanken und auch gleichblieben.



a



b

Abbildung 13: Darstellung des Verlaufs der Messergebnisse mittels digitalem Winkelmesser (DIG) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.

3.3. Kompass App

Die Ergebnisse der Erhebung der ZKW mittels KOMP wurden in Form von Boxplots in Abbildung 14 dargestellt. Jedes der Diagramme zeigt die Streuung der Ergebnisse pro UntersucherIn und Durchgang separat für jeden Messtag (Messtag 1 oder Messtag 2) und Seite der Hinterextremität (links oder rechts). Wie bereits bei der Messung mittels DIG fällt auch hier auf, dass die Streuung am ersten Messtag (Abbildung 14 a und b) breiter ist als am zweiten Messtag (Abbildung 14 c und d).

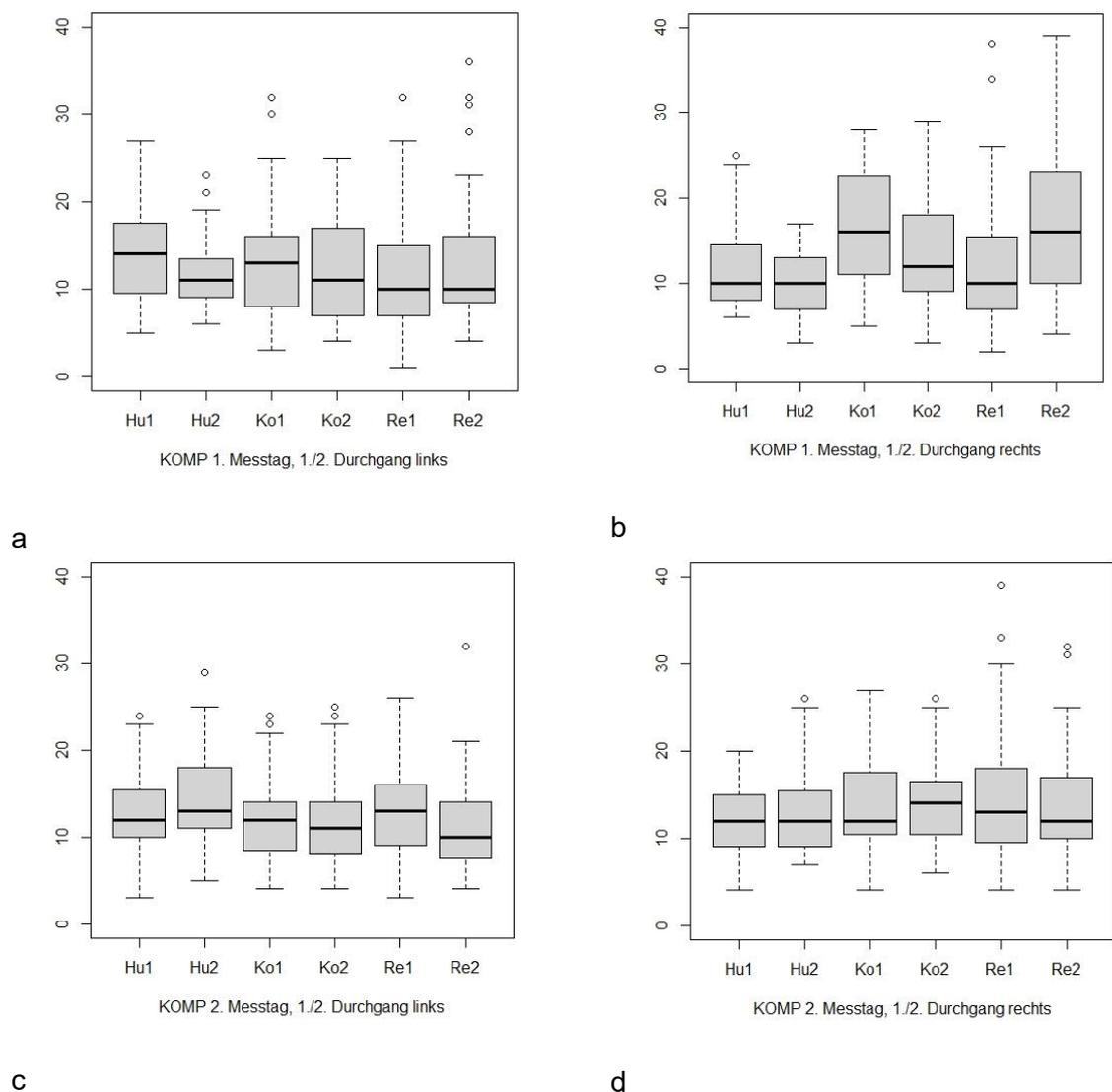


Abbildung 14: Darstellung der Streuung der Messergebnisse der Kompass-App (KOMP) vergleichend für alle UntersucherInnen (Ko, Hu, Re) pro Durchgang und Messtag. a) 1. Messtag, linke Hinterextremität b) 1. Messtag, rechte Hinterextremität c) 2. Messtag, linke Hinterextremität d) 2. Messtag, rechte Hinterextremität.

Der ICC für die Intra- und Interrater Übereinstimmung betrug zwischen 0.13 und 0.78 (siehe Tabelle 6). Nach der Interpretation von Koo und Li (2016) stellt dies eine schlechte bis gute Übereinstimmung dar. Cicchetti (1994) interpretiert das als schlechte bis exzellente Übereinstimmung (siehe Tabelle 3).

Die Übereinstimmung der Werte der einzelnen UntersucherInnen (Intraobserver-Übereinstimmung) wird anhand von Histogrammen (siehe Abbildung 15) veranschaulicht. Die Berechnung wurde in gleicher Weise wie zuvor auch beim DIG beschrieben, durchgeführt. Das Ergebnis null steht für eine exakte Übereinstimmung der Messergebnisse beider Durchgänge. Die Bestimmung der prozentualen Übereinstimmung ergab zuzüglich einer Toleranz von 5 Grad zwischen 49 % und 88,2 %.

Tabelle 6: Berechnung der Intra- und Interrater Übereinstimmung mittels Intraclass Correlation Coefficient für die Messergebnisse der Kompass-App (Ko/Hu/Re: UntersucherIn).

Messtag 1	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
<i>Rechts</i>	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,39; [0,13 - 0,6]	0,53; [0,3 - 0,7]	0,55; [0,33 - 0,72]	0,39; [0,13 - 0,6]	0,16; [-0,12 - 0,42]	0,13; [-0,15 - 0,39]
Hu		0,46; [0,21 - 0,65]	0,40; [0,14 - 0,61]		0,46; [0,21 - 0,65]	0,19; [-0,09 - 0,44]
Re			0,56; [0,34 - 0,72]			0,56; [0,34 - 0,72]
<i>Links</i>						
Ko	0,47; [0,22 - 0,66]	0,57; [0,36 - 0,73]	0,41; [0,16 - 0,62]	0,47; [0,22 - 0,66]	0,43; [0,18 - 0,63]	0,35; [0,09 - 0,57]
Hu		0,54; [0,31 - 0,71]	0,58; [0,37 - 0,74]		0,54; [0,31 - 0,71]	0,51; [0,28 - 0,69]
Re			0,69; [0,52 - 0,81]			0,69; [0,52 - 0,81]
Messtag 2	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
<i>Rechts</i>	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,58; [0,37 - 0,74]	0,29; [0,01 - 0,52]	0,47; [0,22 - 0,66]	0,58; [0,37 - 0,74]	0,44; [0,19 - 0,64]	0,43; [0,18 - 0,63]
Hu		0,55; [0,33 - 0,72]	0,47; [0,23 - 0,66]		0,55; [0,33 - 0,72]	0,42; [0,16 - 0,62]
Re			0,78; [0,64 - 0,87]			0,78; [0,64 - 0,87]
<i>Links</i>						
Ko	0,52; [0,29 - 0,69]	0,42; [0,17 - 0,63]	0,37; [0,11 - 0,59]	0,52; [0,29 - 0,69]	0,48; [0,24 - 0,67]	0,29; [0,02 - 0,52]
Hu		0,48; [0,24 - 0,67]	0,57; [0,36 - 0,73]		0,48; [0,24 - 0,67]	0,45; [0,2 - 0,64]
Re			0,56; [0,34 - 0,73]			0,56; [0,34 - 0,73]

Anmerkungen. Bei den grau hinterlegten Werten handelt es sich um die Intrarater Übereinstimmung. Die Werte in der eckigen Klammer stellen das Konfidenzintervall individuell für jede Korrelation dar.

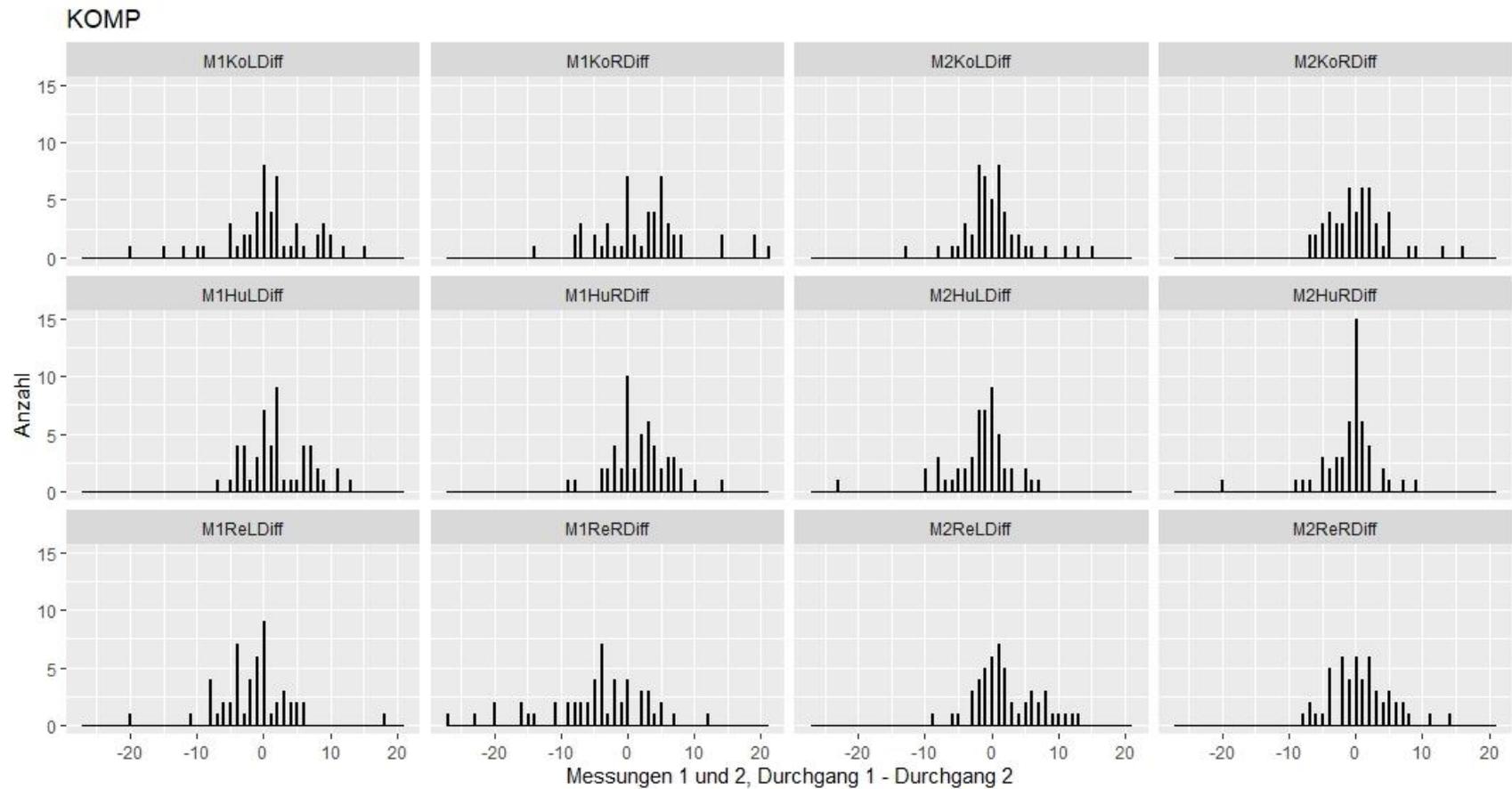


Abbildung 15: Darstellung der Differenz der Intraobserver Übereinstimmung der Messung mittels Kompass-App (KOMP) pro UntersucherIn, Messtag und Seite der Hinterextremität (M: Messung, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, L: Links, R: Rechts, Diff: Differenz)

