

Rapportage

Actigraph validatie bij Paarden



HAS Hogeschool
Onderwijsboulevard 221
Postbus 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: 088 890 36 00

Documenttitel: Rapportage
Projectcode: 22400189

Status: versie 1.0

Opdrachtgever: lectoraat Precision Livestock Farming - HAS Hogeschool 's-Hertogenbosch
In samenwerking met: lectoraat Human-Animal Interactions - Aeres hogeschool Dronten

Projectleider: Mari van Barneveld
2^e beoordelaar: Lenny van Erp - van der Kooij

Projectteam: Jan Cornelisse (540254231)
Rivka Klinkers (540301671)
Xander de Laat (540255904)

Plaats: 's Hertogenbosch
Datum: 24 juni 2022

Voorwoord

Sinds februari 2022 zijn wij, Jan, Rivka & Xander, bezig geweest met het valideren van Actigraph sensoren voor gebruik bij paarden. Afgelopen 20 weken hebben wij door metingen met deze sensoren kunnen bepalen in welke gang de paarden zich bevinden. Hierdoor hebben wij bij kunnen dragen aan alle vervolgonderzoeken die plaats gaan vinden met deze sensoren.

Wij willen vanaf hier dr. ir. K. Visser bedanken voor deze mooie opdracht en we wensen haar veel succes met alle vervolgonderzoeken die zullen gaan volgen. Ook willen we onze docenten Mari van Barneveld, Anne Rikmanspoel & Lenny van Erp- van der Kooij bedanken voor alle begeleiding en adviezen die we van hen hebben gekregen. Onder de docenten valt ook docent statistiek Charles Krijnen die ons geholpen heeft met de statistische verwerking van alle data.

Een speciaal dankwoord ook voor alle deelnemende bedrijven waar we op locatie mochten komen om de metingen uit te voeren. Zij hebben paarden beschikbaar gesteld waardoor dit onderzoek plaats kon vinden.

Inhoud

Voorwoord	12
Samenvatting	13
1. Inleiding	13
2. Materiaal en Methode	13
2.1 Afbakening onderzoek	14
2.2 Criteria dieren en bedrijven	15
2.3 Onderzoeksopzet	16
2.4 Dataverwerking	17
2.5 Data analyse	17
2.5.1 Verschil tussen de gangen	17
2.5.2 Verschil tussen ondergrond en verschil tussen looprichting	20
2.5.3 Afkapwaarden gangen	20
3. Resultaten	20
3.1 Verschil tussen de gangen per sensorlocatie	20
3.1.1 Sensor aan de schoft	21
3.1.2 Sensor aan het been	24
3.1.3 Sensor aan het hoofd	25
3.1.4 Sensor aan de staart	27
3.2 Afkapwaarden	29
3.2.1 Sensor aan de schoft	17
3.2.2 Sensor aan het been	17
3.3 Verschil in ondergrond	20
3.4 Verschil in looprichting	20
3.4.1 Draf	20
3.4.2 Galop	20
4. Discussie	21
5. Conclusie	24
Bibliografie	25
Bijlage 1. Paarden	27
Bijlage 2. Gebruikte middelen	28
Bijlage 3. Plaatsing sensoren	29

Samenvatting

In dit onderzoek is voor de Actigraph wGT3X-BT versnellingsmeter vastgesteld welke locatie op een paard geschikt is voor het bepalen in welke gang een paard zich bevindt. Voor dit onderzoek zijn 23 paarden gebruikt. Bij elk paard zijn 4 sensoren op verschillende locaties (hoofd, schoft, voorbeen en staartwortel) bevestigd. Een paard draafde 2 minuten linksom en 2 minuten rechtsom. Voor de galop was dit voor elke richting 1 minuut. Voor de stap liep het paard 2 minuten op een zachte ondergrond en 2 minuten op een harde ondergrond. Als laatste heeft het paard 2 minuten stilgestaan.

De sensoren zijn uitgelezen met behulp van het programma Actilife 6. De bestanden met ruwe data zijn met behulp van dit programma omgezet in activity counts met een epoch van 10 seconden. In de databestanden staan de activity counts weergegeven in 3 richtingen, x, y en z. Om van de activity counts in drie richtingen één enkele waarde te maken zijn deze omgezet tot een vector magnitude waarde (volgens de formule; $\sqrt{x^2+y^2+z^2}$). Deze vector magnitude geeft de resulterende sterke van de beweging aan.

Twee van de locaties, de sensor aan het hoofd en sensor aan de staart, bleken niet goed weer te kunnen geven in welke gang het paard zich bevindt. De sensor aan de schoft en de sensor aan het linker voorbeen kunnen wel duidelijk bepalen in welke gang een paard zich bevindt. Om duidelijk te maken waar een gang stopt en de volgende begint is een afkapwaarde nodig.

De afkapwaarden voor de gangen zijn bepaald door middel van een ROC-curve. De afkapwaarde is de waarde die hoort bij het grootste verschil tussen de "sensitiviteit" en de "1-specificiteit". Deze waarde is vervolgens bevestigd door een ROC-analyse. De afkapwaarde voor het einde van een gang is gelijk aan de afkapwaarde voor het begin van de volgende gang.

Voor de sensor op de schoft en de sensor aan het been zijn de volgende afkapwaarden (op basis van de vector magnitude van de activity counts) voor een 10 seconden epoch bepaald:

Afkapwaarden voor de sensor aan de schoft	Afkapwaarden voor de sensor aan het linker voorbeen
stilstand < 105	stilstand < 1397
stap 105 - 887	stap 1397 - 4767
draf 887 - 1997	draf 4767 - 8417
galop > 1997	galop > 8417

Voor de sensor aan het been is geen verschil in vector magnitude waarden tussen een harde- en een zachte ondergrond. Bij de sensor aan de schoft is er in de gang stap een verschil gevonden in vector magnitude waarden tussen een harde- en een zachte ondergrond. Voor de looprichting is alleen bij de sensor aan de schoft een verschil in vector de magnitude waarden tussen de looprichtingen in de galop. Deze verschillen hadden geen invloed op de afkapwaarden.

In het geval dat er één sensor gebruikt wordt tijdens kortdurende sessies geeft de sensorlocatie op de schoft de meest betrouwbare bepaling van de gangen. In het geval van langdurig onderzoek heeft de sensorlocatie aan het been voorkeur. Het gebruiken van een hard kuststoffen omhulsel kan water en/of bijtschade aan de sensor voorkomen.

1. Inleiding

Het gebruiken van technologie om een objectieve bewegingsanalyse bij paarden uit te voeren is geen nieuwe ontwikkeling. Sinds de mens paarden heeft gehouden als lastdier en later ook als sport- en hobbydier zijn mensen geïnteresseerd geweest in het bewegingsstelsel van het paard. Dit blijkt bijvoorbeeld uit het werk van fotograaf Eadweard Muybridge, de eerste mens die een paard in volle galop heeft gefotografeerd en gepubliceerd. Door zijn fotoserie van 24 foto's uit 1878 wist hij aan te tonen dat een paard tijdens de galop met 4 benen loskomt van de grond. Dit zijn tevens de eerste bewegende beelden van paarden uit die tijd (Stillman & Muybridge, 1882).

Tegenwoordig is het maken van filmbeelden veel gemakkelijker geworden en worden de filmbeelden zelf veelal niet meer gebruikt als meetinstrument. In de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw ontwikkelde men in Oostenrijk met 3D motion capture een nieuwe vorm van bewegingsregistratie (Kastner et al., 1990). Samen met inertial measurements units (IMU's) vormt dit de basis van de technieken die vandaag de dag nog steeds worden gebruikt.

Sinds 1960 worden paarden gebruikt bij fysieke en mentale therapieën. De paarden worden gebruikt om zwakke spieren bij de client te versterken of om emotionele en sensorische reacties als spraak en non-verbale communicatie bij de client te verbeteren (DeBose, 2015). Het welzijn van therapiedieren wordt met nieuwe technieken steeds beter in kaart gebracht. Welzijnsmetingen werden traditioneel uitgevoerd via directe menselijke observaties. Dit leverde geïnterpreteerde informatie van selectieve punten in de tijd. Er zijn verschillende methodes ontwikkeld om dit proces, het meten van het welzijn bij dieren, te verbeteren.

Een van deze technieken is het gebruik van een hartslagmeter om de hartslag variatie te meten bij de paarden tijdens een therapiesessie. Het onderzoek van (Mendonca, et al., 2019) gebruikte een hartslag meter voor het meten van welzijn. Zij concludeerde dat een paard geen negatieve emoties ondervond tijdens een therapiesessie. Het paard ondervond echter ook geen extra positieve emoties tijdens een therapiesessie. Maliniowski, et al. (2018) verzamelde bloedmonsters voor en na een therapiesessie en vergeleek de cortisol en oxytocine waarden. Ook zij concludeerde dat een paard geen stress ondervond van de therapiesessie. Het welzijn van het paard verslechterde niet maar werd ook niet beter.

Een andere ontwikkeling voor het meten van welzijn is het gebruik van versnellingsmeters. Een versnellingsmeter is een sensor die frequentie, intensiteit en richting van de versnelling van een object kan meten (Victorino et al., 2018). Door de verplaatsing van de sensor genereren kleine kristallen in de sensor een spanning. Door de grote van de spanning te interpreteren kan de snelheid en oriëntatie van de beweging bepaald worden. Afhankelijk van het aantal sensoren in de versnellingsmeter kan een beweging in één tot drie assen (x-, y- en z-as) gemeten worden (Chapa et al., 2020). Hieruit kan de gemiddelde **versnelling (g)** of de hoeveelheid **versnellingen per minuut (vmp)** bepaald worden. Een Actigraph is een voorbeeld van een dergelijke sensor. De Actigraph werkt met het programma Actilife 6, dat deze versnellingen omzet in activity counts die weergegeven worden over epochs van 10 seconden. Door deze activity counts te gebruiken kan de intensiteit van de beweging tijdens een training of therapiesessie worden gemeten. Deze informatie helpt bij het bepalen van het fysieke welzijn van het paard.

Versnellingssensoren zijn onder andere gebruikt voor activiteiten metingen bij honden (Kumpulainen et al., 2021; Morrison et al., 2013; Hansen et al., 2007), katten (Lascelles, et al., 2008) en varkens (Chapa et al., 2020). Versnellingsmeters worden ook bij mensen gebruikt waarbij sensoren aangebracht op het onderbeen en onderrug de hoogste accuraatheid hebben voor stappentellers. Hierbij werd geconcludeerd dat het dragen van meerderen sensoren voor het meten van dezelfde bewegingen de accuraatheid van het metingen niet dusdanig verbetert om het ongemak van het dragen van meerdere sensoren te compenseren (Bouten et al., 1997). Het gebruik van sensoren op paarden komt steeds meer voor, waarbij de vraag waar deze het beste geplaatst kunnen worden centraal staat.

