

Afstudeerscriptie

Meten van Schoten en Passes bij Voetbal



Juli 2017

Martijn de Bruin

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

Titelpagina

Meten van Schoten en Passes bij Voetbal

Groningen, juli 2017

Martijn de Bruin

13074032

thr.martijndebruin@gmail.com

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

DE HAAGSE
HOGESCHOOL



1^e begeleider:

Aad Lagerberg, MSc

2^e begeleider:

Liz Haverkate, MSc

Afstudeer organisatie:

FC Groningen

Externe begeleider:

Wouter Frencken, PhD

Voorwoord

Dit rapport is tot stand gekomen als afstudeerscriptie voor de opleiding Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool, Den Haag. In deze scriptie leest u zo goed als het hele proces achter dit afstudeerproject en de resultaten ervan. Het rapport is bestemd voor de beoordelaars van mijn afstudeerproject, docenten/begeleiders vanuit de opleiding Bewegingstechnologie. Deze scriptie is samengesteld door een student Bewegingstechnologie, Martijn de Bruin.

Voorafgaande aan mijn afstudeerperiode heb ik vanaf half november stage gelopen bij FC Groningen. Aansluitend op mijn afgeronde stage, ben ik in mijn afstudeerfase vanaf begin maart 2017 ook bij FC Groningen stage blijven lopen. Dit project is volledig tot stand gekomen en uitgevoerd in Groningen.

Ik wil graag nog een speciaal dankwoord richten tot de volgende personen:

- **Wouter Frencken** (Sportwetenschapper FC Groningen)

Beste Wouter, ik wil graag met name jou bedanken voor de goede begeleiding gedurende mijn verblijf bij de club. Vanaf het moment dat ik op gesprek mocht komen tot aan het einde van het seizoen, heb je mij welkom laten voelen bij FC Groningen en mij altijd ondersteund waar nodig.

- **Marcel van Buuren** (Trainer-Coach FC Groningen onder19)
- **Kolbeinn Finnsson & Hampus Finndell** (Spelers FC Groningen onder19)

Marcel, bedankt dat ik twee spelers van jou mocht lenen om mijn metingen mee uit te voeren. Kolbeinn en Hampus, bedankt dat jullie proefpersoon wilde zijn voor mijn project en de goede inzet tijdens de metingen.

Alle mede stagiairs bedankt voor jullie hulp bij al mijn (test)metingen.

- **Brenda Merks** (Student Bewegingswetenschappen)
- **Daan Bruisten** (Student Bewegingswetenschappen)
- **Djura de Vries** (Student Bewegingswetenschappen)
- **Job Meijdam** (Student Bewegingswetenschappen)
- **Joost Mouw** (Student Sport, Gezondheid en Management)

Tot slot wil ik FC Groningen als organisatie nog in het algemeen bedanken. Bedankt voor de gastvrijheid en de kans die jullie mij hebben geboden om stage te mogen lopen bij de jeugdopleiding. Ik heb een fantastische tijd gehad bij de club en ik ben blij dat ik een steentje heb kunnen bijdragen aan de werkzaamheden bij jullie.

- **Rob Renaud** (Programmeur Inmotio)

Aangezien niemand hier eerder met ball tracking had gewerkt, hebben wij regelmatig aan de telefoon gehangen als er problemen waren of ik ergens niet uit kwam met de hard/software. Bedankt voor de ondersteuning die je hebt geboden om het ball tracking systeem goed te laten functioneren.

- **Aad Lagerberg** (Docent Bewegingstechnologie, eerste beoordelaar)

Aad, bedankt voor de tips en feedback die je hebt gegeven gedurende mijn afstudeerperiode. Onze (bijna) wekelijkse skypegesprekken heb ik als erg nuttig ervaren. Ondanks de 'grote' afstand, vind ik dat de begeleiding en communicatie goed is verlopen.

- **Liz Haverkate** (Bewegingswetenschapper, tweede beoordelaar)

Bedankt voor alle feedback die je me hebt gestuurd als ik tussendoor een stuk naar je had gemaild.