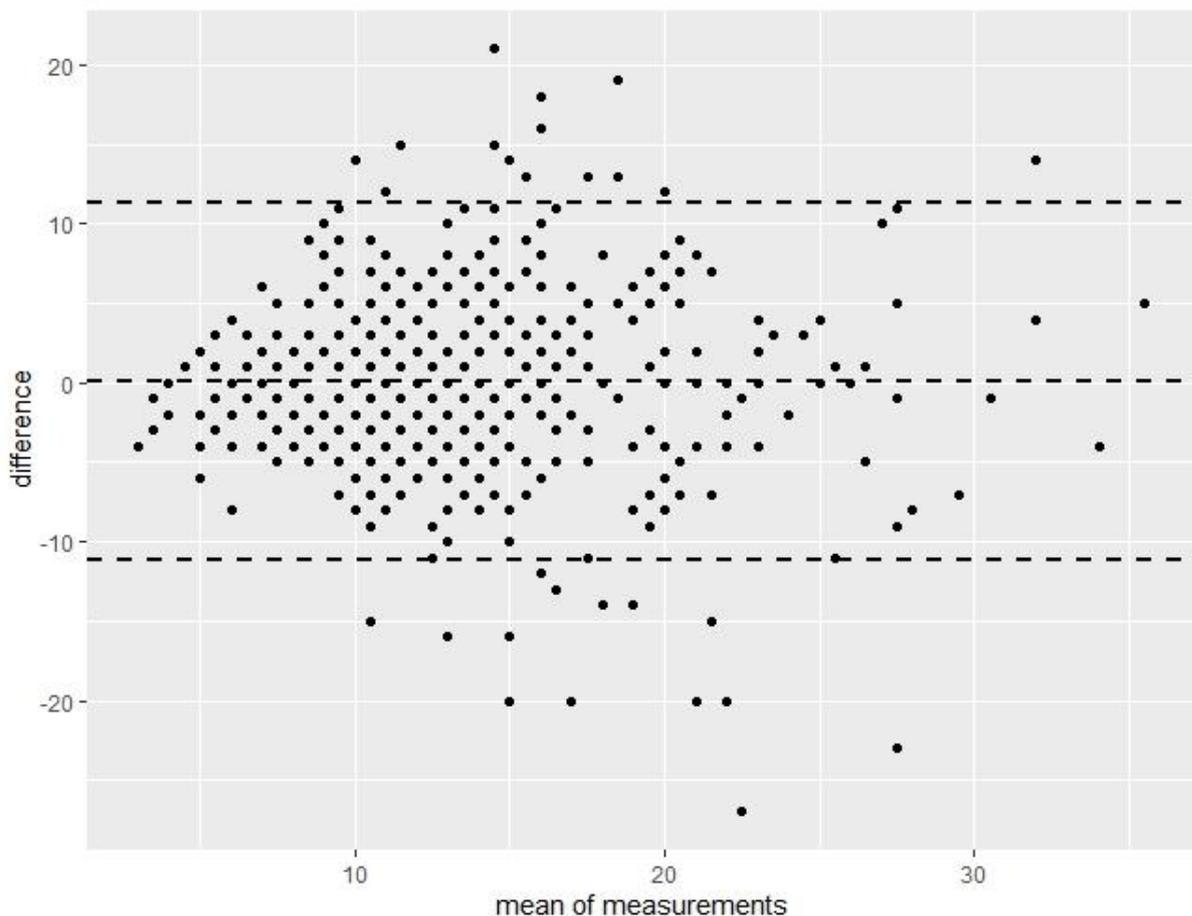
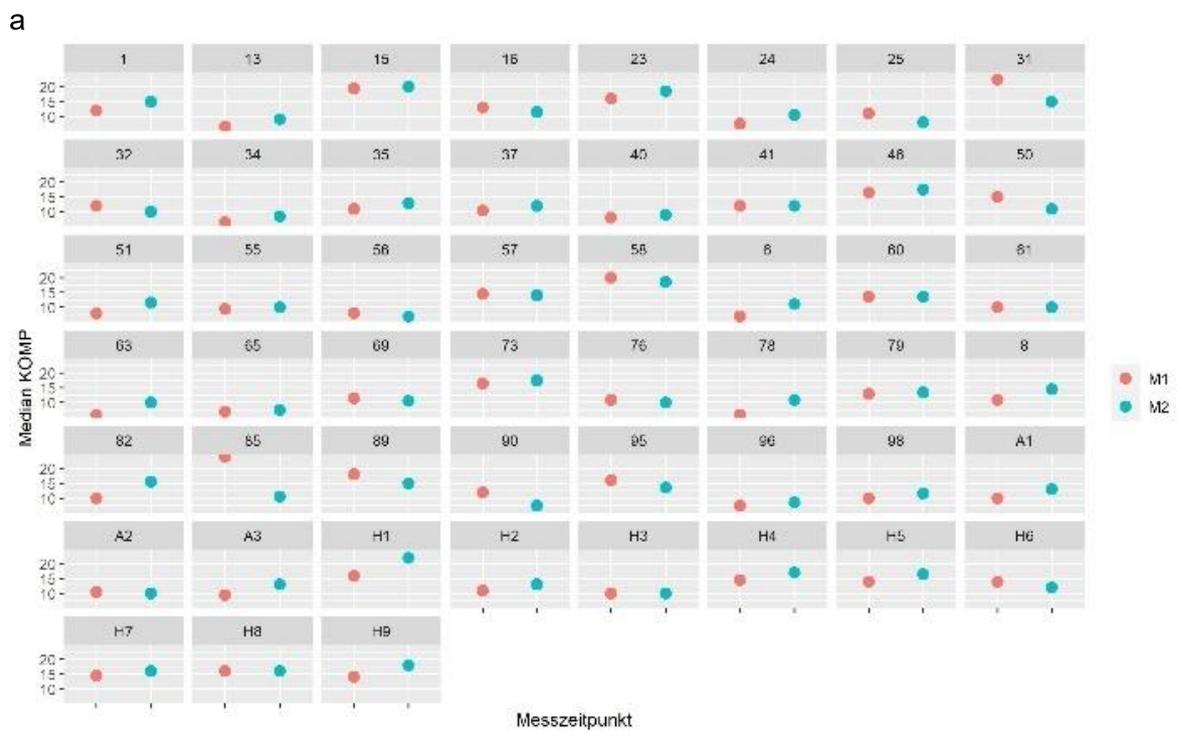


Abbildung 16: Bland-Altman Darstellung der Übereinstimmung der Messergebnisse mittels Kompass-App einer untersuchenden Person aus zwei Durchgängen an einem Messtag.

Das Bland-Altman Plot aus Abbildung 16 zeigt die Übereinstimmung zwischen den Messergebnissen des KOMP aus beiden Durchgängen für einen Messtag und einer untersuchenden Person. Es wird dabei die Differenz der einzelnen Messergebnisse aus beiden Durchgängen dargestellt. Ab einem gemessenen Winkel von ca. 10 Grad kann man eine zunehmende Größe der Abweichungen über die „Limits of Agreement“ hinaus beobachten. Darunterliegende Grade befinden sich innerhalb der „Limits of Agreement“.

Abbildung 17 zeigt den Verlauf der Messergebnisse, welche durch den KOMP erhoben wurden, zu zwei Zeitpunkten (Messung 1 und 2). Für die Berechnung der Werte wurden einerseits die Medianwerte und andererseits die Maximalwerte verwendet und anschließend in einem Diagramm dargestellt. Dieser direkte Vergleich zeigt die Ergebnisse aller UntersucherInnen individuell pro Kuh. Insgesamt kann man beobachten, dass die gemessenen Winkel zum zweiten Zeitpunkt hin anstiegen, sanken und auch gleichbleiben



b

Abbildung 17: Darstellung des Verlaufs der gemessenen Werte mittels Kompass-App (KOMP) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.

3.4. Zusammenhänge zwischen Klauenpositionsscore, Kompass App und digitalem Winkelmesser

Der Zusammenhang der Ergebnisse der objektiven Messmethoden (DIG und KOMP) mit dem festgelegten Graden des KPS nach Bulgarelli-Jimenez et al. (1996) wurde in den folgenden Abbildungen (Abbildung 18 und Abbildung 19) veranschaulicht. Einerseits wurden für die Darstellungen die Maximalwerte (Abbildung 18) und andererseits der gerundete Median (Abbildung 19) der Messergebnisse von KOMP und DIG berechnet und dargestellt. Man kann beobachten, dass die objektiv gemessenen Grade mit dem erhobenen KPS übereinstimmen. Je höher die Grade, desto höher wurde auch der KPS festgelegt. Auch die Darstellung der Zusammenhänge zwischen DIG und KPS, bzw. KOMP und KPS in linearen gemischten Modellen waren hochgradig signifikant mit $p < 0,001$, sowohl für die Maximal- als auch für die Medianwerte.

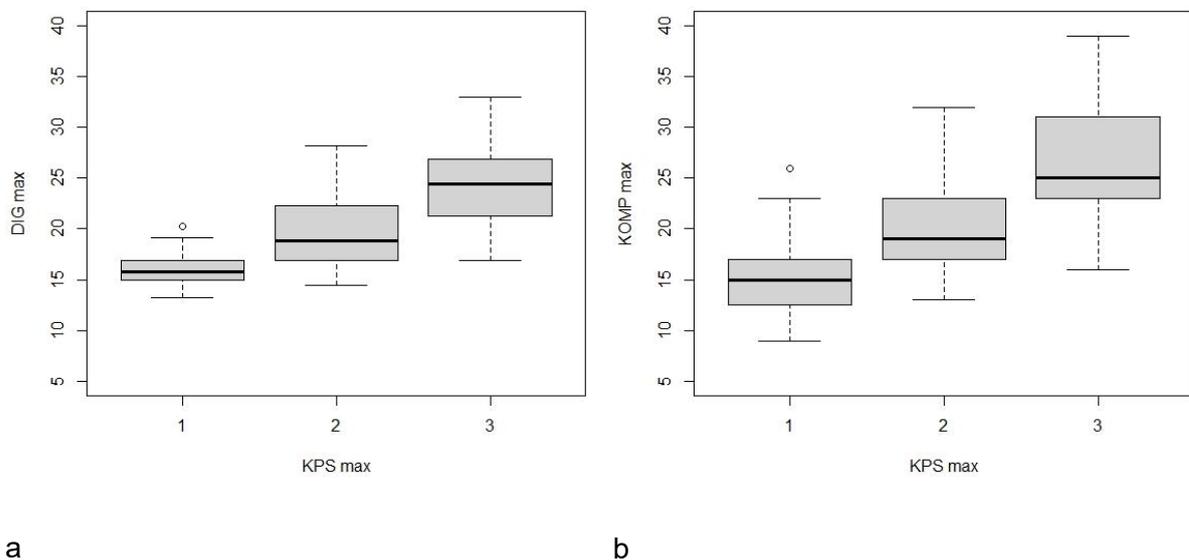


Abbildung 18: Darstellung der Korrelation von den Messergebnissen des Klauenpositionsscore (KPS) und den Ergebnissen mittels a) digitalem Winkelmesser (DIG) b) Kompass-App (KOMP). Verwendet wurden jeweils die Maximalwerte (max).

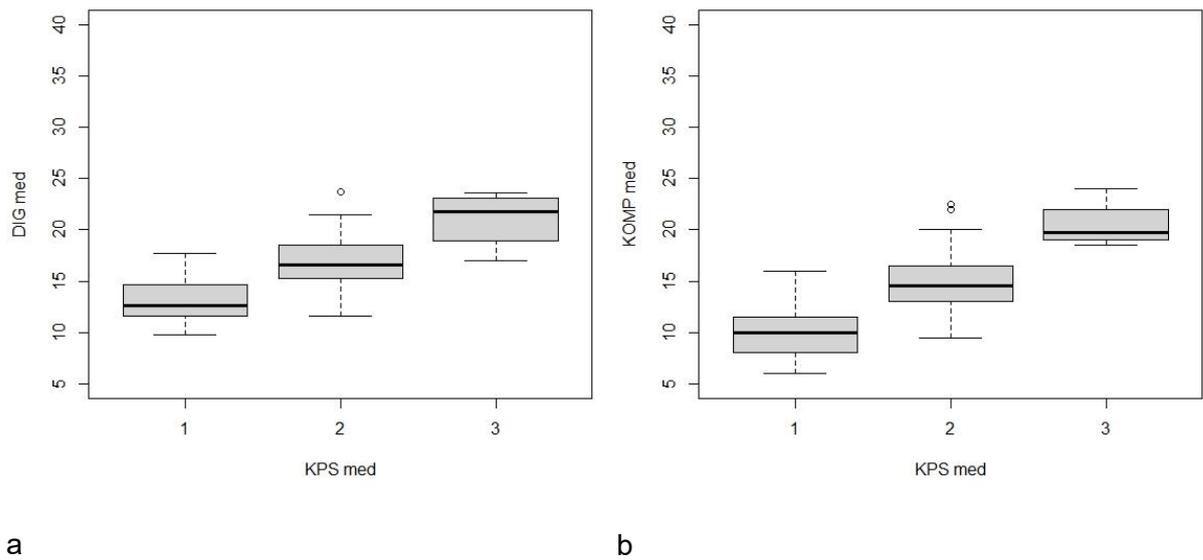


Abbildung 19: Darstellung der Korrelation von den Messergebnissen des Klauenpositionsscores (KPS) und den Ergebnissen mittels a) digitalem Winkelmesser (DIG) b) Kompass-App (KOMP). Verwendet wurde jeweils der gerundete Median (med).