In het onderzoek van Maisonpierre et al. (2019) werd de versnellingsmeter aan de halsters bij de kruin van het paard vastgemaakt. Hierbij werd gekeken naar meetbare verschillen tussen staan, grazen en rondlopen. Maisonpierre vond de afkapwaarden voor staan (≤ 127.6 vpm), grazen ($126.7-702.7$ vpm) en rondlopen (≥ 702.7 vpm). Bij dit onderzoek is geen onderscheid gemaakt voor gedragingen als drinken en zelfverzorging van het paard, deze gedragingen zijn waarschijnlijk bij grazen inbegrepen. Daarnaast zijn de gangen draf en galop ook niet meegenomen in dit onderzoek.

Morrison et al. (2015) gebruikte twee sensorlocaties in hun onderzoek, de kruin en de schoft. Beide locaties meten een andere gemiddelde versnelling per minuut voor dezelfde activiteit. Morrison bepaalde de afkapwaarden voor het meten vanuit de kruin voor stilstaand gedrag (≤ 707 vpm), gemiddelde fysieke activiteit ($1546-2609$ vpm) en intensieve fysieke activiteit (≥ 2610 vpm). Voor het meten vanuit de schoft bepaalde hij de afkapwaarden voor stilstaand gedrag (≤ 47 vpm), gemiddelde fysieke activiteit ($967-2424$ vpm) en intensieve fysieke activiteit (≥ 2425 vpm).

In het onderzoek van Burla et al. (2014) werd de versnellingsmeter met een riem aan de pijp boven de kogel van het linker voorbeen geplaatst. Hierbij is een laagje schuim tussen de versnellingsmeter en het been gebruikt om te voorkomen dat de stevig vastgebonden versnellingsmeter verwonding aan het been toebracht. Burla vond de afkapwaarden voor niet-IJslandse paarden en pony's voor staan ($0.0-2.63$ g), lopen ($2.63-10.78$ g), draf ($10.78-19.13$ g) en galop (≥ 19.13 g). Uit dit onderzoek bleek dat er een verschil zat in IJslandse paarden en pony's en niet-IJslandse paarden en pony's. In het onderzoek van Bachmann et al. (2014), hoewel niet met een versnellingsmeter maar met een stappenteller, werd ook de voorkeur gegeven om deze aan het voorbeen te bevestigen.

Fries et al. (2016) gebruikte vier verschillende locaties op het paard voor zijn metingen, de kruin, de schoft, de kroonrand van het linker voorbeen, en de pijp van het linker achterbeen. Hier is gevonden dat alleen de sensor op het hoofd (kruin) het verschil tussen vrij lopen in de paddock en grazen kon meten, maar niet het verschil tussen grazen en lopen (3 km/u). De sensor op het hoofd kon het verschil tussen snel lopen (8 km/u) en draf ook niet meten. De sensoren op het voorbeen en de schoft konden niet het verschil meten tussen lopen met een snelheid van 4 en 5 km/u en tussen 6 en 8 km/u . Alleen de sensor op het achterbeen kon een lineaire correlatie vinden tussen de loopsnelheid en de gemeten versnellingen per minuut.

Het gebruik van sensoren veroorzaakt geen verandering in het gedrag van paarden. Sommige paarden kunnen echter een korte tijd over de grond rollen vlak na het plaatsen van een sensor bij de kruin of schoft maar raken er snel aan gewend. Echter is vaak niet alleen de medewerking van het paard nodig. De eigenaren van het paard hebben een voorkeur voor sensorlocaties en willen niet altijd voor elke locatie toestemming verlenen. De schoft had de meeste voorkeur van de eigenaren en het achterbeen had de minste voorkeur (Morrison, et al., 2015).

Het doel van dit onderzoek was om de Actigraph sensoren te valideren voor gebruik bij paarden, omdat deze sensoren nog niet eerder gevalideerd zijn voor het bepalen van de gangen bij paarden. Het onderzoek richtte zich op de bevestigingslocatie van de sensor op het paard en de bevestiging aan het paard. Daarnaast zijn de afkapwaarden die bij de gangen stilstand, stap, draf en galop horen onderzocht op een zachte ondergrond. Ook werd er onderzocht of er een verschil in afkapwaarde is in de gang stap tussen een harde- en zachte ondergrond.

Na dit onderzoek zullen de sensoren gebruikt worden in een groter onderzoek bij therapie- en coaching paarden. Het doel van dat onderzoek is het in kaart brengen wat de impact op het paard is als deze wordt ingezet als therapie- of coaching paard. Hierbij wordt er gekeken naar de intensiteit van de therapie- en coaching sessies voor de paarden en naar uitingen van stress door de paarden tijdens de sessies. Deze aspecten zijn zeer belangrijk om het welzijn van de therapie- en coaching paarden te kunnen waarborgen. De afkapwaarden van de gangen zullen gebruikt worden om de fysieke intensiteit van de sessies te meten.

2. Materiaal en Methode

2.1 Afbakening onderzoek

Het doel van dit onderzoek was het valideren van de Actigraph sensor en het bepalen van de beste locatie op het paard met bijbehorende manier van bevestigen op het paard. Het doel van de validatie was het bepalen, aan de hand van afkapwaarden, in welke gang (stilstand, stap, draf, galop) een paard zich bevond. In de periode van februari 2022 tot en met juli 2022 werd een veldonderzoek uitgevoerd ondersteund met bestaande literatuur. In dit veldonderzoek is gezocht naar de afkapwaarden voor de gangen stap, draf en galop. Dit is onderzocht voor paarden op een zachte ondergrond, vanwege het feit dat deze ondergrond gebruikelijk is tijdens therapie- en coaching sessies. Tijdens een therapie- of coaching sessie zal een paard niet op een harde ondergrond hoeven draven of galopperen, waardoor dit niet relevant was voor het onderzoek. De afkapwaarden voor de gang stap zijn ook bepaald voor een harde ondergrond aangezien de therapiepaarden in deze gang wel ingezet kunnen worden op een harde ondergrond.

Aan de hand van bovenstaande criteria zijn de volgende hoofd- en deelvragen opgesteld:

Welke locatie(s) van de Actigraph sensor op het paard is/zijn het meest geschikt voor het meten van de gangen van het paard en welke afkapwaarden horen bij stilstand, stap, draf en galop?

Deelvraag 1: Welke locaties van de Actigraph sensor op een paard zijn het meest geschikt voor het meten van de gangen van een paard?

Deelvraag 2: Wat zijn de afkapwaarden voor de verschillende gangen van een paard op een zachte ondergrond?

- 2.a. Wat is de afkapwaarde voor stilstand?
- 2.b. Wat is de afkapwaarde voor stap?
- 2.c. Wat is de afkapwaarde voor draf?
- 2.d. Wat is de afkapwaarde voor galop?

Deelvraag 3: Is er een verschil in de afkapwaarden in de stap tussen een harde- en een zachte ondergrond?

2.2 Criteria dieren en bedrijven

Van alle 23 paarden die meededen in het onderzoek is het geslacht, de leeftijd, de stokmaat, het ras en het beslag genoteerd (zie bijlage 1). De paarden die gebruikt zijn in het onderzoek waren minimaal 3 jaar en maximaal 24 jaar oud en hadden een schofthoogte van minimaal 140 cm en maximaal 180 cm. De gebruikte dieren waren geen gangenpaarden. Deze criteria waren vastgesteld zodat er paarden van verschillende rassen gebruikt konden worden, maar de proefdieren niet te veel van elkaar verschilden. Gangenpaarden werden uitgesloten, omdat deze extra gangen hebben buiten de stap, draf en galop waardoor het lastig is om de normale gangen goed te kunnen meten. Om de paarden zo normaal mogelijk te laten bewegen werden de handelingen rondom de paarden zo veel mogelijk door bekenden van de paarden gedaan (Burla et al., 2014). Een criterium voor de bedrijven die aan het onderzoek meededen was een rijbak met een afmeting van minimaal 20 m x 40 m of een longecirkel met een doorsnede van ongeveer 15 meter voor het uitvoeren van de metingen.

2.3 Onderzoeksopzet

Voor het onderzoek zijn vier wGT3X-BT sensoren van Actigraph gebruikt. De wGT3X-BT sensoren hadden een grootte van 46 mm x 33 mm x 15 mm en wogen ± 26 gram. Versnellingen werden in 3 richtingen gemeten, deze richtingen zijn gedefinieerd als de X-, Y- en Z-assen. De sensoren werden ingesteld op een meetsnelheid van 30 Hz, wat voor gebruik bij mensen standaard is en overeenkomt met voorgaande onderzoeken van Morrison (2015) en Fries et al. (2016). De sensoren waren elk gekalibreerd op de atoomklok zodat de tijden op alle sensoren gelijklieden. De overige gebruikte middelen zijn te vinden in bijlage 2.

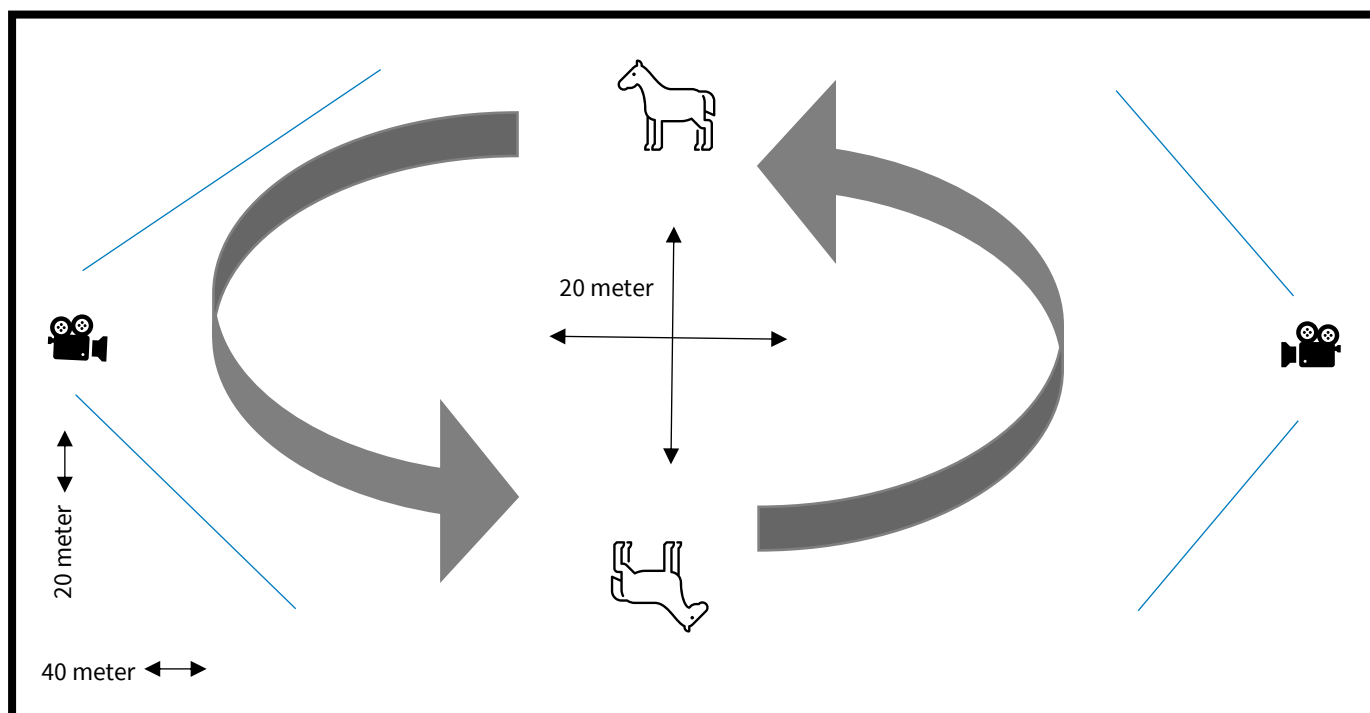
De sensoren werden aan het paard bevestigd bij de schoft, de kruin van het hoofd, de buitenkant van het pijpbeen van het linker voorbeen en de staartwortel. Vanuit de literatuur werden de benen en de schoft als geschikte locaties gezien. Het hoofd en de schoft werden door de opdrachtgever aangegeven als voorkeurslocatie voor het bevestigen van de sensoren. Hierbij was de staartwortel toegevoegd om eventuele stress-gerelateerde bewegingen van de staart aan te kunnen tonen. De sensoren waren bevestigd met tape aan de singel, het hoofdstel en de peesbeschermer (zie bijlage 3). Voor het bevestigen aan de staartwortel werd de sensor in een staartbandage gewikkeld. Hierbij was het belangrijk dat de sensoren de bewegingen van het paard zo nauwkeurig mogelijk volgden.