Ik kan terugkijken op een mooie stageperiode en ik ben tevreden over het resultaat.

Inhoudsopgave

Titelpagina	
Voorwoord	
Lijst van figuren en tabellen	4
Samenvatting.....	5
1. Inleiding	6
2. Analyse	8
2.1. Meetsysteem.....	8
2.2. Afbakening.....	9
3. Methode.....	11
3.1. Experiment	11
3.1.1. Proefpersonen en meetprotocol	11
3.1.2. Notationele analyse.....	12
3.2. Ontwikkeling algoritme	13
3.2.1. Bewegingsanalyse	13
3.2.2. Algoritme 1	14
3.2.3. Algoritme 2	17
3.2.4. Algoritme 3	18
3.2.5. Algoritme 4	19
3.2.6. Algoritme 5	21
3.2.7. Algoritme 6	23
4. Resultaten.....	26
4.1. Algoritme	26
4.2. Tabellen	28
4.2.1. Validatie.....	29
5. Discussie	30
5.1. Aanbevelingen.....	31
6. Conclusie	32
Literatuurlijst	33
Bijlage	34
I. Meetprotocol	34
II. Boxplots resultaten	36
III. Algoritme onderscheid schoten en passes.....	37
IV. Projectvoorstel	41

Lijst van figuren en tabellen

Figuren

Figuur 1. Componenten van het Inmotio systeem (Inmotio Object Tracking BV, n.d.-b).	8
Figuur 2. Videoanalyse in Inmotio software met real time versnellingsgrafiek van de bal, met gemarkeerde begin- en eindpunt bij een statisch schot.	12
Figuur 3. De vorm en het algemene gedrag van het versnellingssignaal van de bal bij een schot.	13
Figuur 4. Het gedrag van het versnellingssignaal bij alle dynamische schoten.	14
Figuur 5. Videobeelden met de versnelling van de bal op moment van het huidige frame (blauwe lijn) tussen het gemarkeerde begin- (groen) en eindpunt (rood) bij een statisch schot.	14
Figuur 6. Grafiek van de acceleratie en delta acceleratie van de bal bij een statisch schot.	15
Figuur 7. Grafiek van de acceleratie en delta acceleratie (gegeneerde vertragingen) van de bal bij een statisch schot.	15
Figuur 8. Concept van algoritme 1 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.	16
Figuur 9. Resultaat van alle gedetecteerde dynamische schoten uit algoritme 1.	16
Figuur 10. Grafiek van een dynamisch schot met een dubbele schotdetectie.	17
Figuur 11. Grafiek van de delta acceleratie van de bal bij alle dynamische schoten.	17
Figuur 12. Concept van algoritme 2 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.	17
Figuur 13. Resultaat van de dynamische schoten met te veel schotdetecties uit algoritme 2.	18
Figuur 14. Concept van algoritme 3 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.	18
Figuur 15. Resultaat van alle gedetecteerde dynamische schoten uit algoritme 3.	19
Figuur 16. Resultaat van alle gedetecteerde statische schoten uit algoritme 3.	19
Figuur 17. Resultaat van alle gedetecteerde statische schoten uit algoritme 2.	20
Figuur 18. Resultaat van de niet herkende statische schoten uit algoritme 3, met de schotdetecties uit algoritme 2.	20
Figuur 19. Concept van algoritme 4 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.	21
Figuur 20. Resultaat van alle gedetecteerde statische schoten uit algoritme 4.	21
Figuur 21. Resultaat van de statische schoten met drie schotdetecties uit algoritme 4.	22
Figuur 22. Concept van algoritme 5 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.	22
Figuur 23. Resultaat van alle gedetecteerde statische en dynamische schoten uit algoritme 5.	23
Figuur 24. Concept van algoritme 6 voor schot- en passdetecties met alle bijbehorende voorwaarden.	23
Figuur 25. Resultaat van alle gedetecteerde korte passes uit algoritme 6.	24
Figuur 26. Functies die de variabelen: 1) einde, 2) nummer, 3) periode, van een trap tegen de bal te bepalen.	25
Figuur 27. Resultaat van de gedetecteerde schotperiodes bij alle dynamische schoten met behulp van de variabele KickPeriod.	25
Figuur 28. Resultaat van het eindalgoritme in een stroomdiagram.	26
Figuur 29. Meetopstelling voor alle testen. 1. Schoten (blauw), 2. Passes (oranje), 3. Dribbelen (geel).	35
Figuur 30. Opstelling met afmetingen van de slalom dribbeltest (3a).	35
Figuur 31. Boxplot van de duur van schoten en passes.	36
Figuur 32. Boxplots van de resultaten van de gemiddelde en maximale versnelling van schoten en passes.	36
Figuur 33. Boxplots van de resultaten van de gemiddelde en maximale snelheid van schoten en passes.	37
Figuur 34. Concept van algoritme 7 voor het onderscheiden van schoten en passes met alle bijbehorende voorwaarden.	37
Figuur 35. Boxplots van de resultaten van de gemiddelde versnelling, maximale versnelling, gemiddelde snelheid en maximale snelheid van schoten en passes met de drempelwaarden van algoritme 7 voor voorwaarde 2 (blauw) en voorwaarde 4 (oranje) gemarkeerd.	39