3.5. Locomotion Score nach Sprecher

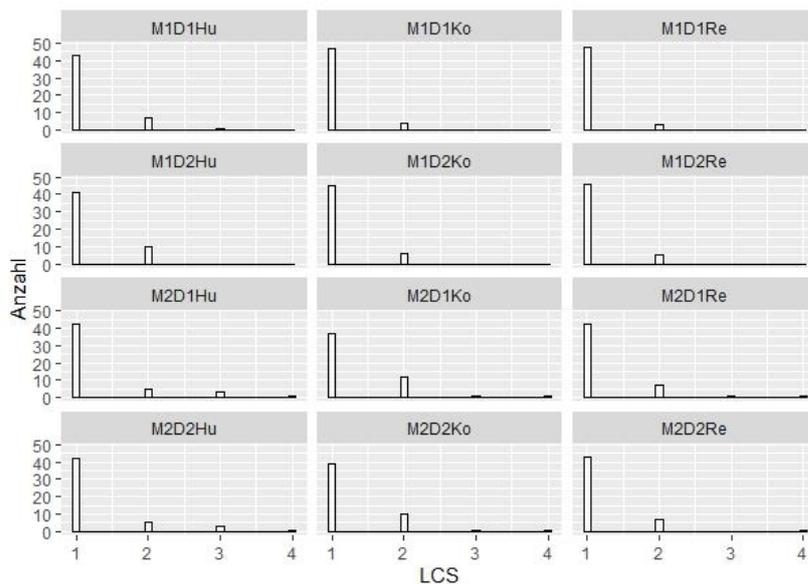


Abbildung 20: Überblick der Ergebnisse der Erhebung des Locomotion-Score (LCS) nach Sprecher et al. (1997) aller Untersucher pro Durchgang und Messtag (M: Messung, D: Durchgang, Ko/Hu/Re: Untersucher).

Bei der Erhebung des LCS nach Sprecher et al. (1997) wurde von allen UntersucherInnen überwiegend Score 1 (nicht lahm) festgestellt (siehe Abbildung 20). Score 5 wurde von keiner untersuchenden Person erhoben.

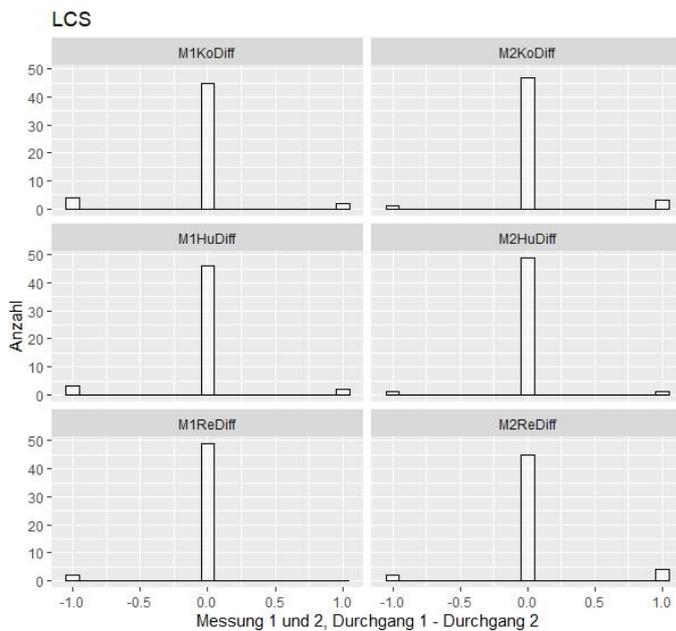


Abbildung 21: Differenz der Messergebnisse des Locomotion-Score (LCS) nach Sprecher et al. (1997) pro UntersucherIn und Messtag (M: Messung, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, Diff: Differenz).

Die Übereinstimmung der Messergebnisse aus beiden Durchgängen pro UntersucherIn und Messtag wird in Abbildung 21 dargestellt. Der im zweiten Durchgang erhobene Score wurde vom Ergebnis des ersten Durchgangs subtrahiert. Wurde in beiden Durchgängen der gleiche Score erhoben, entstand das Ergebnis null. Das Diagramm zeigt, dass die Ergebnisse zum Großteil übereinstimmten. Bei den Abweichungen handelte es sich um maximal einen Score. Dies führte zu einer prozentualen Übereinstimmung zwischen 70,6 und 96,1 %.

Die Intra- und Interobserver Übereinstimmung des LCS wurde durch das gewichtete Kappa berechnet und lag zwischen -0,1 und 0,96 (siehe Tabelle 7). Diese Werte können als mangelhaft bis fast perfekte Übereinstimmung nach Landis und Koch (1977) interpretiert werden (siehe Tabelle 2).

Der Verlauf der Messergebnisse zwischen erstem und zweitem Messtag wurde für alle UntersucherInnen einzeln pro Kuh dargestellt (Abbildung 22). Sowohl die Darstellung der Maximalwerte also auch des Medians zeigt, dass die Werte innerhalb des festgelegten Zeitraums zum Großteil gleichblieben (Maximum: 34 gleich, 10 steigen, 7 niedriger; Median: 40 gleich, 7 steigen, 4 niedriger).

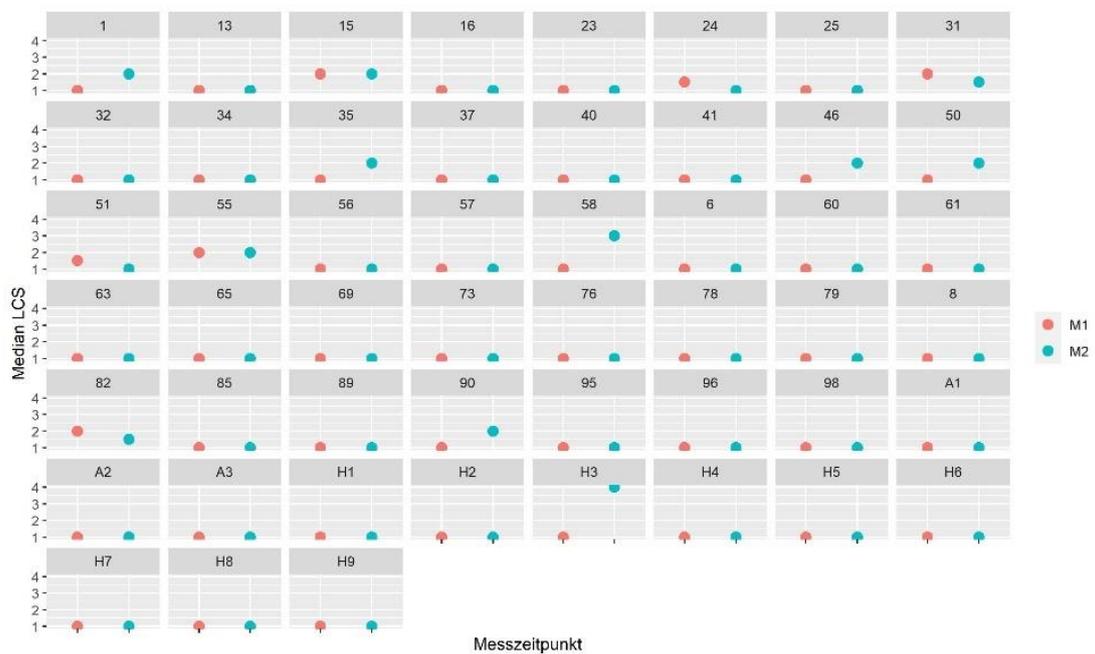
Tabelle 7: Intra- u. Interrater Übereinstimmung des Locomotion-Score nach Sprecher et al. (1997) aller UntersucherInnen (Ko, Hu, Re) an beiden Messtagen (Kappa gewichtet im Quadrat).

Messtag 1	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,34	-0,1	0,23	0,34	0,56	0,7
Hu		0,71	0,23		0,71	0,62
Re			0,73			0,73
Messtag 2	Ko	Hu	Re	Ko	Hu	Re
	<i>Durchgang 1</i>			<i>Durchgang 2</i>		
Ko	0,90	0,83	0,70	0,90	0,78	0,73
Hu		0,96	0,70		0,96	0,84
Re			0,81			0,81

Anmerkung. Grau hinterlegte Werte = Intrarater Übereinstimmung



a



b

Abbildung 22: Darstellung des Verlaufs der erhobenen Locomotion-Scores (LCS) nach Sprecher et al. (1997) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.

3.6. Trachtenhöhe

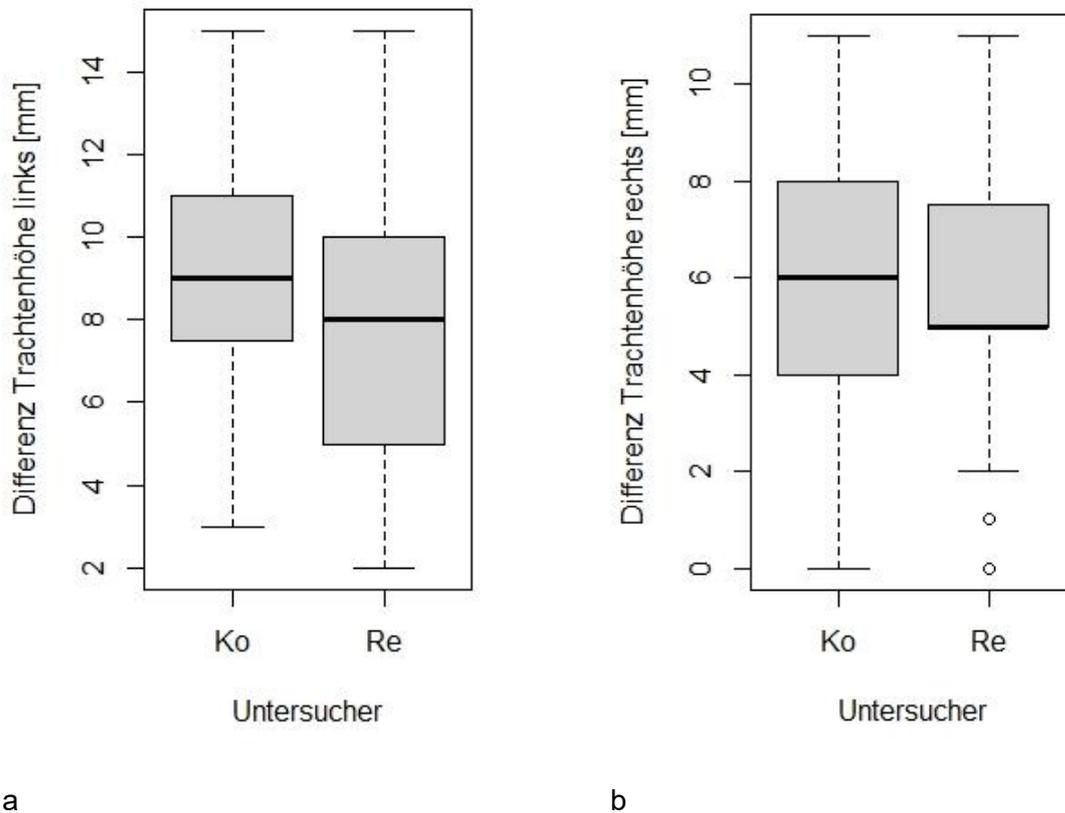
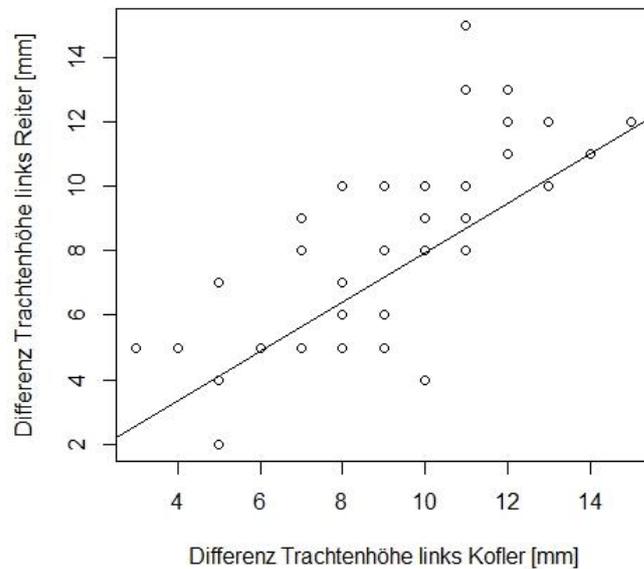