Het onderzoek is uitgevoerd in een afgesloten rijbak met afmetingen 20 bij 40 m of een longeercirkel. Alle bewegingen in de rijbak of longeercirkel zijn vastgelegd met twee videocamera's. De cameraopstelling was bedoeld om de bewegingen van de paarden vast te leggen tijdens de metingen om zodoende de beelden te kunnen vergelijken met de verzamelde sensordata. De opstelling met twee camera's was bedoeld om de paarden te allen tijde goed in beeld te houden. Om de camerabeelden te vergelijken met de verzamelde sensordata en de tijden te synchroniseren is bij elke sessie de atoomklok in beeld gebracht en de videotijd gekoppeld aan de atoomtijd. Door de plaatsing van de camera's op een statief waren de beelden zo stabiel en uniform als mogelijk. De locatie van de camera's was niet vast en kon naar gelang de situatie worden aangepast, belangrijk hierbij was dat het paard altijd in beeld was op minimaal één camera. De opgehaalde sensordata konden daardoor vergeleken worden met de gefilmde situatie zodat de verschillen tussen de gangen ook visueel vastgesteld konden worden.

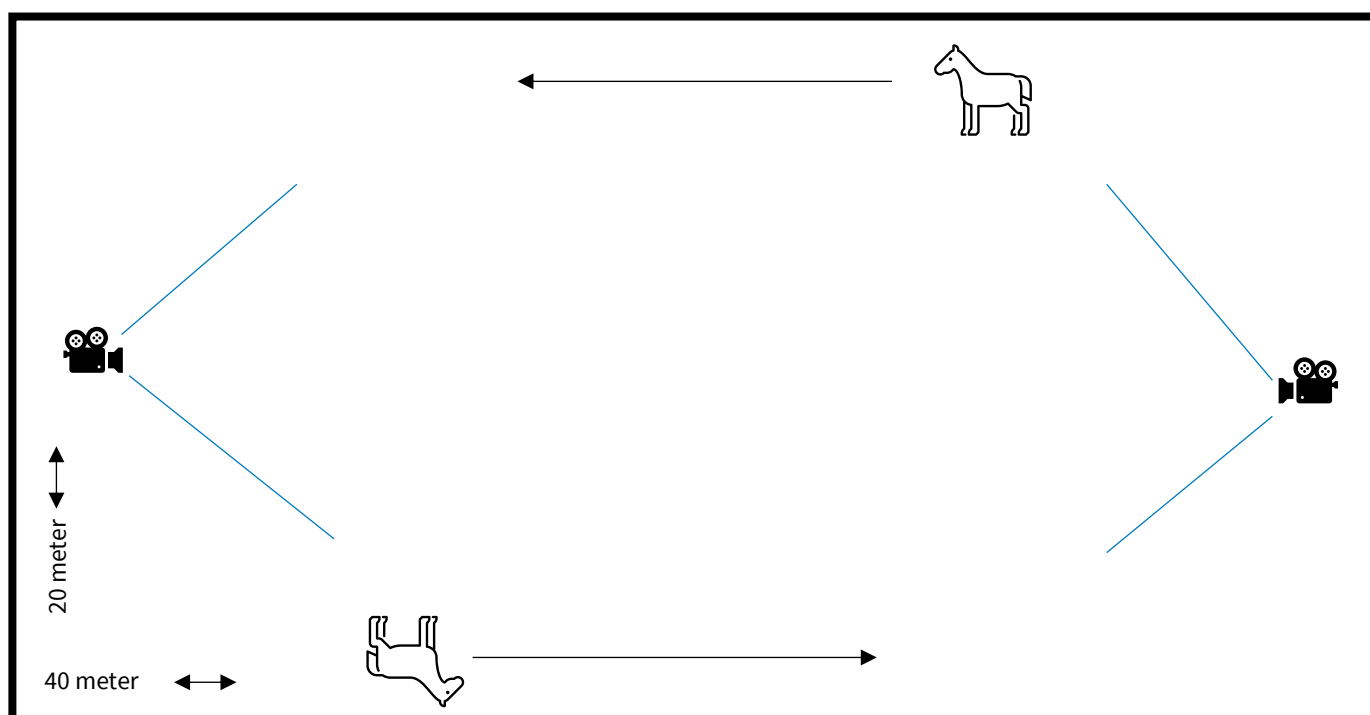
De meetsessies begonnen met situatie 1 (zie: figuur 2.1) waarbij het paard gedurende 2 minuten linksom en 2 minuten rechtsom in een volte draafde aan de longeerlijn. Hierna werd het paard (indien mogelijk) aangespoord tot galop en liep het paard 1 minuut rechtsom en 1 minuut linksom. Afhankelijk van de conditie van het paard en de omgevingstemperatuur kreeg het paard een moment rust tussen de verschillende gangen.

Na de draf en galop werd aangevangen met situatie 2 (zie: figuur 2.2), hier heeft het paard 4 minuten op een zachte ondergrond gestapt. Vervolgens heeft het paard 4 minuten gestapt op een harde ondergrond (bestrating of asfalt). Daarna werd de stilstand gemeten door het paard 4 minuten zo stil mogelijk te laten staan. Dit werd aan een longeerlijn gedaan met voldoende ruimte om eventuele hoofdbewegingen toe te staan.

Na de eerste meetdag (10 paarden) werd de 4 minuten durende meting voor de stilstand en stap ingekort naar 2 minuten. De waarden werden per paard gemiddeld voor de toetsen, hierbij bleek weinig verschil in de gemiddeldes van de 2 en 4 minuten. Om deze reden is de meettijd voor de stilstand en stap na de eerste meetdag gelijkgesteld aan de meettijd van de draf.



Figuur 2.1. Schematische weergave rijbak en proefopstelling gangen: draf & galop



Figuur 2.2. Schematische weergave rijbak en proefopstelling gang: stap

2.4 Dataverwerking

Het uitlezen van de sensoren ging met behulp van het programma Actilife 6. Verzamelde data van de sensoren konden enkel met het programma Actilife 6 ingezien en/of omgezet worden naar bewerkbare sensordata. Hierbij zijn de ruwe meetwaarden van de sensoren (versnelling in de x-, y- en z-richting), gemeten op 30 Hz, door het Actilife 6 programma omgezet naar activity counts over epochs van 10 seconden. Hoe het programma van de ruwe sensordata tot activity counts komt is onbekend, het bedrijf Actigraph wil deze gegevens niet publiekelijk delen. Om van de activity counts in drie richtingen (x-, y- en z-as) een enkele waarde te maken zijn deze omgezet tot een vector magnitude waarde (volgens de formule; $\sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$). De vector magnitude geeft de resulterende sterke van de beweging aan.

Voordat de sensordata geanalyseerd konden worden zijn er eerst beslissingen genomen over welke verzamelde data gebruikt konden worden. Hierbij waren de videobeelden leidend. Er is rekening gehouden met een aantal criteria bij het bekijken van de videobeelden en het uitsorteren van de sensordata per gang. Doordat de sensordata in epochs van 10 seconden is geëxporteerd uit Actilife 6 wordt er gewerkt met tijdsloten van 10 seconden.

Een epoch werd niet meegenomen in de data wanneer:

- het paard 3 stappen of meer had gezet binnen de 10 seconden bij de gang stilstand, waarbij alle richtingen werden meegenomen;
- het paard een korte draai maakte tijdens de stap;
- het paard bokte, een gekke sprong maakte of een andere gang vertoonde binnen het tijdslot in de gangen stap, draf en galop.

De data zijn weergegeven per sensor om te bepalen welke sensor het beste de gangen kon onderscheiden. Daarna zijn de data weergegeven per gang waarbij bij de gangen draf en galop links- en rechtsom zijn gescheiden, omdat het paard in een cirkel liep. Hierdoor kon er gekeken worden of er een verschil is in meetwaarden tussen links- en rechtsom bewegen. Daarnaast is er bij de stap op een harde- en een zachte ondergrond gemeten. Deze data zijn ook gescheiden gehouden zodat er getoetst kon worden of er een significant verschil is in meetwaarden tussen een harde- en zachte ondergrond in de gang stap.

2.5 Data analyse

De verkregen resultaten zijn getoetst met behulp van SPSS 26. Er is gekeken naar het verschil tussen de gangen en de bijbehoren afkapwaarden. Verder is er gekeken naar een eventueel verschil tussen ondergronden en tussen looprichtingen in de longeercirkel.

2.5.1 Verschil tussen de gangen

Per sensorlocatie (kruin, schoft, voorbeen en staartwortel) is getoetst of er een verschil is tussen de verkregen meetwaarden van de verschillende gangen (stilstand, stap, draf en galop). In SPSS zijn de cases gegroepeerd en samengevoegd tot één case per paard. Het verschil tussen de gangen is vervolgens getoetst door middel van een One-Way ANOVA toets, waarbij de vector magnitude waarde de response variabele is en de gang waarin het paard zich bevindt de verklarende variabele. Hieruit is geconcludeerd of er een verschil in de activity counts is tussen de gangen. Met behulp van een Games-Howell post hoc toets is bepaald welke gangen van elkaar verschillen.