Tabellen

Tabel 1. Resultaten van de handmatig berekende duur en gemiddelde versnelling van alle dynamische schoten.	15
Tabel 2. Resultaten van duur, versnelling en snelheid van de bal bij SS, DS, KP, LP en HP.	28
Tabel 3. Resultaten van duur, versnelling en snelheid van de bal bij S (n=44) en P (n=125).	29
Tabel 4. Resultaten van de beoordeling van het eindalgoritme voor SS, DS, KP, LP, HP en totalen van alle S en P.	29
Tabel 5. Resultaten van duur, versnelling en snelheid van de bal bij schoten en passes met de drempelwaarden van algoritme 7 voor voorwaarde 2 (blauw) en voorwaarde 4 (rood) gemarkeerd.	38
Tabel 6. Resultaten van de beoordeling van algoritme 7 voor SS, DS, KP, LP, HP en totalen van alle S en P.	40

Samenvatting

Om prestatie in voetbal te beoordelen is onderscheid gemaakt tussen twee aspecten, fysieke en technische prestatie. Fysieke prestatie wordt voornamelijk beoordeeld op basis van de geleverde arbeid van een speler in een wedstrijd. In het hedendaagse voetbal wordt veel gebruik gemaakt van positiedata om fysieke prestatie te bepalen. Technische prestatie wordt beoordeeld op 'acties aan de bal', zoals schoten, passes en dribbels. Deze aspecten worden voornamelijk visueel beoordeeld met behulp van videoanalyse, echter zijn dergelijke acties (nog) niet meetbaar.

Het doel van dit project is om een algoritme te creëren dat in staat is om acties aan de bal te herkennen. Aan de hand van positiedata van de bal werd geprobeerd om een balaanraking te detecteren.

Een experiment is uitgevoerd waarbij jeugdspelers van FC Groningen in een testsituatie verschillende technische vaardigheden uitvoerden, in de vorm van schoten, passes en dribbels. Positiedata van de spelers werd verkregen via Local Positioning Measurement (LPM) en van de bal via een ball tracking systeem. Uit het versnellingssignaal van de bal werd getracht een balaanraking te herleiden. Voor de uitgevoerde tests zijn LPM en ball tracking ingezet om de schoten, passes en dribbels te meten. Gedurende de meting zijn ook video-opnames gemaakt, waarmee alle positiedata werd gesynchroniseerd met de real time videobeelden.