Abbildung 23: Darstellung der Messergebnisse der Differenz der Trachtenhöhe (in mm) von zwei UntersucherInnen (Ko, Re). a) Darstellung der Ergebnisse für die linke Hinterextremität b) Darstellung der Ergebnisse für die rechte Hinterextremität

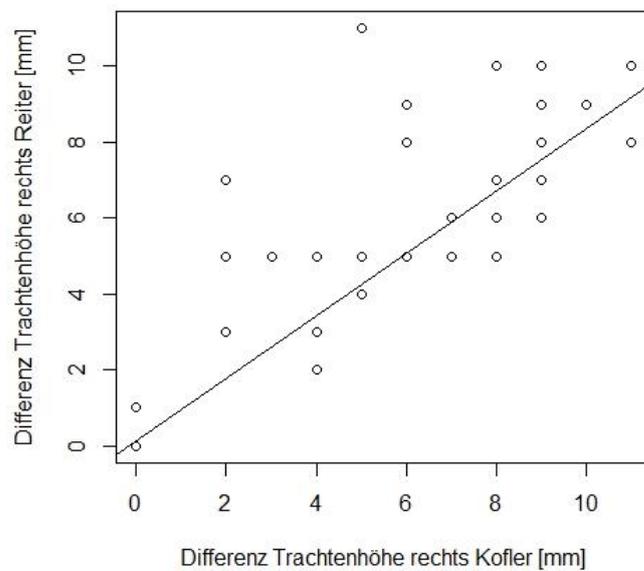
Die Differenz der TRAH zwischen Innen- und Außenklaue wurde nur einmal von zwei UntersucherInnen erhoben. Abbildung 23 zeigt die Verteilung der Messergebnisse beider UntersucherInnen separat für die linke und rechte Hinterextremität. Im Durchschnitt wurde eine Differenz von ca. 6 mm (rechts) und ca. 8 mm (links) gemessen. Die Standardabweichung betrug für die linke und rechte Seite jeweils ca. 3 mm. Der Maximalwert betrug 15 mm (links) und 11 mm (rechts). Der kleinste gemessene Unterschied lag bei 2 mm (links) und 0 mm (rechts). Die Berechnung des ICC ergab für die rechte Seite 0,72 und für die linke 0,76.

Außerdem wurde für jede Seite der Hinterextremität ein Diagramm erstellt, welches die Übereinstimmung der Messergebnisse von beiden untersuchenden Personen zeigt (Abbildung 24). Unter Berücksichtigung einer Toleranz von 2 mm betrug die prozentuale Übereinstimmung für die linke Hinterextremität 64,7 % und für die rechte 68,6 %. Laut der

Interpretation nach Cicchetti (1994) steht dies für eine gute (rechts) bis exzellente (links) Übereinstimmung. Koo und Li (2016) bewertet den ICC als mäßige (rechts) bis gute (links) Übereinstimmung (siehe Tabelle 2).



a

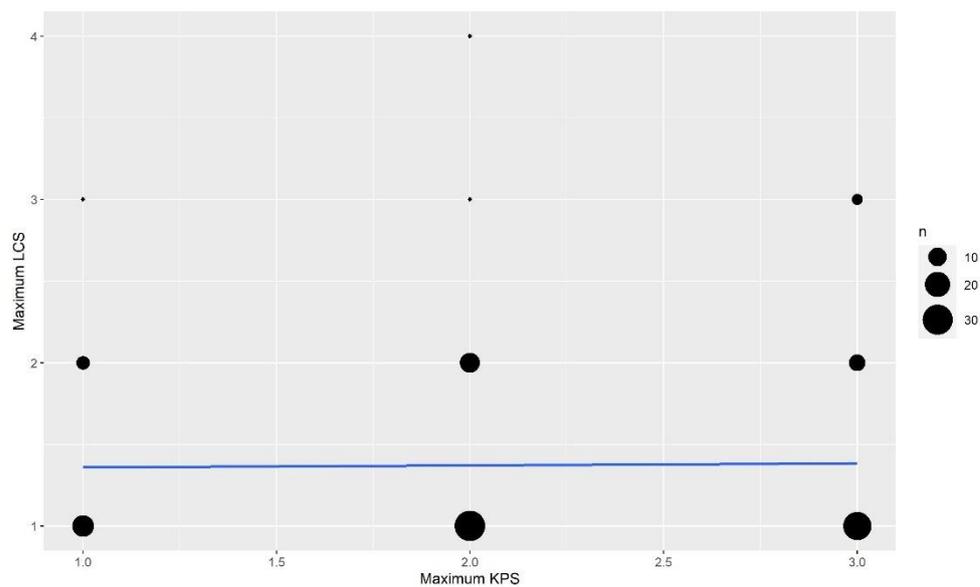


b

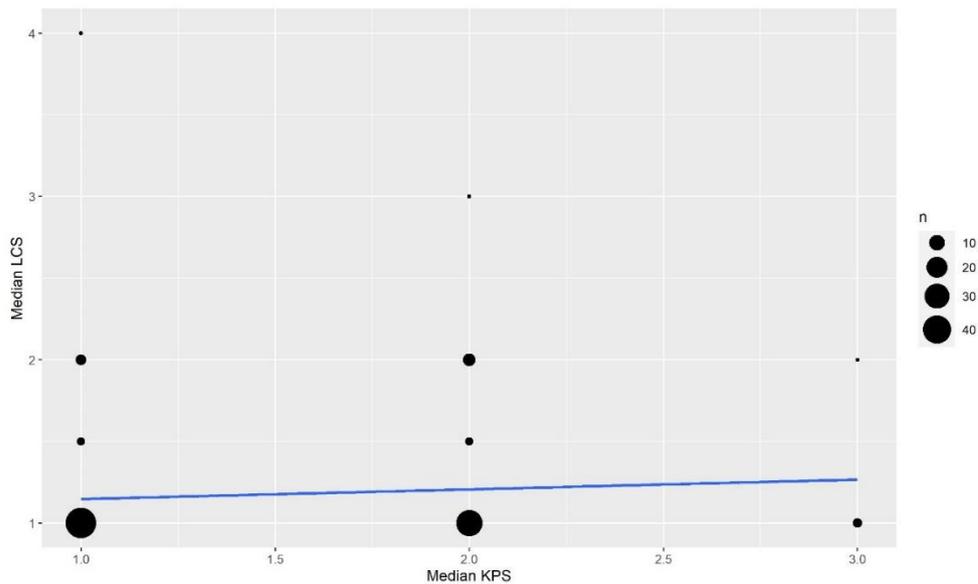
Abbildung 24: Übereinstimmung der Differenz der Trachtenhöhe beider UntersucherInnen (Kofler, Reiter).

3.7. Locomotion Score und Klauenpositionsscore

In den nachfolgenden Diagrammen (Abbildung 25) wird der Zusammenhang zwischen KPS und LCS nach Sprecher et al. (1997) gezeigt. Es wurden bei den Kühen alle möglichen KPS (Score 1-3) erhoben, aber hauptsächlich LCS 1. Die Darstellung der Messergebnisse unter Verwendung der Maximal- und gerundeten Medianwerte zeigen, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem erhobenen KPS und dem LCS gab. Die generalisierten gemischten Modelle zeigten ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang (Median $p = 0,32$, Maximum $p = 0,89$).



a

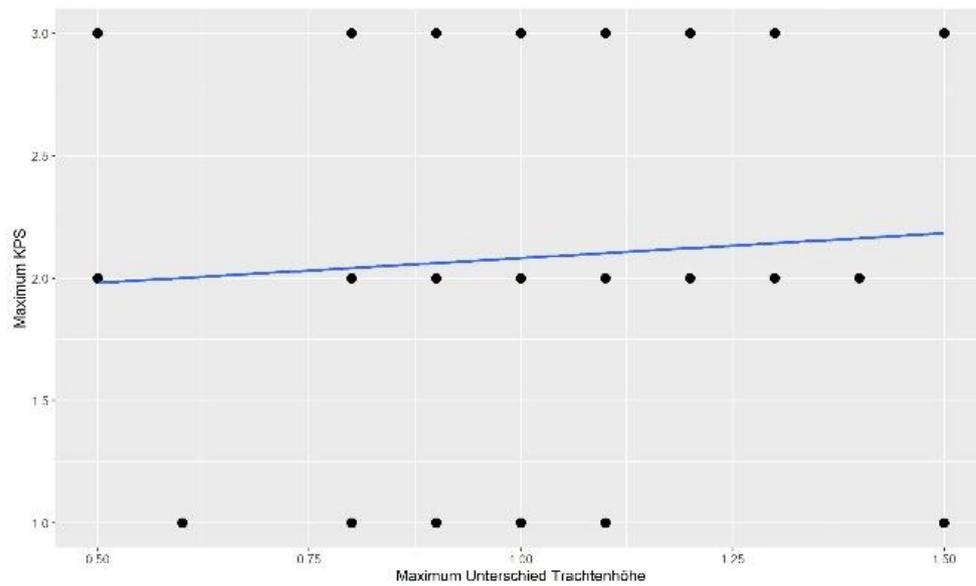


b

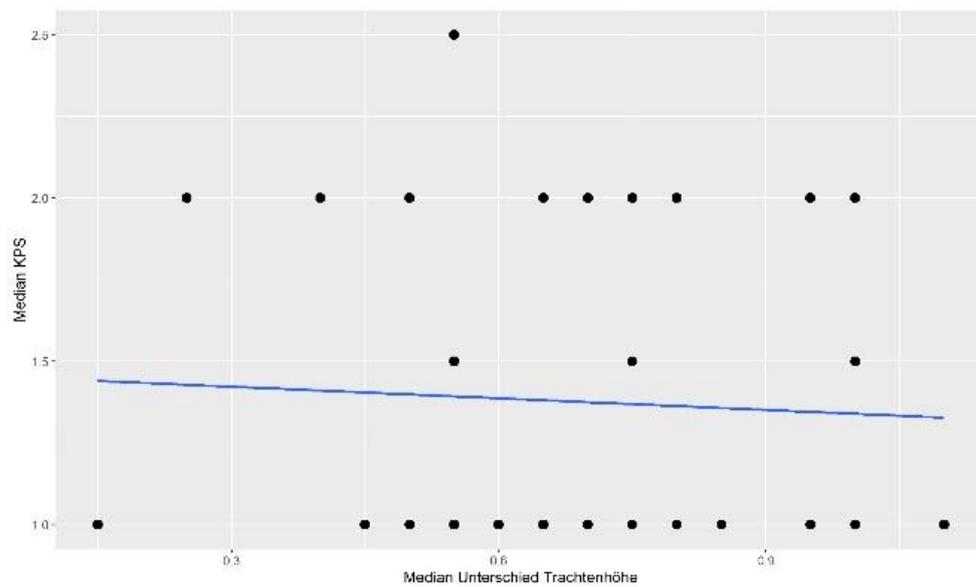
Abbildung 25: Darstellung der Korrelation zwischen Klauenposition-Score (KPS) und Locomotion-Score (LCS). Für die Darstellung wurde a) das Maximum und b) der gerundete Median der Messergebnisse verwendet. Die Größe der Punkte wächst mit steigender Anzahl (n ; siehe Legende) der erhobenen Scores. Die blaue Linie stellt die Regressionslinie dar.