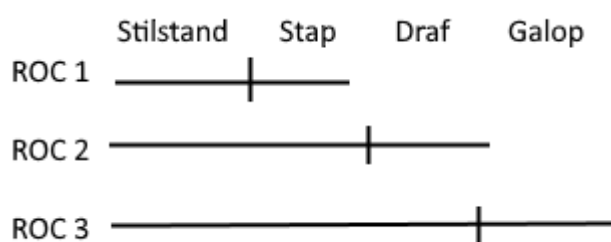
2.5.2 Verschil tussen ondergrond en verschil tussen looprichting

De data van de sensorlocaties waar een duidelijk verschil tussen de gangen werden gevonden zijn verder getoetst met behulp van SPSS om te bepalen of een harde- of zachte ondergrond invloed heeft op de activity counts in de stap. Verder is gekeken of het links- of rechtsom draven in de longeercirkel invloed op de activity counts had. Hetzelfde geldt voor de gang galop. Beide vraagstukken zijn getoetst door middel van een Paired-samples T-toets waarin de vector magnitude waarde in alle gevallen de response variabele was. De verklarende variabele was het type ondergrond of, respectievelijk, de looprichting in de longeercirkel (links- of rechtsom).

2.5.3 Afkapwaarden gangen

De data van de sensorlocaties waar een duidelijk verschil tussen de gangen werden gevonden zijn verder getoetst met behulp van SPSS om afkapwaarden tussen de gangen te bepalen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een ROC-curve. Hiervoor zijn per sensor drie ROC-curven gemaakt, één om het begin van de gang stap te bepalen, één om het begin van de gang draf te bepalen en één om het begin van de gang galop te bepalen (figuur 2.3):

- Voor het bepalen van het begin van de gang stap zijn alle vector magnitude waarden van de gangen stilstand en stap gebruikt waarbij de stap de true-value heeft gekregen;
- Voor het bepalen van het begin van de gang draf zijn alle vector magnitude waarden van de gangen stilstand, stap en draf gebruikt waarbij draf de true-value heeft gekregen;
- Voor het bepalen van de waarden voor het begin van de gang galop zijn alle vector magnitude waarden gebruikt waarbij galop de true-value heeft gekregen.



Figuur 2.3 Visualisatie van de gebruikte waarden voor het maken van de afkapwaarden. Waarden rechts van de verticale lijn hebben de true-value gekregen voor het maken van een ROC-curve. De eindwaarde van een gang is hetzelfde als de beginwaarde van de opeenvolgende gang.

De afkapwaarde is de vector magnitude waarde die hoort bij het punt waar het grootste verschil tussen de sensitiviteit en 1-specificiteit zich bevindt. Sensitiviteit is hoe vaak een juiste waarde ook juist wordt gerekend. De specificiteit is hoe vaak een foute waarde ook fout wordt gerekend. Deze waarde kon door SPSS berekend worden met behulp van een ROC-analyse. Hierbij was de vector magnitude waarde de test-variabele en de gang waarin het paard zich bevond de state-variabele. De true-value was hiervoor hetzelfde als bij de ROC-curven.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de volgende resultaten beschreven:

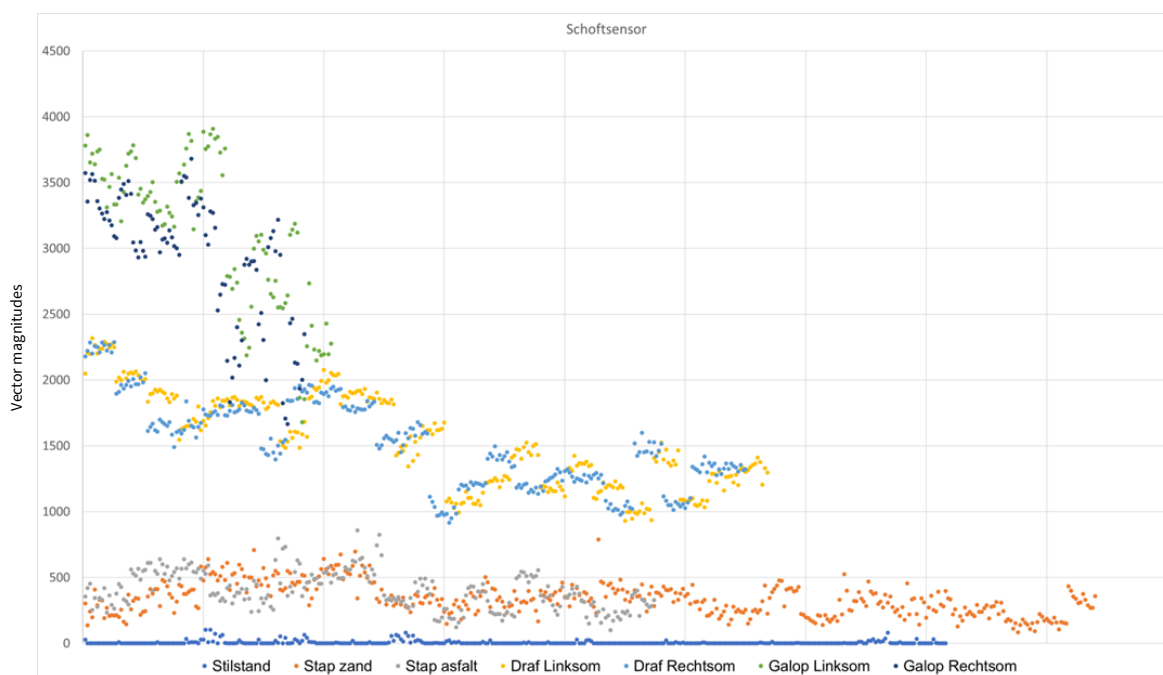
- het verschil in gemiddelde vector magnitude waarden tussen de gangen per sensorlocatie;
- de afkapwaarden van de vector magnitude waarden die bij de verschillende sensoren horen;
- het verschil van de gemiddelde vector magnitude waarden tussen de verschillende ondergronden en de verschillende looprichtingen.

3.1 Verschil tussen de gangen per sensorlocatie

3.1.1 Sensor aan de schoft

De vector magnitude van de activity counts is te zien in figuur 3.1. De vector magnitude waarde verschilt tussen de gangen van een paard, $F(3.86) = 348,30$; $p = .000$. De post hoc Games-Howell toets toont verschillen tussen alle gangen:

- stilstand en stap ($p = .000$);
- stilstand en draf ($p = .000$);
- stilstand en galop ($p = .000$);
- stap en draf ($p = .000$);
- stap en galop ($p = .000$);
- draf en galop ($p = .000$).

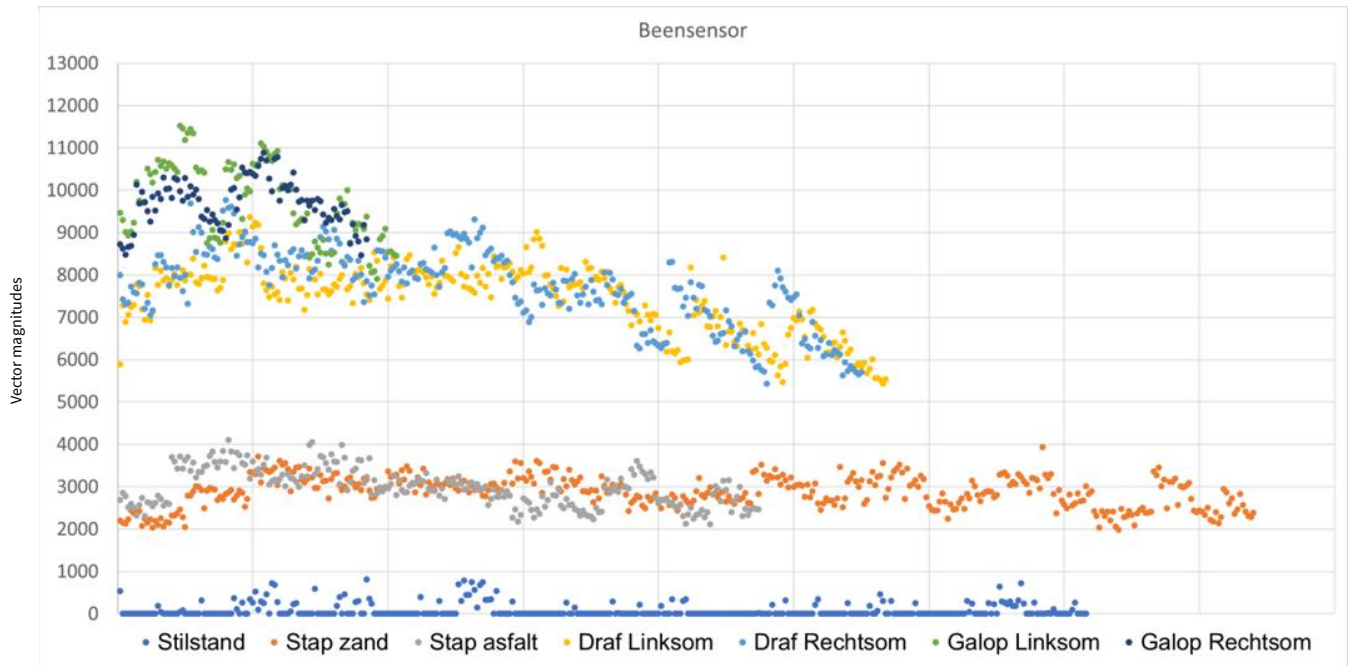


Figuur 3.1 Puntenwolk van de sensor aan de schoft van de vector magnitude voor stilstand, voor stap op harde- en zachte ondergrond en voor draf en galop links- en rechtsom. Op de Y-as staat de vector magnitude van de activity counts.

3.1.2 Sensor aan het been

De vector magnitude van de activity counts is te zien in figuur 3.2. Er is een significant verschil in vector magnitude waarden van de verschillende gangen van een paard, $F(3.86) = 1315,13$; $p = .000$. De post hoc toets Games-Howell toont verschillen tussen alle gangen:

- stilstand en stap ($p = .000$);
- stilstand en draf ($p = .000$);
- stilstand en galop ($p = .000$);
- stap en draf ($p = .000$);
- stap en galop ($p = .000$);
- draf en galop ($p = .000$).