Achteraf is een notationele analyse uitgevoerd, waarbij aan de hand van de videobeelden de momenten waarop een balaanraking plaatsvond in de test werden gemarkeerd. Vervolgens is een analyse uitgevoerd om met de positiedata van deze momenten een patroon te herkennen in het gedrag van de bal. Na overeenkomsten te hebben gevonden in het signaal van de bal zijn voorwaarden opgesteld voor de ontwikkeling van een algoritme, waarmee een trap tegen de bal gedetecteerd kan worden. Alle uitgevoerde schoten en passes van de meting, werden goed gedetecteerd door het algoritme. Daarnaast is een herhaalde meting met exact hetzelfde testprotocol doorlopen. Deze diende als controlemeting om de werking van het algoritme te testen op een andere dataset waarmee het algoritme was ontworpen.

Uiteindelijk is er een algoritme opgesteld, dat uit een aantal voorwaarden bestaat om het moment dat tegen de bal getrapt wordt te detecteren. Het resultaat van dit project is een algoritme dat in staat is om een trap tegen de bal te detecteren (schoten en passes), het is niet in staat om een subtielere balaanraking (bij een dribbel) te detecteren. Op basis van de snelheid en versnelling van de bal is nog geen onderscheid te maken tussen schoten en passes. Doordat een trap tegen de bal herkent wordt door het algoritme zijn ook resultaten over de duur (tijd), snelheid en versnelling van schoten en passes in kaart gebracht. Om de werking van het algoritme te testen is een controle meting uitgevoerd op een andere dataset dan waarmee het algoritme was ontworpen. Dit resulteerde in een succespercentage van 97,2%, waarvan 2,8% van de detecties fout is beoordeeld en 0,9% van de trappen niet is herkent.

Concluderend heeft het algoritme een goede score, echter kent het nog wel een aantal beperkingen. Het streven voor dit project om een balaanraking te kunnen meten is niet geslaagd, wel een trap tegen de bal. Schoten en passes kunnen niet van elkaar onderscheiden worden en als een aparte actie worden toegewezen aan een trapdetectie. Met dit algoritme is echter wel een basis gelegd voor de toekomst om verschillen tussen schoten en passes verder te kunnen analyseren en door op dezelfde wijze meerdere acties meetbaar proberen te maken.

Daarom wordt aanbevolen om het huidige algoritme verder te optimaliseren en uit te breiden, voordat het ingezet kan worden als middel om automatisch het aantal uitgevoerde technische vaardigheden te verkrijgen uit voetbalwedstrijden.

1. Inleiding

Prestatie in voetbal is afhankelijk van veel factoren, daarom is het complex om een prestatie te beoordelen. Om prestatieanalyse te simplificeren, wordt voor dit project globaal onderscheid gemaakt tussen twee categorieën: 'fysiek' en 'technisch'. Fysieke prestatie wordt gedefinieerd als de fysiek geleverde arbeid en vermogen van een speler in een wedstrijd. Technisch wordt gedefinieerd als 'acties aan de bal', zoals schoten, passes en dribbels. Meestal wordt een voetbalwedstrijd visueel geanalyseerd aan de hand van videobeelden, maar in het hedendaagse voetbal wordt ook gebruik gemaakt van andere registratiemethoden zoals positiebepaling. Verzamelde data kan zowel parameters bevatten over de fysiek geleverde inspanning, als technische prestatie indicatoren. Fysieke data bestaat voornamelijk uit de afgelegde afstanden, loopsnelheden, versnellingen en vertragingen van een speler. Bij technische data ligt de focus op het aantal verrichte acties aan de bal, waarbij analyses voornamelijk wordt beoordeeld op het resultaat van die acties. Voorbeelden hiervan zijn het aantal succesvolle passes, schoten op doel of geslaagde dribbels. Met behulp van videobeelden en wedstrijdstatistieken kan een objectievere uitspraak worden gedaan over een geleverde voetbalprestatie dan ter plekke op het blote oog. Toch kan ook data een resultaat niet volledig verklaren. Prestatie wordt gekoppeld aan succes en succes in voetbal wordt beoordeeld op resultaat, winst of verlies. In veel onderzoeken wordt voornamelijk de fysieke prestatie geanalyseerd (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005). Uit onderzoek blijkt dat minder succesvolle teams gemiddeld meer fysieke arbeid leveren in wedstrijden dan meer succesvolle teams. Ook zijn succesvollere teams gemiddeld meer betrokken aan de bal dan minder succesvolle teams (Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisløff, 2009). Succesvolle teams hebben over het algemeen dus meer balbezit en balcontacten dan hun tegenstanders. Dit geeft een indicatie dat technische data minstens van even groot belang is voor prestatieanalyse in voetbal dan alleen fysieke data. Als een team de 'fitste' spelers heeft, betekent nog niet dat de kans groot is dat daardoor alle wedstrijden gewonnen worden. Technische vaardigheden hebben namelijk ook een grote invloed op de prestatie in het voetbal (Russell & Kingsley, 2011). Om winst te behalen in een wedstrijd dient een team meer doelpunten te maken dan de tegenstander. Succes in voetbal is niet haalbaar zonder het gebruik van technische vaardigheden.