3.8. Trachtenhöhe und Klauenpositionsscore

Der Zusammenhang zwischen der Differenz der TRAH von Außen- und Innenklauen mit dem KPS wurde in Abbildung 26 dargestellt. Weder unter Verwendung der Maximal- noch der Medianwerte konnte ein Zusammenhang zwischen der Differenz der TRAH und dem KPS ermittelt werden. Die generalisierten gemischten Modelle zeigten ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang (Median $p = 0.727$, Maximum $p = 0.626$).



a

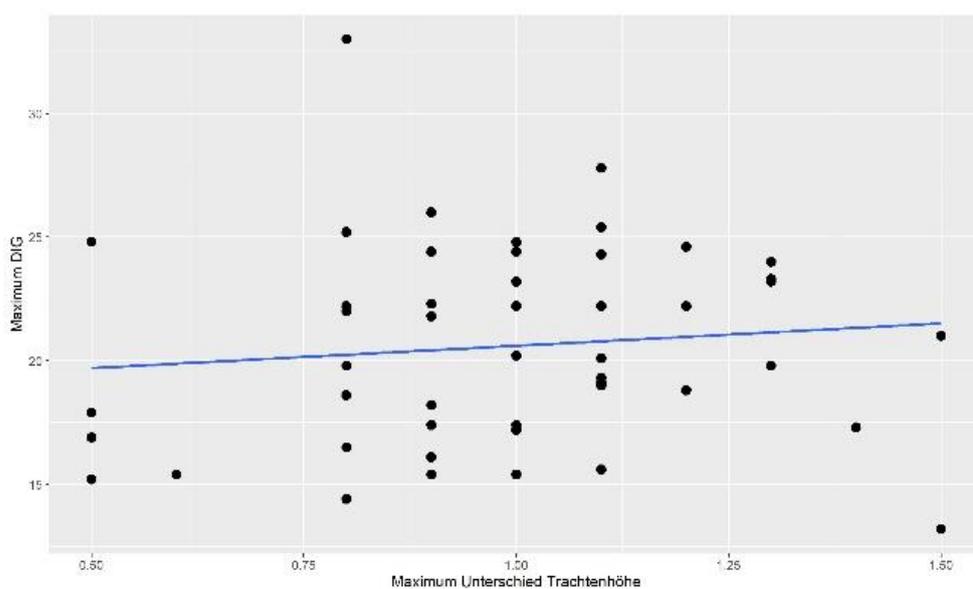


b

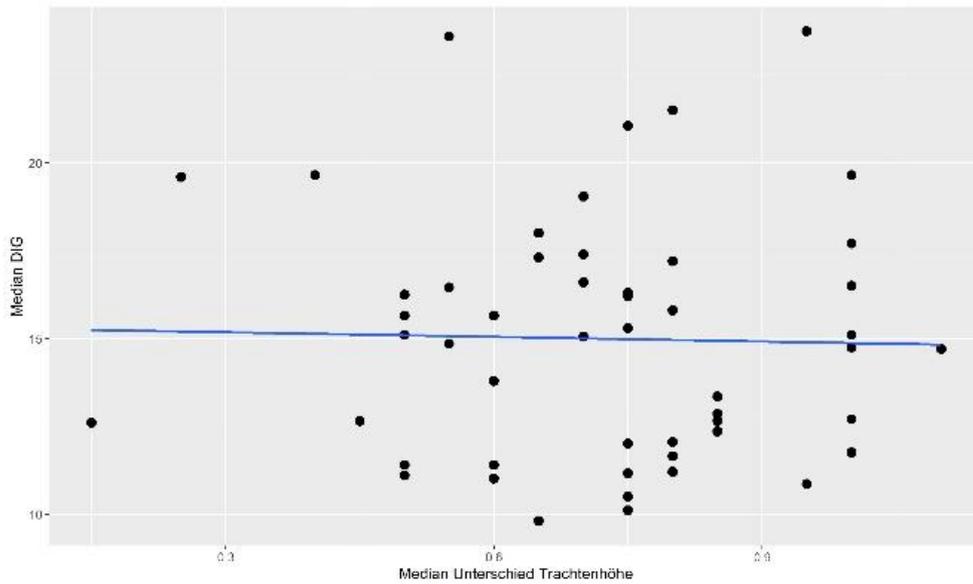
Abbildung 26: Zusammenhang zwischen Differenz der Trachtenhöhe (TRAH) der Außen- u. Innenklauen mit dem Klauenposition-Score (KPS). Für die Darstellung wurde a) der Maximalwert (Maximum) und b) der Median verwendet. Die blaue Linie stellt die Regressionslinie dar.

3.9. Zusammenhang zwischen Trachtenhöhe, digitalem Winkelmesser und Kompass App

Für die Darstellung der Korrelation zwischen den objektiven Messmethoden (DIG, KOMP) und der Differenz der TRAH wurde der Maximalwert und der Median aus den Werten, die während eines Durchgangs von allen UntersucherInnen bei einer Kuh gemessen wurden, verwendet. Abbildung 27 zeigt den Zusammenhang zwischen der Differenz der TRAH und dem DIG. Es konnte kein Zusammenhang der gemessenen Werte nachgewiesen werden ($p = 0,46$ und $0,86$ für Maximal- und Medianwerte).



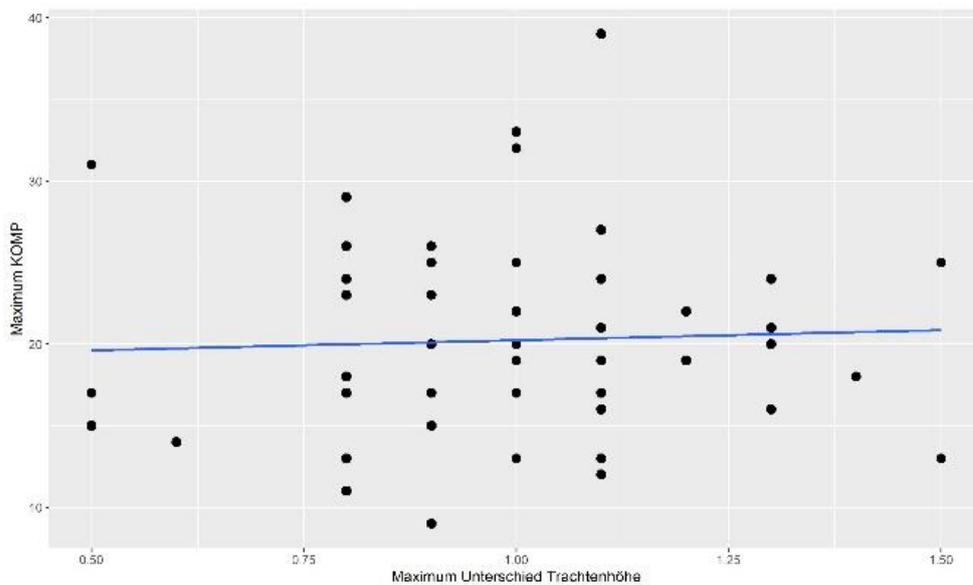
a



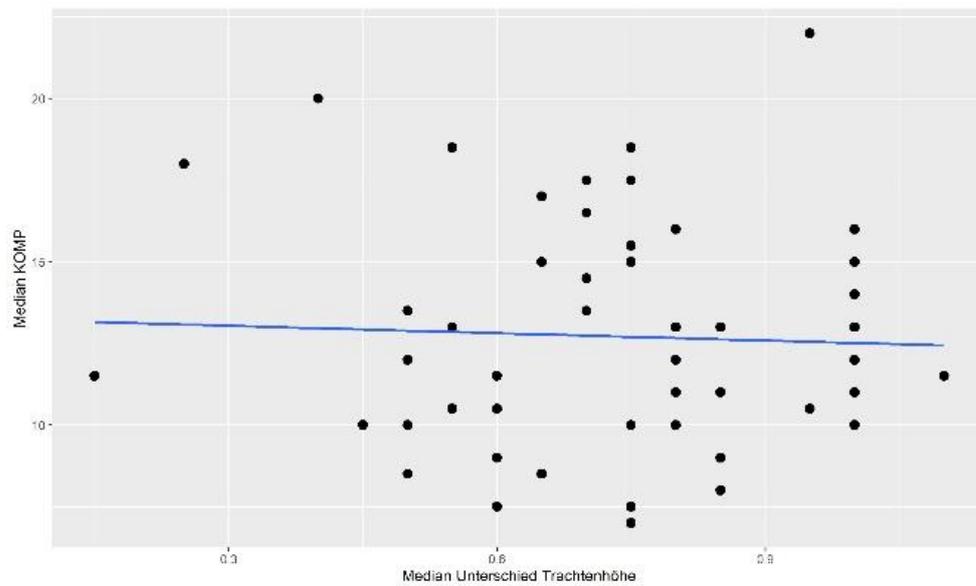
b

Abbildung 27: Korrelation der Differenz der Trachtenhöhe (TRAH, in cm) mit den gemessenen Winkeln des digitalen Winkelmessers (DIG). Für die Darstellung der Werte wurde a) der Maximalwert bzw. b) der Median verwendet.

Die Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Differenz der TRAH und des KOMP wurde in gleicher Weise wie oben für den DIG beschrieben durchgeführt. Die Darstellung der Messergebnisse mittels Maximums und Median (Abbildung 28) konnte ebenfalls keinen Zusammenhang im linearen Modell nachweisen ($p = 0,73$ und $p = 0,86$ für Maximum und Median).



a



b

Abbildung 28: Korrelation der Differenz der Trachtenhöhe (TRAH, in cm) mit den gemessenen Winkeln der Kompass-App (KOMP). Für die Darstellung der Werte wurde der Maximalwert (Maximum, links) bzw. der Median (rechts) verwendet.

Mittels multipler Regression wurde der Einfluss von KPS, DIG, KOMP und TRAH auf LCS und von LCS, KPS, DIG und KOMP auf TRAH untersucht. Die Zusammenhänge waren nicht statistisch signifikant ($p > 0,05$ in allen Modellen).

4. Diskussion

Lahmheit stellt ein wichtiges wirtschaftliches Problem dar und zählt zu den drei häufigsten Abgangsursachen bei Milchkühen. Der KPS soll eine Methode darstellen, bereits subklinische Lahmheiten zu erkennen, d.h. bevor die Kuh klinische Lahmheitssymptome zeigt. Leider wurde der Untersuchung des KPS bislang nur wenig Beachtung geschenkt, weshalb nur wenige Studien dazu vorliegen. Das Ziel dieser Studie war die Überprüfung, ob die Erhebung des KPS am stehenden Tier ein Indikator für eine unterschiedliche TRAH eines Klauenpaares sein kann. Außerdem wurde die Genauigkeit des KPS mittels objektiven Messmethoden (DIG, KOMP) untersucht. Um die Korrelation des KPS mit den durch KOMP und DIG erhobenen Graden, dem LCS und der Differenz der TRAH zu überprüfen, wurden die Messergebnisse anhand statistischer Auswertung analysiert.

Laut der Originalstudie von Bulgarelli-Jimenez et al. (1996) soll der KPS subklinische Lahmheiten detektieren und den optimalen Zeitpunkt der Klauenpflege feststellen. Da subklinische Lahmheiten eigentlich nicht zu erkennen sind, weil sie keine Symptome zeigen, wurde der Ausdruck in dieser Studie durch „subklinische Klauenerkrankungen“ ersetzt.

4.1. Messvorgang

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der KPS mit moderater Übereinstimmung zwischen mehreren UntersucherInnen gemessen werden konnte. Der KPS stimmt mit den Ergebnissen der objektiven Messmethoden (DIG und KOMP) signifikant überein. Aber weder der LCS noch die Differenz der TRAH hingen mit den erhobenen Werten des KPS, DIG oder KOMP zusammen. Die Übereinstimmung der Messergebnisse aller UntersucherInnen (Intra- und Interrater) war zum Teil nicht zufriedenstellend. Gründe für die Unstimmigkeiten waren möglicherweise Positionsveränderungen der Kühe nach längerer Stehzeit und auch Entlastungsstellungen wie zum Beispiel das Vorziehen von schmerzhaften Extremitäten. Infolgedessen konnten Abweichungen bei den gemessenen Graden entstehen, da die UntersucherInnen nicht im exakt gleichen Moment die Messung an einer Kuh durchführen konnten. Für alle Messarten ist auch ein gewisses Augenmaß unumgänglich. Dieses kann jedoch die Objektivität der Messung beeinträchtigen.

Vergleicht man die objektiven Messmethoden DIG und KOMP, dann war der DIG in der Handhabung anspruchsvoller je größer der ZKW war, da man für die Messung näher ans Tier

treten musste, um mit dem Schenkel des Geräts eine Verlängerung der Linie durch den Zwischenklauenspalt bilden zu können. Es war mit dem doch eher unflexiblen Messgerät schwieriger, die Linie exakt zu treffen. Zusätzlich besteht bei dem Gerät laut Produktbeschreibung eine Präzision von $\pm 0,3^\circ$. Bei der Messung mittels KOMP konnten wir Störungen durch Umwelteinflüsse oder andere magnetische Felder wie zum Beispiel einen in die Kuh eingegebenen Magneten zur Fremdkörpertherapie nicht ausschließen. Auch Fehler seitens der App waren trotz korrekter Anwendung und regelmäßigem Kalibrieren nie ausgeschlossen und leider schwer festzustellen. Da es sich um eine sehr feinfühlig App handelte, war bei der Erhebung der Grade eine ruhige Hand und präzises Messen gefragt, da das Messergebnis ansonsten schnell um mehrere Grade abweichen konnte.

4.2. Ergebnisse

Die Bewertung der Intrarater und Interrater Übereinstimmung wurde überwiegend mittels ICC berechnet. In dieser Studie verglichen wir jeweils zwei verschiedene Interpretationen, da nach Cicchetti (1994) die Ergebnisse besser bewertet wurden als nach Koo und Li (2016).

Die Übereinstimmung der Erhebung des KPS, welche mittels gewichteten Kappa berechnet wurde (siehe Tabelle 3), kam im Durchschnitt auf 0.54 (Intrarater) und 0.33 (Interrater), was für mäßige (Interrater) bis moderate (Intrarater) Übereinstimmung nach Landis und Koch (1977) steht. Das spricht dafür, dass der KPS visuell nicht zufriedenstellend reproduzierbar erhoben werden konnte. Dies hängt möglicherweise damit zusammen, dass in Summe vorwiegend Score 1 erhoben wurde.