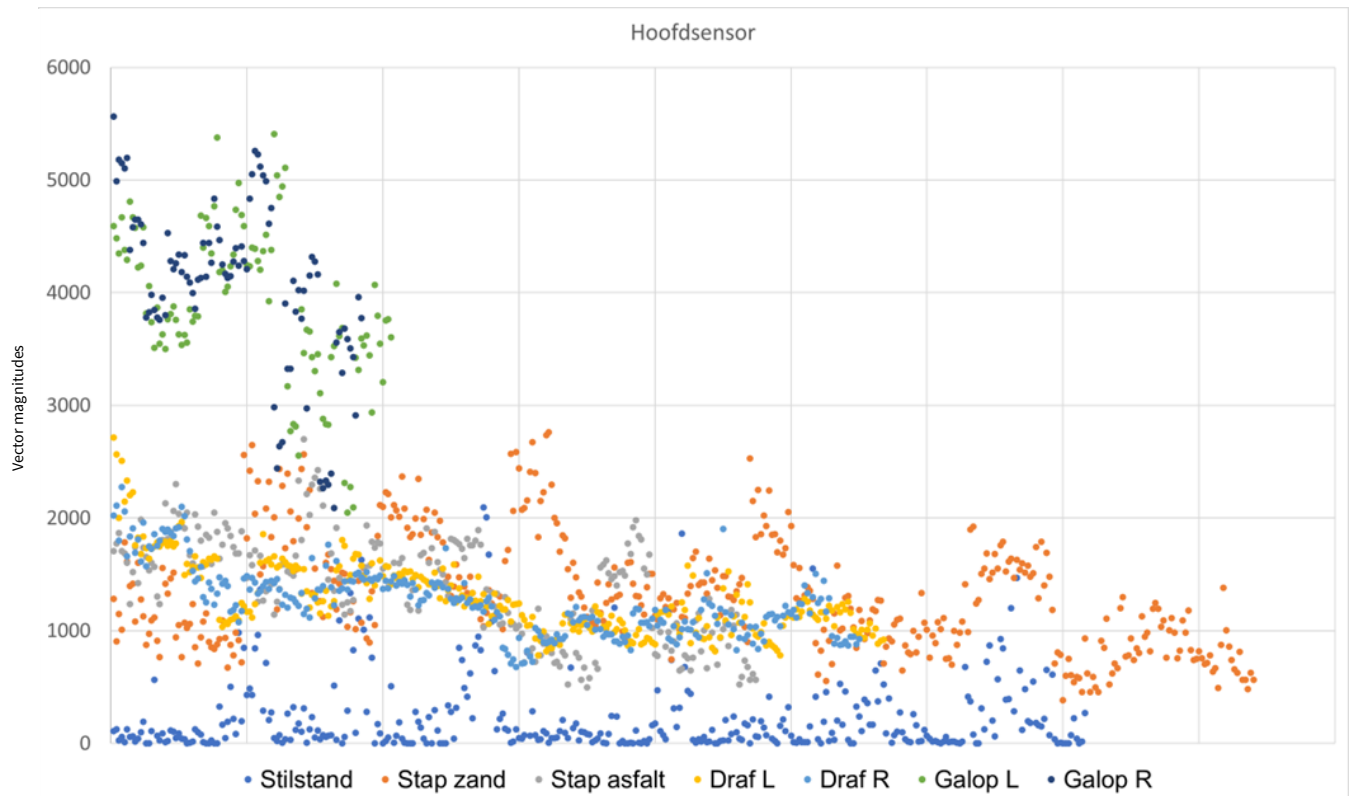
Figuur 3.2 Puntenwolk van de sensor aan het been van de vector magnitude voor stilstand, voor stap op harde en zachte ondergrond en voor draf en galop linksom en rechtsom. Op de Y-as staat de vector magnitude van de activity counts.

3.1.3 Sensor aan het hoofd

De vector magnitude van de activity counts uit de sensor aan het hoofd zijn te zien in figuur 3.3. Er is een verschil in vector magnitude waarde is tussen de verschillende gangen van een paard, $F(3.86) = 258,19$; $p = .000$. De post hoc Games-Howell toets toont significante verschillen tussen de gangen:

- stilstand en stap ($p = .000$);
- stilstand en draf ($p = .000$);
- stilstand en galop ($p = .000$);
- stap en galop ($p = .000$);
- draf en galop ($p = .000$).

Tussen de gangen stap en draf is er geen verschil gevonden in vector magnitude waarden ($p = .965$).

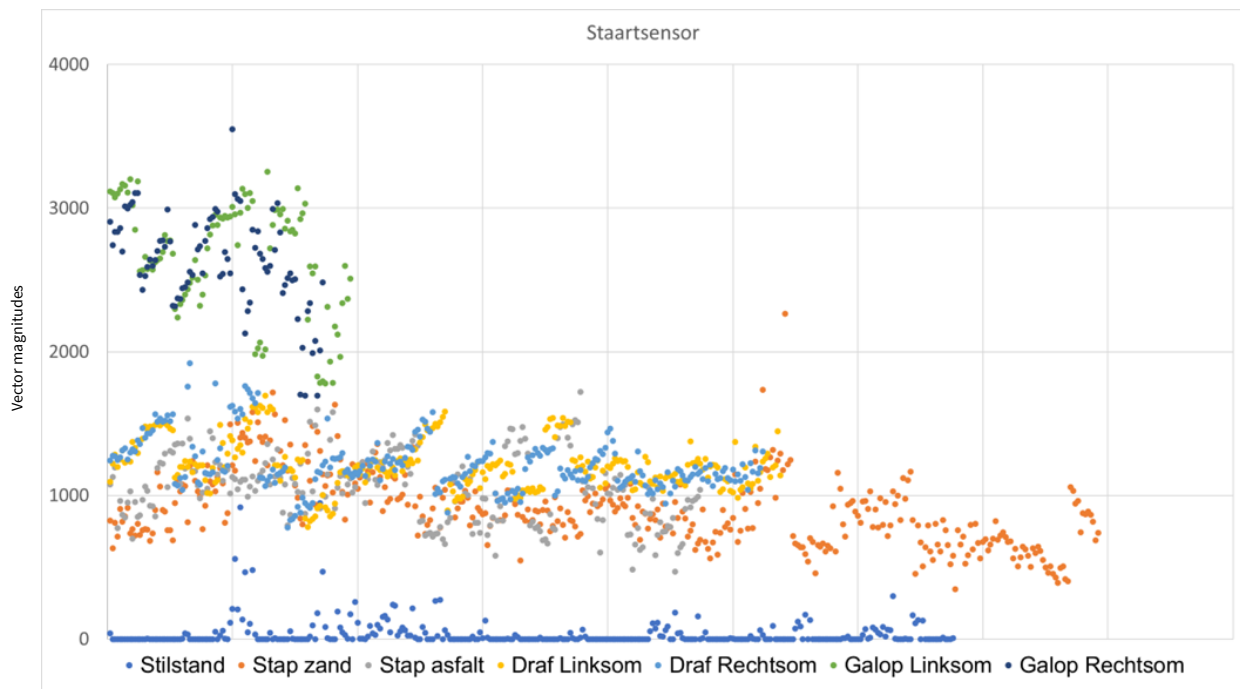


Figuur 3.3 Puntenwolk van de sensor aan het hoofd van de vector magnitude voor stilstand, voor stap op harde en zachte ondergrond en voor draf en galop linksom en rechtsom. Op de Y-as staat de vector magnitude van de activity counts.

3.1.4 Sensor aan de staart

De vector magnitude van de activity counts is te zien in figuur 3.4. Er is verschil in vector magnitude waarden tussen de verschillende gangen van een paard, $F(3.82) = 448,23$; $p = .000$. De post hoc Games-Howell toets toont verschillen tussen alle gangen:

- stilstand en stap ($p = .000$);
- stilstand en draf ($p = .000$);
- stilstand en galop ($p = .000$);
- stap en draf ($p = .000$);
- stap en galop ($p = .000$);
- draf en galop ($p = .000$).



Figuur 3.4 Puntenwolk van de sensor aan de staart van de vector magnitude voor stilstand, voor stap op harde en zachte ondergrond en voor draf en galop linksom en rechtsom. Op de Y-as staat de vector magnitude van de activity counts.

3.2 Afkapwaarden

De afkapwaarden voor de gangen zijn bepaald door middel van een ROC-curve. De afkapwaarde is de waarde die hoort bij het grootste verschil tussen de “sensitiviteit” en de “1-specificiteit”. Deze waarde is vervolgens bevestigd door een ROC-analyse. Afkapwaarden zijn bepaald voor de schoft- en de sensor aan het been. De afkapwaarde voor het einde van een gang is gelijk aan de afkapwaarde voor het begin van de volgende gang.

3.2.1 Sensor aan de schoft

De gemeten activity counts in de stap en draf met de sensor aan de schoft hadden geen overlap met elkaar. De gemeten activity counts in de galop hadden wel overlap met de waarden uit de draf (figuur 3.1). De afkapwaarden zijn bepaald op activity counts. Hierbij zijn de afkapwaarden, afgerond op gehele getallen, voor het begin van de gang (zie figuur 3.5):

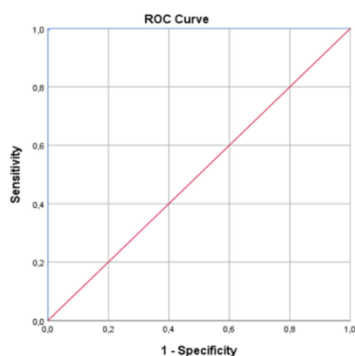
- stap 105 met sensitiviteit 99,5% en specificiteit 100%;
- draf 887 met sensitiviteit 100% en specificiteit 100%;
- galop 1997 met sensitiviteit 95,9% en specificiteit 97,1%.

3.2.2 Sensor aan het been

De gemeten activity counts in de stap en draf met de sensor aan het been hadden geen overlap met elkaar. De gemeten activity counts in de galop hadden overlap met de waarden uit de draf (figuur 3.2). De afkapwaarden zijn bepaald op activity counts. Hierbij zijn de afkapwaarden, afgerond op gehele getallen, voor het begin van de gang (zie figuur 3.6):

- stap 1397 met sensitiviteit 100% en specificiteit 100%;
- draf 4767 met sensitiviteit 100% en specificiteit 100%;
- galop 8417 met sensitiviteit 97,4% en specificiteit 94,4%.

Begin Stap



Coordinates of the Curve

Test Result Variable(s): VM_beginstap

Positive if Greater Than or Equal To ^a	Sensitivity	1 - Specificity
83,00	1,000	,006
88,50	,998	,006
96,50	,997	,006
101,50	,995	,006
102,50	,995	,003
104,50	,995	,000
107,00	,994	,000
109,50	,992	,000
116,50	,991	,000
124,50	,989	,000
132,00	,988	,000
137,50	,986	,000
138,50	,985	,000
140,00	,983	,000
141,50	,982	,000

Area Under the Curve

Test Result Variable(s): VM_beginstap

Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1,000	,000	,000	1,000	1,000

- a. Under the nonparametric assumption
b. Null hypothesis: true area = 0.5

Classifier Evaluation Metrics

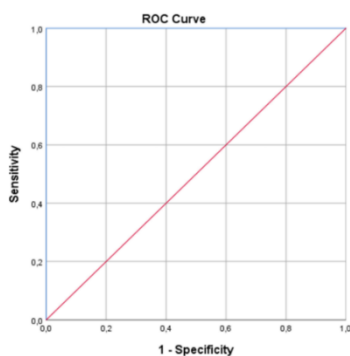
Test Result Variable(s): VM_beginstap

K-S Statistics

Gini Index	Max K-S ^a	Cutoff ^b
1,000	,995	104,50

- a. The maximum Kolmogorov-Smirnov (K-S) metric.
b. In case of multiple cutoff values associated with Max K-S, the largest one is reported.