Metingen in de voetbalsport vormen een groot aandeel in de dataverzameling. Er zijn verschillende methoden en meetsystemen die toegepast worden voor prestatieanalyse. De algemene term van dergelijke analyses wordt 'time-motion analysis' genoemd (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008). Meetsystemen als Global Positioning System (GPS) of Local Positioning Measurement (LPM), eventueel in combinatie met accelerometers en hartslagsensoren zijn veel toegepaste systemen in de sportpraktijk. Dergelijke telemetrische systemen meten de (extern) fysiek verrichte arbeid die een speler heeft geleverd bij een training of wedstrijd. Dit zijn voornamelijk biomechanische prestatie indicatoren. Er zijn ook (semi-)automatische videovolgsystemen die dezelfde data kunnen verkrijgen via camera's in plaats van elektronische transmitters. Enkele systemen zijn in staat om ook de bal te volgen tijdens een wedstrijd (Carling et al., 2008). De validiteit en betrouwbaarheid van automatische op video gebaseerde volgsystemen is echter wel lager dan LPM en GPS (Carling et al., 2008). Een andere vorm van prestatie analyse, gericht op het technische aspect, wordt 'notationele analyse' genoemd. Bij deze vorm van analyseren worden tijdens wedstrijden handmatig acties en gebeurtenissen bijgehouden in een codeerschema (Hughes & Bartlett, 2002; Taylor, Mellalieu, James, & Shearer, 2008). Tot op zekere hoogte blijft deze methode subjectief en kunnen acties die beoordeeld worden door mensen onderling verschillend geïnterpreteerd worden.

Om technische prestaties te kunnen meten, dient er data verkregen te worden over de speler en voornamelijk de bal. Een technische vaardigheid is altijd een actie van een speler met de bal (Russell & Kingsley, 2011; Taylor et al., 2008). Het is met de bestaande systemen mogelijk om positie van spelers te meten, maar nog niet (goed) van de bal. Hoewel bepaalde momenten van spelers met de bal met behulp van notationele analyse worden vastgelegd, kan het gedrag van de bal niet beoordeeld worden. Biomechanische onderzoeken hebben bewegingsanalyses uitgevoerd naar de kinematica van het voetbalschot (Nunome, Asai, Ikegami, & Sakurai, 2002). Dit zijn onderzoeken waarbij de focus voornamelijk ligt op de bewegingsuitvoering en niet op het resultaat van de actie. Daarnaast is een nadeel hiervan dat vaak alleen gegevens over het lichaam, waarbij voornamelijk de onderste extremiteit, verkregen wordt en niet over de bal. Om technische vaardigheden meetbaar te maken, zouden positie data van speler en bal mogelijk een oplossing kunnen bieden. Er is echter maar één meetsysteem binnen het voetbal dat positie metingen van spelers kan combineren met positiebepaling van de bal aan de hand van een videovolgsysteem. Het LPM Soccer 3D[®] systeem van 'Inmotio' (Inmotio Object Tracking BV, n.d.-a) beschikt ook over een 'ball tracking' systeem. Dit systeem werkt onafhankelijk van het LPM systeem en volgt de bal op basis van videobeelden. FC Groningen heeft de beschikking over een LPM en ball tracking systeem. Mogelijk kan een telemetrisch positie meetsysteem in combinatie met een videovolgsysteem voor de bal een oplossing bieden voor het meten van technische vaardigheden. Door het gedrag en de interactie tussen speler en bal te analyseren kan mogelijk beoordeeld worden wat voor actie aan de bal plaatsvindt.