Die Messergebnisse des DIG zeigten eine breite Streuung (siehe Abbildung 10). Das spiegelte sich auch in der Intra- und Interrater Übereinstimmung wider. Die Spanne der Interpretation der ICC reichte von schlecht bis zu exzellent (siehe Tabelle 5). Dieses Ergebnis verdeutlicht die bereits erwähnten Schwierigkeiten des Messvorgangs, welche zum Beispiel durch Positionsveränderungen der Kühe während des Messvorgangs einhergehen können. Infolgedessen konnte das Ergebnis schnell um mehrere Grade abweichen und zu einer schlechten Übereinstimmung führen. Lediglich am zweiten Messtag zeigten sich ähnlichere Messergebnisse (siehe Abbildung 9). Möglicherweise standen die Tiere an diesem Tag ruhiger, da die Gruppen aufgrund der zusätzlichen Erhebung der TRAH kleiner gewählt wurden. Die Dauer der Messung war daher nicht so lange und dementsprechend verkürzte sich auch die Stehzeit der Tiere.

Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei den Messergebnissen mittels KOMP. Auch hier reichte die Interpretation des ICC von schlecht bis exzellent. Man muss bei diesen schlechten Ergebnissen aber bedenken, dass es sich hier teilweise nur um wenige Grade Unterschied handelte. Vielleicht würden andere Messinstrumente, welche eine noch objektivere Messung ermöglichen, zu einer besseren Übereinstimmung führen.

Betrachtet man die Bland-Altman Plots aus Abbildung 11 und Abbildung 16 zeigt sich vor allem bei der Messung mittels DIG (Abbildung 11) deutlich, dass mit steigendem ZKW (ca. ab 15 Grad) die erhobenen Werte zunehmend über die „Limits of Agreement“ hinaus reichen. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass Kühe mit höherem ZKW oder KPS eher Gewichtsverlagerungen und Entlastungsstellungen aufgrund von schmerzenden Klauen zeigen. Daher weichen die gemessene Werte stärker voneinander ab. Auch der Messvorgang gestaltete sich bei niedrigeren Graden leichter, da die Messinstrumente dafür weniger weit geschwenkt und bewegt werden müssen und daraus vielleicht eine exaktere Messung resultiert.

Betrachtet man den Verlauf der Messergebnisse von KPS, DIG und KOMP, dann konnte bei keiner dieser Messmethoden die Hypothese bestätigt werden, dass sich der festgestellte Score oder die gemessenen Winkel im Zeitraum von ca. zwei Monaten vergrößern. In Österreich ist die saisonale Klauenpflege immer noch weit verbreitet, welche im Intervall von sechs Monaten für die gesamte Herde, mit Ausnahme der trockenstehenden Kühe, durchgeführt wird (Kofler et al. 2022). Dieser übliche Zeitraum ist größer als die von uns gewählten zwei Monate zwischen den Messungen. Die Wahl eines größeren Abstands zwischen den beiden Messungen könnte die Ergebnisse eventuell beeinflussen. Dies würde aber über den Rahmen der vorliegenden Studie hinausgehen und es ergibt sich ein weiterer Forschungsbedarf.

Die Korrelation der objektiven Messmethoden DIG und KOMP mit der subjektiven Erhebung des KPS (Abbildung 18 und 19) zeigte, dass mit zunehmendem KPS auch die gemessenen Winkel anstiegen. Auffällig ist, dass besonders unter Verwendung der Maximalwerte, die Messergebnisse überwiegend in den von Bulgarelli-Jimenez et al. (1996) für den KPS vorgegebenen Grad-Bereichen lagen. Das bestätigt die Hypothese, dass die gemessenen ZWK mit der subjektiven Kategorisierung durch den KPS übereinstimmen.

Verglichen mit den anderen Messmethoden zeigte sich beim LCS eine hohe prozentuelle Übereinstimmung zwischen 70,6 und 96,1 %. In einer aktuellen Studie von Kofler et al. (2022)

wurde ebenfalls die Übereinstimmung der Erhebung des LCS untersucht. Dort ergab sich ein mittleres gewichtetes Kappa von 0.65. In unserer Studie lag das gewichtete Kappa zwischen -0.1 und 0.96. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass der Großteil der Kühe mit LCS 1 bewertet wurde und dementsprechend nicht lahm war. Bei einer größeren Anzahl an Kühen mit höheren Lahmheitsgraden weichen diese Ergebnisse möglicherweise ab.

Zwischen den Ergebnissen des KPS und dem erhobenen LCS konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Dies bestätigt die Hypothese, dass ein KPS Score 2 und 3 nicht zwangsläufig mit einer Lahmheit ($LCS \geq 2$) assoziiert ist. Dieses Ergebnis könnte jedoch bei einer größeren Stichprobe und höheren Lahmheitsgraden möglicherweise abweichen.

Die Erhebung der TRAH mit dem Messlineal zeigte hinsichtlich der prozentualen Übereinstimmung der Messergebnisse der beiden UntersucherInnen (linke Hinterextremität 64,7 % und rechte 68,6 % Übereinstimmung) und den kappa Werten von 0,72 und 0,76 gute bis exzellente Übereinstimmungen (Cicchetti 1994, Landis und Koch 1977). Jedoch darf man hier nicht außer Acht lassen, dass sich die Ergebnisse nur um wenige Millimeter unterschieden. Mit dem Messlineal war es schwierig, ganz exakt zu messen, sprich auch den langen Teil des Schreinerwinkels exakt im rechten Winkel zum Verlauf der Zwischenklauenachse zu halten. Die Differenz der TRAH zwischen einem Klauenpaar bewegte sich bei den einzelnen Kühen zwischen 0 mm und 15 mm Höhenunterschied (Abbildung 23), wobei die TRAH der Außenklaue nahezu immer höher war (linke Hinterextremität 102 lateral, 0 medial, 0 gleich; rechte Hinterextremität 94 lateral, 4 medial, 4 gleich). Wenn man bedenkt, dass die letzte Klauenpflege bei diesen Kühen ca. fünf bis sieben Monate zurücklag, so bedeutet dieser deutliche Höhenunterschied über viele Monate hinweg eine enorme einseitige Druckbelastung an der höheren (meist lateralen) Hinterklaue, was ja letztlich auch ein häufiger prädisponierender Faktor für das gehäufte Vorkommen von Klauenhornerkrankungen an hinteren Außenklauen ist (Becker et al. 2014, Machado et al. 2010, Murray et al. 1996, Nuss et al. 2019). Auch wenn mit Hilfe der KPS Bestimmung bzw. der Winkelmessungen keine eindeutigen Zusammenhänge mit der TRAH-Differenz nachweisbar waren, so lässt sich aus diesen Ergebnissen der Messung der Differenz der TRAH trotzdem eindeutig der Schluss ziehen, dass eine funktionelle Klauenpflege im Intervall von vier bis fünf Monaten durchgeführt werden sollte, um den Höhenausgleich durch Anpassen der höheren Außenklaue an die Maßklaue (Innenklaue) noch rechtzeitig vor Auftreten schmerzhafter Klauenhornerkrankungen vorzunehmen (Fischer et al. 2021, Kofler 2019, Sadiq et al. 2020, van der Tol et al. 2002).

Zwischen der Differenz der TRAH und dem KPS konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden (weder mit dem Maximum- noch mit dem Medianwert). Zwischen den Messergebnissen von DIG und KOMP und der Differenz der TRAH konnte ebenfalls kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Mit einer höheren Anzahl an deutlich lahmen Kühen und einer größeren Stichprobe könnten die Ergebnisse möglicherweise abweichen. In einer Studie von van der Tol et al. (2002) wurde der Druck auf den Klauen mittels Sensoren gemessen. Es konnte gezeigt werden, wo sich der höchste und niedrigste Druck auf der Sohle befand. Vielleicht könnte man mithilfe dieser Messmethode Rückschlüsse auf eine ungleiche TRAH ziehen und einen Anhaltspunkt im Hinblick auf den optimalen Zeitpunkt der Klauenpflege erhalten.

Eine Studie von Holzhauer et al. (2005) beschäftigte sich ebenfalls mit der Reproduzierbarkeit des KPS und kam dabei zu schlechten Resultaten mit mittleren kappa Werten von 0.24 (- 0.08 - 0.49). Im Vergleich zu dieser Studie waren die Übereinstimmungswerte in der vorliegenden Studie mindestens doppelt so hoch oder noch höher. In einer Studie von Leach et al. (2009) wurde im Rahmen der Suche nach einer geeigneten Methode am stehenden Tier eine Lahmheit zu erkennen, ebenfalls die Rotation der Hinterextremitäten gegenüber einer parallelen Linie zur Körpermittellinie neben verschiedenen anderen Methoden beurteilt. Die Ergebnisse zeigten, dass es sowohl bei lahmen als auch bei nicht lahmen Tieren zu einer Rotation gegenüber der Mittellinie kam. Gibbons et al. (2014) bezogen sich ebenfalls auf das gleiche Thema und bauten in ihrer Studie auf den Ergebnissen von Leach et al. (2009) auf. Es fällt auf, dass hier jedoch nicht mehr auf die Rotation der Hinterextremitäten Bezug genommen und diese als Methode Lahmheiten zu erkennen komplett weggelassen wurde. Hiermit wird erneut verdeutlicht, dass es am stehenden Tier wohl bessere Indikationen für eine Lahmheit gibt als den KPS.

Zusammenfassend kann man schlussfolgern, dass der KPS als Methode der Erkennung subklinischer Lahmheit bzw. subklinischer Klauenerkrankungen überdacht werden sollte. In dieser Studie stellte sich der KPS als keine geeignete Methode dar, um an der stehenden Kuh eine unterschiedliche TRAH oder Lahmheit nachzuweisen.

5. Zusammenfassung

Lahmheit ist die dritthäufigste Abgangsursache bei Milchkühen und führt zu hohen wirtschaftlichen Kosten für landwirtschaftliche Betriebe. In 85% der Fälle liegt eine Lahmheit im Bereich der Klauen bzw. Zehen. Der Klauenpositionsscore (KPS) stellt aufgrund seiner einfachen Umsetzung eine Methode dar, um mit nur einem Blick auf die Hinterextremitäten der stehenden Kuh einen Hinweis auf eine vorliegende subklinische Klauenläsion des Tieres zu erhalten. Durch die Erkennung subklinischer Klauenerkrankungen kann eine frühzeitige Behandlung stattfinden und die Ausgaben und die mit einer klinischen Form verbundenen Verluste reduziert werden.

In dieser Studie wurde die Reproduzierbarkeit des KPS mit objektiven Messmethoden und der Zusammenhang mit dem Locomotion-Score (LCS) nach Sprecher et al. (1997) und der Differenz der Trachtenhöhe (TRAH) überprüft. Dafür wurden insgesamt 51 Kühe eines österreichischen Milchviehbetriebs ausgewählt und im Zeitraum von August bis November 2020 an insgesamt zwei Messtagen mit jeweils zwei Durchgängen gemessen. Drei UntersucherInnen haben unabhängig voneinander den KPS der Tiere erhoben und den Zwischenklauenwinkel (ZKW) mit objektiven Messmethoden, einem digitalen Winkelmesser (DIG) und einer Kompass-APP (KOMP), ermittelt. Außerdem wurde in jedem Durchgang der LCS jeder Kuh erhoben. Am zweiten Messtag wurde von zwei der drei UntersucherInnen zusätzlich die Differenz der TRAH an den Hinterextremitäten vor Durchführung einer funktionellen Klauenpflege bestimmt. Anschließend wurden die Ergebnisse der Messungen statistisch ausgewertet und grafisch dargestellt.

Die Auswertung der Messergebnisse zeigte, dass die subjektive visuelle Bestimmung des KPS signifikant mit den objektiven Messmethoden DIG und KOMP zusammenhängt. Je höher die Grade gemessen wurden, desto höher war auch der KPS festgelegt. Der KPS konnte im Durchschnitt nur mäßig bis moderat reproduzierbar gemessen werden. Die Berechnungen der Übereinstimmung der Messungen mittels DIG und KOMP zeigten zum Teil große Abweichungen. Der Intraclass Correlation Coefficient (ICC) reichte von schlecht bis gut bzw. exzellent. Die Berechnung des Zusammenhangs des KPS mit dem LCS war statistisch nicht signifikant (Median $p = 0,32$, Maximum $p = 0,89$), dementsprechend ist ein KPS Score 2 und 3 prinzipiell nicht mit einer klinischen Lahmheit ($LCS \geq 2$) assoziiert. Ein signifikanter Zusammenhang des KPS mit der Differenz der TRAH zwischen Innen- und Außenklaue konnte nicht nachgewiesen werden (Median $p = 0,73$, Maximum $p = 0,63$). Zum gleichen

Ergebnis kam auch die Berechnung der Korrelation zwischen der Differenz der TRAH und den objektiven Messmethoden DIG und KOMP. Hier konnte ebenfalls kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Der Unterschied der TRAH steht also in keiner Relation mit dem KPS und dem ZKW. Im Verlauf von zwei Monaten gab es bei keiner der Messmethoden (KPS, DIG und KOMP) eine signifikante Vergrößerung des ZKW der Hinterextremitäten.