Begin Draf



Coordinates of the Curve

Test Result Variable(s): VM_begindraf

Positive if Greater Than or Equal To ^a	Sensitivity	1 - Specificity
714,00	1,000	,007
727,00	1,000	,006
739,00	1,000	,005
767,00	1,000	,004
793,50	1,000	,003
811,00	1,000	,002
841,00	1,000	,001
887,00	1,000	,000
923,50	,998	,000
933,50	,996	,000
941,50	,995	,000
948,50	,993	,000
959,50	,991	,000
971,00	,989	,000
975,00	,987	,000

Area Under the Curve

Test Result Variable(s): VM_begindraf

Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1,000	,000	,000	1,000	1,000

- a. Under the nonparametric assumption
b. Null hypothesis: true area = 0.5

Classifier Evaluation Metrics

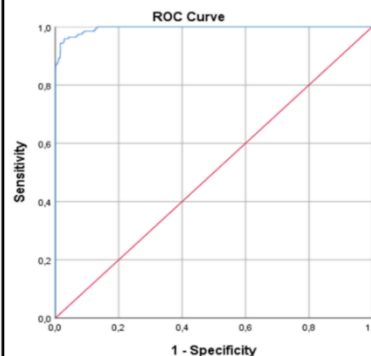
Test Result Variable(s): VM_begindraf

K-S Statistics

Gini Index	Max K-S ^a	Cutoff ^b
1,000	1,000	887,00

- a. The maximum Kolmogorov-Smirnov (K-S) metric.
b. In case of multiple cutoff values associated with Max K-S, the largest one is reported.

Begin Galop



Coordinates of the Curve

Test Result Variable(s): VM_beginalgop

Positive if Greater Than or Equal To ^a	Sensitivity	1 - Specificity
1969,00	,959	,034
1975,50	,959	,033
1981,50	,959	,032
1985,00	,959	,032
1988,50	,959	,031
1991,00	,959	,030
1994,00	,959	,030
1996,50	,959	,029
1999,00	,954	,029
2000,50	,954	,028
2004,00	,949	,028
2007,50	,949	,027
2008,50	,949	,027
2010,50	,949	,026
2015,00	,949	,025

Area Under the Curve

Test Result Variable(s): VM_beginalgop

Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
,995	,001	,000	,992	,998

The test result variable(s): VM_beginalgop has at least one tie between the positive actual state group and the negative actual state group. Statistics may be biased.

- a. Under the nonparametric assumption
b. Null hypothesis: true area = 0.5

Classifier Evaluation Metrics

Test Result Variable(s): VM_beginalgop

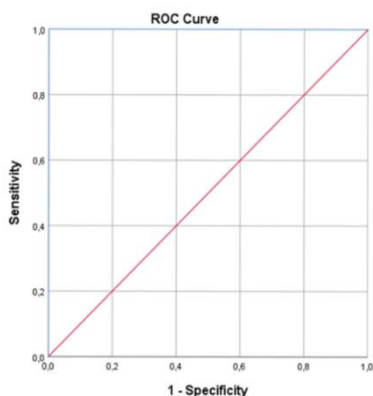
K-S Statistics

Gini Index	Max K-S ^a	Cutoff ^b
,990	,930	1996,50

- a. The maximum Kolmogorov-Smirnov (K-S) metric.
b. In case of multiple cutoff values associated with Max K-S, the largest one is reported.

Figuur 3.5 De ROC toetsen voor de sensor aan de schoft. Alleen de galop gang had overlap met de voorgaande gang. Het grootse verschil tussen de sensitiviteit en de 1-specificiteit zijn de afkapwaarden.

Begin Stap



Coordinates of the Curve

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Positive if Greater Than or Equal To ^a	Sensitivity	1 - Specificity
688,23	1,000	,020
704,14	1,000	,017
722,29	1,000	,014
738,96	1,000	,011
751,32	1,000	,008
770,06	1,000	,006
797,91	1,000	,003
1396,65	1,000	,000
2007,98	,998	,000
2035,01	,997	,000
2043,71	,995	,000
2056,36	,994	,000
2064,99	,992	,000
2072,79	,991	,000
2086,94	,989	,000

Area Under the Curve

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1,000	,000	,000	1,000	1,000

a. Under the nonparametric assumption

b. Null hypothesis: true area = 0.5

Classifier Evaluation Metrics

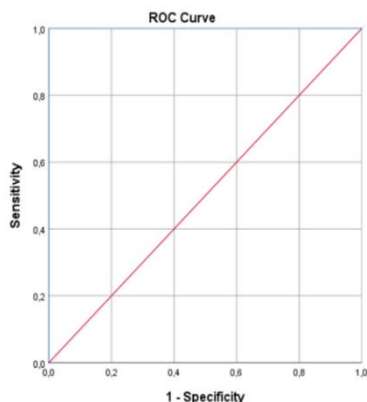
Test Result Variable(s): Vector magnitude

Gini Index	K-S Statistics	
	Max K-S ^a	Cutoff ^b
1,000	1,000	1396,65

a. The maximum Kolmogorov-Smirnov (K-S) metric.

b. In case of multiple cutoff values associated with Max K-S, the largest one is reported.

Begin Draf



Coordinates of the Curve

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Positive if Greater Than or Equal To ^a	Sensitivity	1 - Specificity
3832,42	1,000	,007
3840,48	1,000	,006
3891,02	1,000	,005
3960,72	1,000	,004
3991,19	1,000	,003
4022,41	1,000	,002
4076,89	1,000	,001
4766,77	1,000	,000
5429,99	,998	,000
5452,18	,996	,000
5502,11	,995	,000
5535,97	,993	,000
5551,55	,991	,000
5563,09	,989	,000
5595,72	,987	,000

Area Under the Curve

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1,000	,000	,000	1,000	1,000

a. Under the nonparametric assumption

b. Null hypothesis: true area = 0.5

Classifier Evaluation Metrics

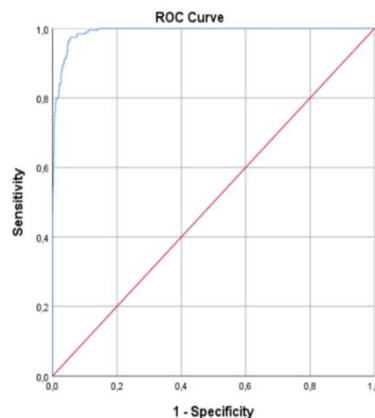
Test Result Variable(s): Vector magnitude

Gini Index	K-S Statistics	
	Max K-S ^a	Cutoff ^b
1,000	1,000	4766,77

a. The maximum Kolmogorov-Smirnov (K-S) metric.

b. In case of multiple cutoff values associated with Max K-S, the largest one is reported.

Begin Galop



Coordinates of the Curve

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Positive if Greater Than or Equal To ^a	Sensitivity	1 - Specificity
8381,87	,974	,060
8384,97	,974	,060
8396,64	,974	,059
8409,42	,974	,058
8410,74	,974	,058
8411,29	,974	,057
8413,82	,974	,057
8417,02	,974	,056
8420,94	,969	,056
8429,30	,969	,055
8438,93	,969	,055
8444,72	,969	,054
8448,41	,969	,053
8450,41	,964	,053
8451,10	,964	,053

Area Under the Curve

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Area	Std. Error ^a	Asymptotic Sig. ^b	Asymptotic 95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
,990	,002	,000	,987	,994

a. Under the nonparametric assumption

b. Null hypothesis: true area = 0.5

Classifier Evaluation Metrics

Test Result Variable(s): Vector magnitude

Gini Index	K-S Statistics	
	Max K-S ^a	Cutoff ^b
,980	,918	8417,02

a. The maximum Kolmogorov-Smirnov (K-S) metric.

b. In case of multiple cutoff values associated with Max K-S, the largest one is reported.

Figuur 3.6 De ROC toetsen voor de sensor aan het been. Alleen de galop gang had overlap met de voorgaande gang. Het grootste verschil tussen de sensitiviteit en de 1-specificiteit zijn de afkapwaarden.

3.3 Verschil in ondergrond

Voor de sensor aan de schoft was er een verschil ($t(20) = 3,493$; $p = ,002$) in vector magnitude van de activity counts tussen harde ondergrond ($M = 374,95$; $SD = 130,02$) en zachte ondergrond ($M = 324,29$; $SD = 80,54$). Voor de sensor aan het been was er geen verschil ($t(20) = ,778$; $p = ,446$) tussen harde ondergrond ($M = 2913,29$; $SD = 423,42$) en zachte ondergrond ($M = 2851,70$; $SD = 312,60$).

3.4 Verschil in looprichting

3.4.1 Draf

Het verschil tussen de looprichting voor de gang draf is getoetst door middel van een Paired-samples T-test. Voor de sensor aan de schoft was het verschil tussen linksom ($M = 1537,91$; $SD = 352,90$) en rechtsom ($M = 1512,17$; $SD = 329,62$) niet significant ($t(22) = 1,703$; $p = ,103$). Voor de sensor aan het been was het verschil tussen linksom ($M = 7549,26$; $SD = 892,84$) en rechtsom ($M = 7721,57$; $SD = 916,09$) niet significant ($t(22) = -1,092$; $p = ,287$).

3.4.2 Galop

Het verschil tussen de looprichting voor de gang galop is getoetst door middel van een Paired-samples T-test. Voor de sensor aan de schoft was het verschil tussen linksom ($M = 2993,81$; $SD = 589,89$) en rechtsom ($M = 2804,10$; $SD = 541,96$) significant ($t(20) = 5,303$; $p = ,000$). Voor de sensor aan het been was het verschil tussen linksom ($M = 9587,57$; $SD = 883,86$) en rechtsom ($M = 9685,29$; $SD = 535,34$) niet significant ($t(20) = -,668$; $p = ,512$).

4. Discussie

In dit onderzoek is een Actigraph sensor gebruikt om de gangen stap, draf en galop van paarden te onderscheiden. Uit de resultaten is gebleken dat het goed mogelijk is met behulp van afkapwaarden vanuit de sensordata te bepalen of het paard stapt, draaft of galoppeert. Dit is in overeenstemming met eerder onderzoek waarbij versnellingsmeters zijn gebruikt om verschillende gangen van paarden te detecteren (Maisonpierre, et al., 2019; Morrison, et al., 2015; Burla, et al., 2014).

Voor het detecteren van de verschillende gangen zijn afkapwaarden voor de sensormetingen bepaald. De sensor op het hoofd laat op basis van de ANOVA geen verschil zien tussen de gangen stap en draf en is daardoor niet bruikbaar om te bepalen of een paard zich in één van deze 2 gangen bevindt. De sensor op de staartwortel toont in de puntenwolk een grote overlap tussen de stap en draf (figuur 3.4). Hoewel de ANOVA een verschil aantoont tussen de gangen moet deze toch afleggen tegen de betere alternatieven (de sensoren aan de schoft en aan het been) die een duidelijker verschil aantonen.

Er is geen eerder onderzoek gedaan met deze sensoren naar de verschillende gangen van een paard. Het enige vergelijkbare onderzoek dat ook met deze sensoren heeft gewerkt was het onderzoek van Maisonpierre, et al. (2019). Dat onderzoek richtte zich echter op grazen en rondlopen en niet op de andere gangen waardoor onze waarden niet getoetst kunnen worden aan andere onderzoeken.