Om een brug te kunnen slaan tussen biomechanische en notationele analyses, dienen beide methoden samengebracht te worden om technische vaardigheden meetbaar te maken (Hughes & Bartlett, 2002). Zo kan met behulp van positie metingen van de bal en visuele controle uit videobeelden eventueel bepaalde technische vaardigheden herkend worden uit een signaal. Indien beide methoden van prestatie analyse gecombineerd worden kan dit veel nieuwe mogelijkheden bieden. Zo kunnen er nauwkeurigere tactische analyses uitgevoerd worden. Ook kan mogelijk zelfs de uitvoering van een technische vaardigheid beoordeeld worden, doordat het gedrag van een speler en bal de gehele wedstrijd gemeten kan worden. Deze nieuwe mogelijkheden kunnen leiden tot nieuwe inzichten.

Het doel van dit project is om een algoritme te creëren dat in staat is om acties aan de bal te herkennen. Het is wenselijk dat de output van het algoritme bestaat uit het aantal balaanrakingen dat een speler tijdens een wedstrijd maakt en de positie op het veld waar dat contact gemaakt wordt. Een algoritme dat acties aan de bal registreert, maakt het mogelijk om alle statistieken automatisch te verkrijgen via een meetsysteem in plaats van handmatige notationele analyses door mensen. Om technische prestatie indicatoren daadwerkelijk onafhankelijk en objectief te kunnen verkrijgen, zal een module ontwikkeld moeten worden binnen een software om acties aan de bal te beoordelen.

2. Analyse

2.1. Meetsysteem

FC Groningen beschikt over het LPM en ball tracking systeem van Inmotio op een aantal trainingsvelden. Hoewel het LPM en ball tracking systeem van hetzelfde bedrijf komen, zijn het twee verschillende en losstaande meetsystemen.

LPM werkt op basis van Radio Frequency Identification (RFID), waarbij rondom het veld meerdere basisstations hangen en de spelers een transponder dragen in een vest. Alle basisstations kunnen samen bepalen wat de positie van de transponder is met maximaal 1000 metingen per seconde. 1000 Hertz wordt verdeeld over het aantal transponders over het veld, dus hoe meer transponders, hoe lager de meetfrequentie. Daarnaast zijn ook twee 'Dome Cameras' onderdeel van het systeem en kunnen tijdens een meting ingezet worden om video's op te nemen, dienend als visuele feedback. Deze camera's kunnen zowel handmatig van richting veranderd worden, maar door de connectie met LPM kunnen de camera's ook automatisch meedraaien met de positie van geselecteerde transponders. Metingen kunnen live bekeken worden en de positedata wordt direct gesynchroniseerd met de videobeelden. Deze data en beelden kunnen achteraf geanalyseerd worden in de software.

Het ball tracking systeem volgt de bal met behulp van meerdere CCD-camera's die rondom het veld hangen. Al deze gefixeerde camera's brengen samen het volledige veld in beeld en kunnen aan de hand van de verplaatsing van de bal, ten opzichte van de lijnen van het veld (referentiekader), de positie van de bal berekenen. Het ball tracking systeem is niet in staat om meerdere ballen tegelijk te volgen en het heeft een meetfrequentie van 21 metingen per seconde. De bal data wordt binnen de software samengevoegd en gesynchroniseerd met de LPM data en de videobeelden.



Figuur 1. Componenten van het Inmotio systeem (Inmotio Object Tracking BV, n.d.-b).

2.2. Afbakening

De opzet is om acties aan de bal meetbaar te maken, door aan de hand van een data-analyse een algoritme op te stellen dat in staat is om deze acties te herkennen. Het resultaat van het algoritme is dat het een 1 of 0 scoort (waar of onwaar) wanneer een speler op dat moment een actie uitvoert.