Die Unstimmigkeiten der Messergebnisse konnten möglicherweise durch Positionsveränderungen der Kühe nach längerer Stehzeit oder Entlastungsstellungen entstehen. Daraus resultierten Abweichungen der gemessenen Grade, da die UntersucherInnen nicht zur exakt gleichen Zeit die Messungen an derselben Kuh durchführen konnten.

Abschließend kann man schlussfolgern, dass basierend auf diesen Ergebnissen der Einsatz des KPS zur Erkennung subklinischer Lahmheit bzw. subklinischer Klauenerkrankungen überdacht werden sollte. Dennoch sollte an der Entwicklung einer Methode subklinische Klauenerkrankungen festzustellen, weitergeforscht werden, um klinischen Klauenerkrankungen und den damit verbundenen hohen Schmerzen für die Kühe vorzubeugen.

6. Summary

Lameness is the third most common cause of mortality in dairy cows and leads to high economic costs for farms. In 85 % of the cases, lameness is located in the claws or toe area. Due to its simple implementation, the Claw Position Score (KPS) represents a method to obtain an indication of an existing subclinical claw lesion of the cow with just one look at the hind limbs of the standing cow. By detecting subclinical hoof diseases, early treatment can occur and decrease expenses and losses associated with a clinical form.

In this study, the reproducibility of the KPS with objective measurement methods and the correlation with the locomotion score (LCS) according to Sprecher et al. (1997) and the difference of the height of the outer and inner hind claw (TRAH) were investigated. For this purpose, a total of 51 cows from an Austrian dairy farm were measured during the period from August to November 2020 on a total of two measurement days with two measuring rounds each. Three investigators independently collected the KPS of the animals and determined the degree ranges of the rotation of the hind feet (ZKW) using objective measurement methods, a digital protractor (DIG) and a compass app (KOMP). In addition, the LCS of each cow was rated each tie. On the second day of measurement, two of the three investigators also

determined the difference of the TRAH at the hind limbs before hoof trimming. Subsequently, the results of the measurements were statistically analysed and graphically presented.

The results showed that the subjective visual determination of the KPS was significantly related to the objective measurement methods DIG and KOMP. As the grades were measured higher, the KPS was also determined to be higher. On average, the KPS could only be reproduced fairly to moderately. The calculations of the agreement between the measurements using DIG and KOMP showed large deviations in some parts. The intraclass correlation coefficient (ICC) ranged from poor to good, or excellent. The KPS was not significantly related to LCS (median $p = 0.32$, maximum $p = 0.89$), according to this a KPS score 2 and 3 is not related to clinical lameness ($LCS \geq 2$). A significant relation of the KPS with the difference in TRAH between the inner and outer claw could not be shown (median $p = 0.73$, maximum $p = 0.63$). The calculation of the correlation between the difference of the TRAH and the objective measurement methods DIG and KOMP came to the same result. Thus, the difference of TRAH is not related to KPS and ZKW. In the two-month period, there was no significant increase in the ZKW of the hind limbs in any of the measurement methods (KPS, DIG, and KOMP).

The inconsistencies of the measurement results could possibly be caused by weight shifting or taking weight off a limb. As a result, discrepancies in the measured degrees occurred because the investigators could not perform the measurements on the same cow at the exact same time.

Based on the results, it can be concluded that the use of the KPS for subclinical lameness diagnosis should be reconsidered. However, further research should be pursued to develop a method to detect subclinical claw disorders to prevent clinical claw disorders and the associated high pain for the cows.

7. Abkürzungsverzeichnis

KPS	Klauenpositionsscore
ZKW	Zwischenklauenwinkel
DIG	Digitaler Winkelmesser
KOMP	Kompass-App
LCS	Locomotion-Scoring
TRAH	Trachtenhöhe
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
Hu/Ko/Re	UntersucherIn
M	Messung
D	Durchgang
Diff	Differenz
L	Links
R	Rechts
Max	Maximalwert
Med	Medianwert

8. Literaturverzeichnis

- Algers B, Bertoni G, Broom D, Hartung J, Lidfors L, Metz J, Munksgaard L, Nunes T, Oltenacu T, Rehage J, Rushen J, Smulders F, Stassen EN, Stilwell G, Waiblinger S, Webster A. 2009. Scientific report of EFSA prepared by the Animal Health and Animal Welfare Unit on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease, 1143: 1–38.
- Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DCJ. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *Journal of Dairy Science*, 93 (3): 932–941. DOI 10.3168/jds.2009-2309.
- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67 (1). DOI 10.18637/jss.v067.i01.
- Becker J, Steiner A, Kohler S, Koller-Bähler A, Wüthrich M, Reist M. 2014. Lameness and foot lesions in Swiss dairy cows: II. Risk factors. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 156 (2): 79–89. DOI 10.1024/0036-7281/a000554.
- Bell NJ, Main DCJ, Whay HR, Knowles TG, Bell MJ, Webster AJF. 2006. Herd health planning: farmers' perceptions in relation to lameness and mastitis. *The Veterinary Record*, 159 (21): 699–705. DOI 10.1136/vr.159.21.699.
- Bruijnis MRN, Beerda B, Hogeveen H, Stassen EN. 2012. Assessing the welfare impact of foot disorders in dairy cattle by a modeling approach. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 6 (6): 962–970. DOI 10.1017/S1751731111002606.
- Bruijnis MRN, Hogeveen H, Stassen EN. 2010. Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *Journal of Dairy Science*, 93 (6): 2419–2432. DOI 10.3168/jds.2009-2721.
- Bulgarelli-Jimenez G, Dercks K, Van Amogeran, J., Schukken, Y.H., Nielsen M. 1996. A Hind feet position scoring-system to monitor subclinical lameness in Dutch Holstein-Friesian cows.
- Charfeddine N, Pérez-Cabal MA. 2017. Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (1): 653–665. DOI 10.3168/jds.2016-11434.
- Cicchetti DV. 1994. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment*, 6 (4): 284–290. DOI 10.1037/1040-3590.6.4.284.

- Cook NB, Nordlund KV. 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Veterinary Journal* (London, England: 1997), 179 (3): 360–369. DOI 10.1016/j.tvjl.2007.09.016.
- Dolecheck K, Bewley J. 2018. Animal board invited review: Dairy cow lameness expenditures, losses and total cost. *Animal: An International Journal of Animal Bioscience*, 12 (7): 1462–1474. DOI 10.1017/S1751731118000575.
- Fabian J, Laven RA, Whay HR. 2014. The prevalence of lameness on New Zealand dairy farms: a comparison of farmer estimate and locomotion scoring. *Veterinary Journal* (London, England: 1997), 201 (1): 31–38. DOI 10.1016/j.tvjl.2014.05.011.
- Fischer D, Grund S, Pesenhofer R, Friebel L, Mülling CKW. 2021. Kurative Klauenpflege zur mechanischen Entlastung von Sohlengeschwüren – eine Ex-vivo-Studie. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*, 49 (2): 92–100. DOI 10.1055/a-1385-7822.
- Flower FC, Weary DM. 2006. Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science*, 89 (1): 139–146. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(06)72077-X.
- Fürst-Waltl B, Egger-Danner C, Guggenbichler S, Kofler J. 2021. Auswirkung von Lahmheit auf Fruchtbarkeitsmerkmale bei Fleckvieh-Kühen in Österreich – Ergebnisse aus dem Efficient-Cow-Projekt. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 164 (11): 721–736. DOI 10.17236/sat00323.
- Galindo F, Broom DM. 2002. Effects of lameness on social and individual behavior of dairy cows. *Journal of Applied Animal Welfare Science: JAAWS*, 5 (3): 193–201. DOI 10.1207/S15327604JAWS0503_03.
- Gamer M, Lemon J, Fellows I, Singh P. 2019. irr: various coefficients of interrater reliability and agreement. R package version 0.84.1. Coefficients of Interrater Reliability and Agreement for quantitative, ordinal and nominal data: ICC, Finn-Coefficient, Robinson's A, Kendall's W, Cohen's Kappa, ... <https://CRAN.R-project.org/package=irr>.
- Gibbons J, Haley DB, Higginson Cutler J, Nash C, Zaffino Heyerhoff J, Pellerin D, Adam S, Fournier A, Passillé AM de, Rushen J, Vasseur E. 2014. Technical note: a comparison of 2 methods of assessing lameness prevalence in tiestall herds. *Journal of Dairy Science*, 97 (1): 350–353. DOI 10.3168/jds.2013-6783.

- Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85 (9): 2250–2256. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(02)74304-X.
- Gudaj R, Brydl E, Posta J, Komlosi I. 2012. Effect of lameness on milk production in Holstein-Friesian farms in Hungary. *Allattenyesztes Takarmanyozas*, 61: 66–77.
- Gundelach Y, Schulz T, Feldmann M, Hoedemaker M. 2013. Effects of increased vigilance for locomotion disorders on lameness and production in dairy cows. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 3 (3): 951–961. DOI 10.3390/ani3030951.
- Hadley Wickham. 2016. *ggplot2. Elegant graphics for data analysis. Second edition.* Cham: Springer international publishing, 260.
- Hässig M, Degen Aguayo Aparicio C, Nuss K. 2018. Korrelation eines Lahmheit-Scoring-Systems und Klauenläsionen. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 160 (2): 107–114. DOI 10.17236/sat00147.
- Holzhauser M, Middeltesch H, Bartels CJM, Frankena K, Verhoeff J, Noordhuizen-Stassen EN, Noordhuizen JPTM. 2005. Assessing the repeatability and reproducibility of the Leg Score: a Dutch Claw Health Scoring System for dairy cattle. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde*, 130 (14-15): 440–443.
- Huxley JN. 2013. Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science*, 156 (1-3): 64–70. DOI 10.1016/j.livsci.2013.06.012.
- Juarez S, Robinson P, DePeters E, Price E. 2003. Impact of lameness on behavior and productivity of lactating Holstein cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 83 (1): 1–14. DOI 10.1016/S0168-1591(03)00107-2.
- Keyserlingk MAG von, Barrientos A, Ito K, Galo E, Weary DM. 2012. Benchmarking cow comfort on North American freestall dairies: lameness, leg injuries, lying time, facility design, and management for high-producing Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (12): 7399–7408. DOI 10.3168/jds.2012-5807.
- Kofler J. 2019. Funktionelle Klauenpflege beim Rind. In: Litzke L-F, Rau B, Hrsg. *Der Huf. Lehrbuch des Hufbeschlages*. Siebte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 366–399.
- Kofler J. 2021. Klauengesundheit im Griff –mit System und Konsequenz. *News4Vets*, 10 (1): 56–65.

- Kofler J, Fürst-Waltl B, Dourakas M, Steininger F, Egger-Danner C. 2021. Auswirkung von Lahmheit auf die Milchleistung bei Milchkühen in Österreich – Ergebnisse aus dem Efficient-Cow-Projekt. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 163 (2): 123–138. DOI 10.17236/sat00290.
- Kofler J, Suntinger M, Mayerhofer M, Linke K, Maurer L, Hund A, Fiedler A, Duda J, Egger-Danner C. 2022. Benchmarking based on regularly recorded claw health data of Austrian dairy cattle for implementation in the Cattle Data Network (RDV). *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 12 (7): 808. DOI 10.3390/ani12070808.
- Koo TK, Li MY. 2016. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15 (2): 155–163. DOI 10.1016/j.jcm.2016.02.012.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33 (1): 159. DOI 10.2307/2529310.
- Leach KA, Dippel S, Huber J, March S, Winckler C, Whay HR. 2009. Assessing lameness in cows kept in tie-stalls. *Journal of Dairy Science*, 92 (4): 1567–1574. DOI 10.3168/jds.2008-1648.
- Leach KA, Paul ES, Whay HR, Barker ZE, Maggs CM, Sedgwick AK, Main DCJ. 2013. Reducing lameness in dairy herds-overcoming some barriers. *Research in Veterinary Science*, 94 (3): 820–825. DOI 10.1016/j.rvsc.2012.10.005.
- Leach KA, Tisdall DA, Bell NJ, Main DCJ, Green LE. 2012. The effects of early treatment for hindlimb lameness in dairy cows on four commercial UK farms. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*: 626–632. DOI 10.1016/j.tvjl.2012.06.043.
- Leach KA, Whay HR, Maggs CM, Barker ZE, Paul ES, Bell AK, Main DCJ. 2010. Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. *Research in Veterinary Science*, 89 (2): 311–317. DOI 10.1016/j.rvsc.2010.02.014.
- Machado VS, Caixeta LS, McArt JAA, Bicalho RC. 2010. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *Journal of Dairy Science*, 93 (9): 4071–4078. DOI 10.3168/jds.2010-3177.
- McInerney JP, Howe KS, Schepers JA. 1992. A framework for the economic analysis of disease in farm livestock. *Preventive Veterinary Medicine*, 13 (2): 137–154. DOI 10.1016/0167-5877(92)90098-Z.