Bij de sensor aan het been is er geen invloed van ondergrond of looprichting op de activity counts gemeten. Voor de sensor aan de schoft is dit anders. Hierbij is een verschil gevonden in activity counts tussen een zachte- en harde ondergrond in de stap en een verschil tussen de looprichtingen in de galop. Voor de gevonden afkapwaarden van de sensor aan de schoft maakt dit verschil niet uit. Alle waarden die binnen de stap en binnen de galop vallen worden ook gecategoriseerd als de juiste gang (stap: ongeacht op welke ondergrond; galop: ongeacht welke looprichting). De ondergrond en looprichting hebben dan ook geen invloed op de bepaalde afkapwaarden.

Tijdens het onderzoek werden de sensoren bediend met de lite-versie van Actilife 6. Met deze versie was het enkel mogelijk om de sensoren in te stellen, deze aan- en uit te zetten en was het mogelijk om de data te downloaden in GT3X-bestanden. Deze bestandsversie kan niet geopend worden zonder toegang tot de volledige versie van het Actilife 6 programma. Zonder de volledige versie van Actilife 6 is het niet mogelijk de bestanden in te zien. Ook is het niet mogelijk om afkapwaarden in te voeren in de lite-versie.

Databestanden die in Actilife 6 worden geopend zijn niet bewerkbaar. Dit betekent dat foutieve metingen er niet tussenuit geknipt kunnen worden. Het programma heeft de mogelijkheid om alle data te exporteren met verschillende formats waardoor je de data ook op externe programma's (bijvoorbeeld Excel) kan bewerken. Bewerkte bestanden kunnen echter niet meer worden geïmporteerd in Actilife 6. Als ervoor gekozen wordt om de data te exporteren moet er verder ook gewerkt worden zonder het programma. Het voordeel dat exporteren met zich meebrengt is de nauwkeurigheid van werken. Actilife 6 hanteert een epoch van 60 seconden. In de geëxporteerde bestanden is het mogelijk om kleinere epochs aan te houden en foutieve data te verwijderen wat de nauwkeurigheid ten goede komt.

Bovenstaande beperkingen maken dat het programma eigenlijk niet geschikt is voor kortdurende metingen. Voor langere metingen kan het programma echter heel geschikt zijn. Aangezien het programma met een epoch van 60 seconden werkt en dit onderzoek met een epoch van 10 seconden heeft gewerkt, moeten de afkapwaarden wel omgerekend worden voordat deze bruikbaar zijn.

In onderstaande tabel staan naast elkaar de afkapwaarden voor de epoch van 10 seconden en de epoch van 60 seconden. Deze waarden zijn berekend en gecontroleerd in Excel. Vanwege de beperkte toegang van het programma en het niet kunnen uploaden van Excel-bestanden zijn deze niet gecontroleerd in Actilife 6.

Tabel 4.1 Afkapwaarden van de sensor aan de schoft en de sensor aan het been

Afkapwaarden voor de sensor aan de schoft (epoch 10 seconden)	Afkapwaarden voor de sensor aan de schoft (epoch 60 seconden)
- stilstand <105 - stap 105 - 887 - draf 887 - 1997 - galop > 1997	- stilstand < 630 - stap 630 - 5322 - draf 5332 - 11982 - galop > 11982
Afkapwaarden voor de sensor aan het voorbeen (epoch 10 seconden)	Afkapwaarden voor de sensor aan het voorbeen (epoch 60 seconden)
- stilstand < 1397 - stap 1397 - 4767 - draf 4767 - 8417 - galop > 8417	- stilstand < 8382 - stap 8382 - 28602 - draf 28602 - 50502 - galop > 50502

Er zijn drie verschillende meetdagen geweest op drie verschillende locaties. Tijdens de drie meetdagen waren de weersomstandigheden niet gelijk. Vooral op de laatste meetdag (5 paarden) was de temperatuur hoog (>25° C). Warm weer had mogelijk een klein effect op de afkapwaarden, waarbij de warmte zorgde voor lagere vector magnitude waarden van de sensoren. Dit kan verklaard worden doordat bij warm weer de paarden langzamer bewogen bij dezelfde gang. Een vergelijkbaar resultaat is gevonden door Peterson, et al. (2010), zij vonden dat racepaarden langzamer liepen bij hogere temperaturen.

Daarnaast kunnen de verschillen in zachte ondergrond bij de verschillende bedrijven invloed hebben gehad op de beweging van de paarden. In figuur 3.1 is te zien dat de eerste 10 paarden (eerste meetdag) hogere vector magnitude waarden hebben dan de rest van de paarden (tweede en derde meetdag). De zandbodem voor de metingen op een zachte ondergrond was aanmerkelijk losser bij de tweede en derde meetdag dan bij de eerste meetdag. Er wordt aangenomen dat een lossere zandbodem meer energie kost waardoor de paarden langzamer bewegen. Dit kan resulteren in lagere vector magnitude waarden.

Verder was de proefopstelling niet exact gelijk bij de verschillende locaties. Bij de eerste locatie hebben de paarden in een cirkel van ongeveer 20 meter gedraafd en gegaloppeerd. Bij de tweede en derde locatie was de doorsnede van de longecirkel ongeveer 15 meter. Aangenomen wordt dat paarden die hiervoor niet getraind zijn lastiger in een kleinere cirkel kunnen bewegen en hun snelheid daardoor niet kunnen behouden. Een sportpaard is getraind en heeft de spierkracht opgebouwd om een kleinere cirkel te maken en daarbij zijn snelheid te behouden. Een recreatie- of manegepaard daarentegen heeft deze training niet gehad. Bij de gangen draf en galop is in de puntenwolk te zien dat de eerste 10 paarden (sportpaarden) hogere vector magnitude waarden geven dan de rest van de gemeten paarden (recreatie- en manegepaarden) (zie figuur 3.1).

De verschillen in temperatuur, zandgrond en voorgaande training hebben mogelijk samen ervoor gezorgd dat de vector magnitude waarden van de galop voor de paarden op de tweede- en derde meetdag lager waren dan van de paarden op de eerste meetdag. Doordat de vector magnitude waarden in galop van de recreatie- en manegepaarden lager zijn overlappen deze met de vector magnitude waarden in draf van de sportpaarden. Hierdoor is de betrouwbaarheid van de afkapwaarde van het begin van de galop lager.

Tijdens de tweede meetdag bleek de atoomtijd incorrect te zijn weergegeven bij enkele paarden. Dit is opgelost door een specifieke beweging te zoeken (uit de gang stilstand) die vergeleken werd met de ruwe data (30 Hz waarden) uit de sensor. Aangezien er genoteerd was wanneer de sessie begon was er een globaal beeld in welk tijdsslot er gezocht moest worden en was het mogelijk de filmbeelden, met een nauwkeurigheid van 1 seconde, alsnog te koppelen aan de juiste tijd.

Aanbevelingen

Tijdens besprekingen met de opdrachtgever is naar voren gekomen dat de sensoren mogelijk gebruikt gaan worden tijdens 24-uurs metingen. Dit brengt een aantal nieuwe uitdagingen met zich mee.

De sensor aan het been en de sensor aan de schoft zijn geschikt voor (kortdurende) metingen onder supervisie bij paarden (bij dit onderzoek ongeveer 20 minuten). Hierbij geeft de sensor aan de schoft de duidelijkste resultaten (grootste verschil tussen de gangen). Bij onderzoek waarbij de sensor langdurend aan het paard bevestigd is kan dit anders uitpakken. Bij kortdurend onderzoek staat het paard onder directe observatie, hier kan ingegrepen worden als het paard gaat rollen (i.v.m. de sensor aan de schoft) of aan de sensor aan het been probeert te bijten. Bij langdurend onderzoek, waarbij er niet altijd een observant in de buurt is, kunnen sensoren beschadigd raken. In onderzoek van DuBois, et al. (2015) is een sensor op het achterbeen bij paarden geplaatst voor 48 uur met een zelfklevende tape en een luierpad om schuurwonden op het been te voorkomen. Zij concludeerde dat er geen schaafwonden of andere schade was ontstaan na 48 uur. Bij de onderzoeken van Trenel, et al. (2009) en Ledgerwood, et al. (2010) zijn sensoren langdurend (12 uur en 2,2 dagen respectievelijk) aan het achterbeen bij koeien bevestigd zonder dat hierbij schaafwonden ontstonden. Hoewel deze onderzoeken bij andere dieren zijn uitgevoerd, is de huiddikte van paarden (tot 7,0 mm (Tong, et al., 2020)) en koeien (tot $7,15 \pm 1,28$ mm (Zhang, et al., 2019)) vergelijkbaar. Naar verwachting zal de sensor geen schaafwonden bij paarden achterlaten bij langdurend onderzoek.

De bevestigingsmethoden die tijdens dit onderzoek gebruikt zijn, zijn mogelijk niet geschikt voor langdurige metingen. De bevestigingsmethode met tape is niet de sterkste bevestigingsmethode en is daardoor mogelijk niet geschikt voor langdurige onderzoeken. De sensor kan kapotgaan wanneer een paard in de sensor gaat bijten of wanneer het paard, door bijvoorbeeld rollen, met een groot gewicht op de sensor gaat liggen. Bij bevestiging op het been kan het paard de sensor ook stukmaken door met het been te slaan of door de sensor te raken met een hoef. Deze situaties brengen ook een zeker risico voor het paard met zich mee, omdat het plastic van de sensor in deze gevallen een scherpe kant kan krijgen die kan leiden tot verwondingen aan het paard.

Tijdens het onderzoek is ook gebleken dat het dopje van de sensor niet heel stevig is en dat deze bij veelvuldig gebruikt makkelijk kan beschadigen. Dit kan invloed hebben op de waterbestendigheid van de sensor. Van origine is de sensor waterdicht (IEC 60529; IP27). Als de waterdichte seal van het dopje echter beschadigd is zal deze water doorlaten waardoor de sensor stukgaat.

De problemen met de stevigheid en waterdichtheid van de sensor kunnen opgelost worden door een omhulsel te maken waarin de sensor waterdicht aan het paard bevestigd kan worden. Dit moet gedaan worden van een materiaal dat het paard niet kapot kan bijten/slaan. In het ontwerp van dit omhulsel kan rekening worden gehouden met de bevestiging aan het paard.

5. Conclusie

Op basis van de gevonden resultaten zijn de sensor aan de staart en de sensor aan het hoofd niet geschikt bevonden als meetlocaties. Deze sensoren zijn niet meegenomen in verdere berekeningen voor de afkapwaarden en voor het verschil in ondergrond en looprichting. De sensor aan de schoft en de sensor aan het voorbeen zijn wel geschikt worden voor het bepalen van de gangen.

Afkapwaarden

Voor de sensorlocatie op de schoft zijn de volgende afkapwaarden (vector magnitude van de activity counts) bepaald:

- stilstand <105;
- stap 105 - 887;
- draf 887 - 1997;
- galop > 1997.

Voor de sensorlocatie op het been zijn de volgende afkapwaarden (vector magnitude van de activity counts) bepaald:

- stilstand < 1397;
- stap 1397 - 4767;
- draf 4767 - 8417;
- galop > 8417.