Er zijn verschillende technische vaardigheden in het voetbal. Aangezien er nog geen acties aan de bal detecteerbaar zijn, wordt ervoor gekozen om 'eenvoudig' te beginnen en een basis op te stellen om van daaruit eventueel verder te ontwikkelen in de toekomst. Er kan echter gekozen worden om de meest gecompliceerde acties te gaan meten, maar daarvoor zal eerst bekend moeten worden of de meest 'eenvoudige' acties überhaupt wel meetbaar zijn om de haalbaarheid van dit project te kunnen vaststellen.

Voorbeelden van technische vaardigheden/wedstrijdindicatoren uit literatuur zijn:

- Aanname/balcontrole
- 'Clearance'
- Dribbel
- Hoekschop
- Ingooi
- Kopbal
- Korte pass
- Lange pass
- Onderschepping
- Penalty
- Schot
- Tackle
- Voorzet
- Vrije trap

(Rampinini et al., 2009; Rowlinson & O'Donoghue, 2009; Russell & Kingsley, 2011; Taylor et al., 2008)

Er zijn hier een aantal problemen. In literatuur wordt er verschillende terminologie gebruikt. Hierbij wordt dus gelijk aangelopen tegen de objectiviteit van notationale analyse, mensen gebruiken andere termen of definiëren sommige acties anders. In dit project wordt er een poging gedaan om deze acties te beperken en onderscheiden. Sommige acties kunnen eenvoudig onderscheiden worden aan de hand van de uitkomst of resultaat van de actie. Bijvoorbeeld passes kunnen onderscheiden worden, doordat de bal naar een medespeler van het eigen team wordt verplaatst. Schoten worden herkend doordat er een poging gedaan wordt om een doelpunt te maken. Alle andere acties hebben over het algemeen een iets minder duidelijk afgebakende definitie of kunnen door mensen vaak verschillend geïnterpreteerd worden. Maar wat hebben al deze acties wel gemeen? Al deze acties hebben gemeen dat er een balaanraking plaatsvindt. Op basis daarvan moet het algoritme dus gaan werken in eerste instantie. Zodra het in staat is om een balaanraking te meten, kan vandaaruit vervolgens een poging gedaan worden om andere kenmerken van acties te herkennen waardoor het type actie eventueel toegewezen kan worden. Wat hier opgemerkt wordt is dat notationale analyse of in ieder geval visuele feedback vaak nog onmisbaar is voor de beoordeling van een actie. In eerste instantie is het doel dat dit niet meer nodig is door acties te herkennen aan een bepaalde drempelwaarde in het signaal. Indien dat niet mogelijk is, dan zal dus alsnog een menselijke beoordeling nodig zijn om te oordelen over de uitkomst van een actie.

Waar het uiteindelijk op neerkomt, is dat een balcontact herkend moet worden. De verwachting is dat dit uit de versnelling van de bal is te herleiden. Welke speler in het bezit is van de bal kan afgeleid worden uit de afstand tussen speler en bal. Na een pilotmeting is gebleken dat er een aantal andere parameters zijn die mogelijk ook van belang kunnen zijn voor het herkennen van een actie. De parameters welke geanalyseerd zullen worden zijn:

Speler

- *Positie speler (X,Y)*
- *Snelheid*
- *Versnelling*
- *Richting*

Bal

- *Positie bal (X,Y,Z)*
- *Afstand t.o.v. speler*
- *Snelheid*
- *Versnelling*
- *Richting*

Er wordt gekozen om schoten, passes en dribbels te gaan meten. Onder deze vaardigheden kunnen verschillende varianten vallen, maar in essentie zijn dit alle technische vaardigheden waaruit een doelpunt ontstaat. Het plan is om proefpersonen in een testsituatie al deze vaardigheden uit te laten voeren, terwijl met het ball tracking en LPM systeem gemeten wordt. Hierbij kan wel opgemerkt worden dat dit niet een vergelijkbare situatie is met een wedstrijd, maar er zal toch eerst vastgesteld moeten worden dat het werkt in een controleerbare opstelling. Om met deze zaken in het achterhoofd toch zoveel mogelijk rekening te houden met de praktische toepassing, wordt het meetprotocol zo ingesteld dat alle wedstrijdssituaties zo veel mogelijk kunnen worden nagebootst.