- Murray RD, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *The Veterinary Record*, 138 (24): 586–591. DOI 10.1136/vr.138.24.586.
- Newcomer BW, Chamorro MF. 2016. Distribution of lameness lesions in beef cattle: A retrospective analysis of 745 cases. *The Canadian Veterinary Journal*, 57 (4): 401–406.
- Nuss K, Müller J, Wiestner T. 2019. Effects of induced weight shift in the hind limbs on claw loads in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102 (7): 6431–6441. DOI 10.3168/jds.2018-15539.
- Nuss K, Paulus N. 2006. Measurements of claw dimensions in cows before and after functional trimming: a post-mortem study. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 172 (2): 284–292. DOI 10.1016/j.tvjl.2005.04.031.
- R Foundation for Statistical Computing. 2020. R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/index.html> (Zugriff 16.03.2020).
- RStudio Team. 2020. RStudio: Integrated development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/> (Zugriff 31.03.2022).
- Sadiq MB, Ramanoon SZ, Mansor R, Syed-Hussain SS, Shaik Mossadeq WM. 2020. Claw trimming as a lameness management practice and the association with welfare and production in dairy cows. *Animals : An Open Access Journal from MDPI*, 10 (9). DOI 10.3390/ani10091515.
- Šárová R, Stěhulová I, Kratinová P, Firla P, Spinka M. 2011. Farm managers underestimate lameness prevalence in Czech dairy herds. *Animal Welfare*, 20: 201–204.
- Shearer JK, Stock ML, van Amstel SR, Coetzee JF. 2013. Assessment and management of pain associated with lameness in cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 29 (1): 135–156. DOI 10.1016/j.cvfa.2012.11.012.
- Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47 (6): 1179–1187. DOI 10.1016/s0093-691x(97)00098-8.
- Thomas HJ, Remnant JG, Bollard NJ, Burrows A, Whay HR, Bell NJ, Mason C, Huxley JN. 2016. Recovery of chronically lame dairy cows following treatment for claw horn lesions: a randomised controlled trial. *The Veterinary Record*, 178 (5): 116. DOI 10.1136/vr.103394.

- van der Tol P, Metz J, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA. 2002. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. *Journal of Dairy Science*, 85 (6): 1476–1481. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(02)74216-1.
- van der Tol P, van der Beek SS, Metz J, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA. 2004. The effect of preventive trimming on weight bearing and force balance on the claws of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87 (6): 1732–1738. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(04)73327-5.
- Weigele HC, Gygax L, Steiner A, Wechsler B, Burla J-B. 2018. Moderate lameness leads to marked behavioral changes in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101 (3): 2370–2382. DOI 10.3168/jds.2017-13120.
- Whay HR, Shearer JK. 2017. The impact of lameness on welfare of the dairy cow. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 33 (2): 153–164. DOI 10.1016/j.cvfa.2017.02.008.
- Wickham H, François R, Henry L, Müller K. 2020. dplyr: A grammar of data manipulation. R package version 1.0.2. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.
- Wolak ME, Fairbairn DJ, Yale R. 2012. Guidelines for estimating repeatability. *Methods in Ecology and Evolution* 3(1): 129–137.
- Zuchtdata. 2020. <http://en.zar.at/dam/jcr:94add5f5-025e-48b2-b837-8c11ea23075b/ZAR-Jahresbericht-2020-web.pdf> (Zugriff 08.02.2022).

9. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung der Locomotion-Scores nach Sprecher et al. (1997) anhand klinischer Beschreibung und Beurteilungskriterien.	11
Tabelle 2: Interpretation der Kappa Werte nach Landis und Koch (1977).....	16
Tabelle 3: Interpretation des Intraclass Correlation Coefficient.....	16
Tabelle 4: Intra- u. Interrater Übereinstimmung des Klauenposition-Scores (KPS) aller UntersucherInnen (Ko, Hu, Re) an beiden Messtagen (Kappa gewichtet im Quadrat).	19
Tabelle 5: Berechnung der Intra- und Interrater Übereinstimmung mittels Intraclass Correlation Coefficient für die Messergebnisse des digitalen Winkelmessers (Ko/Hu/Re: UntersucherIn).	24
Tabelle 6: Berechnung der Intra- und Interrater Übereinstimmung mittels Intraclass Correlation Coefficient für die Messergebnisse der Kompass-App (Ko/Hu/Re: UntersucherIn).	31
Tabelle 7: Intra- u. Interrater Übereinstimmung des Locomotion-Score nach Sprecher et al. (1997) aller UntersucherInnen (Ko, Hu, Re) an beiden Messtagen (Kappa gewichtet im Quadrat).....	38
Abbildung 1: Beispiele von Erhebungen des Klauenpositionsscore (KPS) mit Hilfslinien durch die Körpermitte und den Zwischenklauenspalt: im linken Bild lag ein KPS mit Score 1 (0°, parallel zur Körpermittellinie) vor, im rechten Bild liegt an der linken Hinterextremität ein Score 2 (18,2°) und an der rechten Hinterextremität ein KPS mit Score 3 (27,73°) vor.....	10
Abbildung 2: Die Körpermittellinie (0°) symbolisiert die Rückenlinie der Kuh, die zweite Linie zieht jeweils durch den Zwischenklauenspalt der linken bzw. der rechten Hinterextremität. .	10
Abbildung 3: Vermessung der Längen- und Breitengrade mittels Kompass-App am Smartphone. An der Rückseite des Smartphones wurde ein Stäbchen als Unterstützung des Messvorgangs angebracht.	13
Abbildung 4: Screenshot der Kompass-App vom Hersteller „melon soft“. In der Mitte befindet sich ein grauer Punkt auf dem Fadenkreuz, welcher dazu dient, sicherzustellen, dass man das Smartphone waagrecht hält.	13
Abbildung 5: Messung der Differenz der Trachtenhöhe zwischen Außen- und Innenklaue mit Hilfe eines Schreinerwinkels.	15

Abbildung 6: Intraobserver Übereinstimmung der Messergebnisse des Klauenposition-Score (KPS) aus 2 Durchgängen pro Messtag (M: Messung, 1 bzw. 2: Messtag, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, L: Links, R: Rechts, Diff: Differenz).....	18
Abbildung 7: Darstellung des Verlaufs des Klauenpositionsscores (KPS) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.	20
Abbildung 8: Darstellung der Ergebnisse des Klauenpositionsscores (KPS) zum Zeitpunkt der ersten Messung (M1) und zweiten Messung (M2). a) Darstellung der Medianwerte (Median) b) Darstellung der Maximalwerte (Maximum)	21
Abbildung 9: Ergebnisse der Messung mittels digitalem Winkelmesser (DIG) separat dargestellt für die linke und rechte Hinterextremität pro Messtag (1. oder 2. Messung) a) Ergebnisse 1. Messtag links b) Ergebnisse 1. Messtag rechts c) Ergebnisse 2. Messtag links d) Ergebnisse 2. Messtag rechts.....	22
Abbildung 10: Darstellung der Differenz der mittels digitalem Winkelmesser (DIG) erhobenen Winkel pro UntersucherIn, Messtag und Seite der Hinterextremität (M: Messung, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, L: Links, R: Rechts, Diff: Differenz).....	25
Abbildung 11: Bland-Altman Darstellung der Übereinstimmung der Messergebnisse mittels digitalem Winkelmesser einer untersuchenden Person aus zwei Durchgängen an einem Messtag.	26
Abbildung 12: Darstellung der Messergebnisse mittels digitalem Winkelmesser (DIG) an zwei Messtagen (M1 und M2). a) Verwendung der Maximalwerte b) Verwendung der Medianwerte	27
Abbildung 13: Darstellung des Verlaufs der Messergebnisse mittels digitalem Winkelmesser (DIG) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.	28
Abbildung 14: Darstellung der Streuung der Messergebnisse der Kompass-App (KOMP) vergleichend für alle UntersucherInnen (Ko, Hu, Re) pro Durchgang und Messtag. a) 1. Messtag, linke Hinterextremität b) 1. Messtag, rechte Hinterextremität c) 2. Messtag, linke Hinterextremität d) 2. Messtag, rechte Hinterextremität.	29
Abbildung 15: Darstellung der Differenz der Intraobserver Übereinstimmung der Messung mittels Kompass-App (KOMP) pro UntersucherIn, Messtag und Seite der Hinterextremität (M: Messung, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, L: Links, R: Rechts, Diff: Differenz).....	32

Abbildung 16: Bland-Altman Darstellung der Übereinstimmung der Messergebnisse mittels Kompass-App einer untersuchenden Person aus zwei Durchgängen an einem Messtag.....	33
Abbildung 17: Darstellung des Verlaufs der gemessenen Werte mittels Kompass-App (KOMP) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.	34
Abbildung 18: Darstellung der Korrelation von den Messergebnissen des Klauenpositionsscore (KPS) und den Ergebnissen mittels a) digitalem Winkelmesser (DIG) b) Kompass-App (KOMP). Verwendet wurden jeweils die Maximalwerte (max).	35
Abbildung 19: Darstellung der Korrelation von den Messergebnissen des Klauenpositionsscores (KPS) und den Ergebnissen mittels a) digitalem Winkelmesser (DIG) b) Kompass-App (KOMP). Verwendet wurde jeweils der gerundete Median (med).....	36
Abbildung 20: Überblick der Ergebnisse der Erhebung des Locomotion-Score (LCS) nach Sprecher et al.(1997) aller Untersucher pro Durchgang und Messtag (M: Messung, D: Durchgang, Ko/Hu/Re: Untersucher).	36
Abbildung 21: Differenz der Messergebnisse des Locomotion-Score (LCS) nach Sprecher et al. (1997) pro UntersucherIn und Messtag (M: Messung, Ko/Hu/Re: UntersucherIn, Diff: Differenz).	37
Abbildung 22: Darstellung des Verlaufs der erhobenen Locomotion-Scores (LCS) nach Sprecher et al.(1997) aller UntersucherInnen separat für jede Kuh zu zwei Zeitpunkten (zwei Messtage: M1 und M2). a) Darstellung der Messergebnisse durch die Maximalwerte (Maximum) b) Darstellung der Messergebnisse durch den Median.....	39
Abbildung 23: Darstellung der Messergebnisse der Differenz der Trachtenhöhe (in mm) von zwei UntersucherInnen (Ko, Re). a) Darstellung der Ergebnisse für die linke Hinterextremität b) Darstellung der Ergebnisse für die rechte Hinterextremität	40
Abbildung 24: Übereinstimmung der Differenz der Trachtenhöhe beider UntersucherInnen (Kofler, Reiter).	41
Abbildung 25: Darstellung der Korrelation zwischen Klauenposition-Score (KPS) und Locomotion-Score (LCS). Für die Darstellung wurde a) das Maximum und b) der gerundete Median der Messergebnisse verwendet. Die Größe der Punkte wächst mit steigender Anzahl (n; siehe Legende) der erhobenen Scores. Die blaue Linie stellt die Regressionslinie dar. ...	43
Abbildung 26: Zusammenhang zwischen Differenz der Trachtenhöhe (TRAH) der Außen- u. Innenklauen mit dem Klauenposition-Score (KPS). Für die Darstellung wurde a) der	

Maximalwert (Maximum) und b) der Median verwendet. Die blaue Linie stellt die Regressionslinie dar.	44
Abbildung 27: Korrelation der Differenz der Trachtenhöhe (TRAH, in cm) mit den gemessenen Winkeln des digitalen Winkelmessers (DIG). Für die Darstellung der Werte wurde a) der Maximalwert bzw. b) der Median verwendet.	46
Abbildung 28: Korrelation der Differenz der Trachtenhöhe (TRAH, in cm) mit den gemessenen Winkeln der Kompass-App (KOMP). Für die Darstellung der Werte wurde der Maximalwert (Maximum, links) bzw. der Median (rechts) verwendet.	47

10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlichst bei meinem Diplomarbeitsbetreuer Dr. Johann Kofler für die Unterstützung und die hervorragende Betreuung bedanken. Außerordentlich dankbar bin ich auch meiner Diplomarbeitsbetreuerin Dr. Alexandra Hund für die statistische Auswertung der Daten, die Geduld und die Hilfestellungen.

Ebenso möchte ich mich bei den MitarbeiterInnen der VetFarm für die Vorbereitungen der Datenerhebungen bedanken. Spezieller Dank geht an Dr. Johann Huber für die Teilnahme an den Messungen.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Eltern und Freunden danken, welche immer ein offenes Ohr für mich hatten und mir stets den Rücken stärkten, um in herausfordernden Phasen nicht aufzugeben und mein Ziel konsequent weiterzuverfolgen.