Het is voor meten met Actilife 6 programma niet noodzakelijk om meer dan één sensor per paard te gebruiken. Het programma berekent de gangen per sensor. Een tweede sensor kan als controle gebruikt worden. In het geval dat er één sensor gebruikt wordt geeft de sensorlocatie op de schoft de meest duidelijke verschillen tussen de gangen.

De sensorlocatie op de schoft is het meest geschikt voor het meten van de verschillende gangen. Deze sensor heeft de grootste mate van betrouwbaarheid en heeft om deze reden voorkeur boven de sensor aan het been.

Ondergrond

Voor de sensor aan het been is in de gang stap geen verschil gevonden in vector magnitude waarden tussen een harde- en een zachte ondergrond. Bij de sensor aan de schoft is er in de gang stap een verschil gevonden in vector magnitude waarden tussen een harde- en een zachte ondergrond. Dit verschil heeft geen invloed op de afkapwaarden.

Looprichting

Voor de sensor aan het been is er geen verschil gevonden in vector magnitude waarden tussen de looprichtingen. Bij de sensor aan de schoft is er alleen verschil in vector magnitude waarden tussen de looprichtingen in de galop. Dit verschil heeft geen invloed op de afkapwaarden.

Bibliografie

- Bachmann, M., Wensch-Dorendorf, M., Hoffman, G., Steinhöfel, G., Bothendorf, S., & Kemper, N. (2014). Pedometers as supervision tools for mares in the prepartal period. *Applied Animal Behaviour Science*, 151, 51-60.
- Bouten, C., Sauren, A., Verduin, M., & Janssen, J. (1997). Effects of placement and orientation of body-fixed accelerometers on the assessment of energy expenditure during walking. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 35, 50-56.
- Burla, J., Ostertag, A., Westerath, H., & Hillman, E. (2014). Gait determination and activity measurement in horses using an accelerometer. *Computers and Electronics in Agriculture*, 102, 127-133.
- Chapa, J., Maschat, K., Iwersen, M., Baumgartner, J., & Drillich, M. (2020). Accelerometer systems as tools for health and welfare assessment in cattle and pigs. *Behavioural Processes*, 181.
- DeBose, K. G. (2015). DeBose, K. G. Therapy horses: An overview of utilizing equines in therapeutic programs. *Journal of Agricultural & Food Information*, 16(4), 353-363.
- DuBois, C., Zakrajsek, E., Haley, D., & Merkies, K. (2015). Validation of triaxial accelerometers to measure the lying behaviour of adult domestic horses. *Animal*, 9(1), 110-114.
- Fries, M., Montavon, S., Spadavecchia, C., & Levionnois, O. (2016). Evaluation of a wireless activity monitoring system to quantify locomotor activity in horses in experimental settings. *Equine Veterinary Journal*, 0425-1644, 0425-1644.
- Hansen, B., Lascelles, D., Keene, B., Adams, A., & Thomson, A. (2007). Evaluation of an accelerometer for at-home monitoring of spontaneous activity in dogs. *AJVR*, Vol 68, No. 5.
- Kastner, J., Knezevic, P., Girtler, D., & Toeltsch, M. (1990). *Die 3-dimensionale Bewegungsanalyse als klinische Methode zur Objektivierung von Lahmheiten beim Pferd*. Wenen: Klinik für Orthopädie bei Huf- und Klautentieren, Vet. Med. Universität Wien.
- Kumpulainen, P., Cardo, A., Somppi, S., Tornqvist, H., Vaataja, H., Majaranta, P., . . . Vehkoja, A. (2021). Dog behaviour classification with movement sensors placed on the harness and the collar. *Applied Animal Behaviour Science*, 24, 105393.
- Lascelles, B., Hansen, B., Thomson, A., Pierce, C., Boland, E., & Smith, E. (2008). Evaluation of a digitally integrated accelerometer-based activity monitor for the measurement of activity in cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 35, 173-183.
- Ledgerwood, D., Winckler, C., & Tucker, C. (2010). Evaluation of data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *Journal of dairy science*, 93(11), 5129-5139.
- Maisonpierre, I., Sutton, M., Harris, P., Menzies-gow, N., Weller, R., & Pfau, T. (2019). Accelerometer activity tracking in horses and the effect of pasture management on time budget. *Equine Veterinary Journal*, 425-1644.
- Maliniowski, K., Yee, C., Tevlin, J. M., Birks, E. K., Durando, M. M., Poournajafi-Nazarloo, H., . . . McKeever, K. (2018). . . & McKeever, K. H. The effects of equine assisted therapy on plasma cortisol and oxytocin concentrations and heart rate variability in horses and measures of symptoms of post-traumatic stress disorder in veterans. *Journal of equine veterinary science*, 64, 17-26.
- Mendonça, T., Bienboire-Frosini, C., Menuge, F., Leclercq, J., Lafont-Lecuelle, C., Arroub, S., & Pageat, P. (2019). The impact of equine-assisted therapy on equine behavioral and physiological responses. *Mendonça, T., Bienboire-Frosini, C., Menuge, F., Leclercq, J., Lafont-Lecuelle, C., Arroub, S., & Pageat Animals*, 9(7), 409.
- Morrison, R., Penpraze, V., Beber, A., Reilly, J., & Yam, P. (2013). Associations between obesity and physical activity in dogs: a preliminary investigation. *Journal of Small Animal Practice* 54, 570-574.
- Morrison, R., Sutton, D., Ramsay, C., Hunter-Blair, N., Carnwath, J., Horsfield, E., & Yam, P. S. (2015). Validity and practical utility of accelerometry for the measurement of in-hand physical activity in horses. *BMC Veterinary Research*, 11-233.

- Peterson, M., Reiser, R., Kuo, P., Radford, D., & McIlwraith, C. (2010). Effect of temperature on race times on a synthetic surface. *Equine veterinary journal*, 42(4), 351-357.
- Stillman, J., & Muybridge, E. (1882). *The horse in motion as shown by instantaneous photography, with a study on animamechanics founded on anatomy and the revelations of the camera, in which is demonstrated the theory of quadrupedal locomotion*. Boston: J.R. Osgood and company.
- Tong, L., Steward, M., Johnson, I., Appleyard, R., Wilson, B., James, O., . . . McGreevy, P. (2020). A Comparative Neuro-Histological Assessment of Gluteal Skin Thickness and Cutaneous Nociceptor Distribution in Horses and Humans. *Animals*, 10(11), 2094.
- Trenel, P., Jensen, M., Decker, E., & Skjoth, F. (2009). Quantifying and characterizing behavior in dairy calves using the IceTag automatic recording device. *Journal of dairy science*, 92(7), 3397-3401.
- Victorino, M., Jiang, X., & Menon, C. (2018). Wearable Technologies and Force Myography for Healthcare. *Wearable Technology in Medicine and Health Care*, 135-152.
- Zhang, H., Liu, A., Li, X., Xu, W., Shi, R., Luo, H., . . . Wang, Y. (2019). Genetic analysis of skinfold thickness and its association with body condition score and milk production traits in Chinese Holstein population. *Journal of dairy science*, 102.

Bijlage 1. Paarden

Naam	Geslacht	Leef-tijd	Ras	Schoft-hoogte (cm)	Functie	Beslag	Bijzonderheden
Chaplin	Ruin	4	Belgische warmbloed	166	Sportpaard	Geen	Geen
Leroy	Ruin	6	Nederlandse warmbloed	171	Sportpaard	Hoefijzers voor	Geen
Oakley	Hengst	3	Nederlandse warmbloed	170	Sportpaard	Hoefijzers voor	Geen
Gamble	Ruin	11	Nederlandse warmbloed	176	Sportpaard	Hoefijzers voor	Geen
Macaron	Hengst	6	Duitse warmbloed	168	Sportpaard	Hoefijzers voor en achter	Geen sensor aan de staart gebruikt
Jessy	Merrie	8	Nederlandse warmbloed	169	Sportpaard	Hoefijzers voor	Geen
Chamier	Merrie	24	Belgische warmbloed	167	Sportpaard (gepensioneerd)	Geen	Blind in het linkeroog
Zitara	Merrie	18	Nederlandse warmbloed	173	Sportpaard (gepensioneerd)	Geen	Geen
Neal	Ruin	4	Nederlandse warmbloed	172	Sportpaard	Hoefijzers voor	Geen
Leadora	Merrie	6	Nederlandse warmbloed	175	Sportpaard	Hoefijzers voor	Geen
Hugo	Ruin	14	Percheron	180	Manegepaard	Hoefijzers voor	Geen
Pandora	Merrie	16	Franse Draver	164	Manegepaard	Hoefijzers voor	Geen
Liesl	Merrie	4	Haflinger	140	Manegepaard	Geen	Geen
Heidi	Merrie	20	Haflinger	145	Manegepaard	Hoefijzers voor	Geen
Bo	Merrie	19	Spaanse warmbloed	159	Manegepaard	Hoefijzers voor	Geen
Daisy	Merrie	6	Freiberger	150	Recreatiepaard	Geen	Geen
Macho	Ruin	10	PRE	162	Recreatiepaard	Geen	Geen
Coco	Merrie	5	Barock Pinto	152	Manegepaard	Geen	Geen
Sally	Merrie	12	Connemara	148	Manegepaard	Geen	Heeft aandoening bronchitis
Blitz	Ruin	20	New Forest Pony	152	Manegepaard	Geen	Geen
Ellen	Merrie	14	Franse Draver	163	Manegepaard	Geen	Geen
Robin	Ruin	14	Paint	152	Manegepaard	Geen	Geen
Pip	Merrie	12	Irish Cob	155	Manegepaard	Hoefijzers voor	Geen

Definitie sportpaard: een paard dat bereden wordt door 1 of 2 verschillende personen en daarbij getraind wordt om deel te nemen aan dressuur- of springwedstrijden.

Definitie manegepaard: een paard in eigendom van een manege waardoor veel verschillende personen het paard berijden.

Definitie recreatiepaard: een paard dat bereden wordt door 1 of 2 verschillende personen, maar daarbij niet getraind wordt om deel te nemen aan dressuur- of springwedstrijden. Het paard is alleen bedoeld voor recreatie.

Bijlage 2. Gebruikte middelen

- 23 verschillende paarden
- 4 wGT3X-BT Sensoren met bijhorende kabeltjes
- Stoffen zakjes voor bevestiging sensoren
- (Duct-)tape
- Elastische dekensingel
- Peesbeschermer (linkerbeen)
- Staartbandage
- Passend hoofdstel
- Longeerlijn
- Meetstok
- Laptop of vaste computer
- Online Atoomklok (telefoon met stabiele internetverbinding)
- 2 Panasonic HDC-SDT750 camera's

Bijlage 3. Plaatsing sensoren



Afbeeldingen met de klok mee: paard met alle sensoren bevestigd; sensorbevestiging op het hoofdstel;
Sensorbevestiging op de peesbeschermmer.



Afbeelding links: sensorbevestiging op schoft.
Afbeelding rechts: sensorbevestiging op de staart.