Daarom is er bijvoorbeeld gekozen om de proefpersonen een aantal keer op doel te laten schieten. Dit wordt gedaan vanuit stilstand, dit wordt vanaf nu een 'statisch' schot genoemd. Daarnaast wordt even vaak geschoten met een rollende bal, een 'dynamisch' schot, aangezien in een wedstrijd meestal niet vanuit stilstand wordt geschoten.

Voor passes wordt onderscheid gemaakt tussen drie varianten. De meest voorkomende variant is de 'korte' pass, deze wordt gedefinieerd als een pass over de grond over een afstand van 10 meter (<37 meter). De tweede variant is de 'lange' pass, deze wordt gedefinieerd als een pass over de grond over 40 meter (>37 meter) (Rampinini et al., 2009). De laatste variant is de 'hoge' pass, dit is in principe ook een lange pass alleen dan door de lucht. Deze begrippen zijn natuurlijk discutabel en deels semiwetenschappelijk, maar deze maat wordt aangehouden omdat in eerdere literatuur ook deze definities werden gebruikt.

Dan is er ook nog het dribbelen. Misschien is dit wel de meest complexe vaardigheid om uit te voeren, maar ook om te meten. Het idee is dat in feite elk balcontact gemeten wordt, dus elke keer als een speler de bal aantikt te kunnen herleiden uit een signaal. Er is echter over dribbelen nog relatief weinig bekend, dus het zou interessant zijn om dit meetbaar te krijgen. Dribbelen wordt ook onderverdeeld in twee vormen. Uit gesprekken met trainers is naar voren gekomen dat onderscheid gemaakt wordt tussen 'dribbelen' en 'drijven'. Hoewel er geen wetenschappelijke definitie voor drijven bestaat, wordt in de praktijk toch veel gesproken over deze term. Het drijven wordt gezien als lopen met de bal, waarbij een speler de bal voor zich uittikt en erachteraan loopt. Dit is in situaties waarbij er veel ruimte om de speler is, dat willen zeggen weinig tegenstanders om zich heen, waarbij het doel is om 'terreinwinst' te boeken of richting het doel van de tegenstander te lopen. Bij dribbelen is de opvatting dat spelers met weinig ruimte om zich heen, oftewel veel tegenstanders, veel korte voetbewegingen maakt aan de bal. Hierbij worden veel korte richtingsveranderingen van de bal gemaakt op hoge snelheid, met als doel om ruimte te creëren of een tegenstander uit te spelen waarbij balbezit wordt behouden. Dit onderscheid zal gemaakt worden door de proefpersonen een 'drijfzaak' en een 'dribbelzaak' uit te laten voeren.

3. Methode

3.1. Experiment

3.1.1. Proefpersonen en meetprotocol

De proefpersonen voor deze meting zijn twee jeugdspelers van FC Groningen van 16 en 17 jaar oud.

Het LPM (500 Hertz) en ball tracking systeem (21 Hertz) van Inmotio zijn ingezet in combinatie met de video opnamen van de twee Dome camera's om de meting uit te voeren. De positiedata van de spelers uit het LPM en van de bal uit het ball tracking systeem, zijn in de Inmotio software (Inmotio Client) samengevoegd en gesynchroniseerd met de videobeelden.

Voor de meting dienden de spelers technische vaardigheden uit te voeren in verschillende testen.

1. Schoten

De proefpersonen dienden beide 20 keer op doel te schieten vanaf steeds een vaste afstand naar het doel met een zo consistent mogelijke schotsnelheid. Voor de schotafstand naar het doel is de rand van het doelgebied (16 meter) genomen.

- a. **Statisch:** Beide spelers voerden eerst een sessie uit van minstens 10 schoten op doel vanuit stilstand, een statisch schot. Hierbij wordt er op doel geschoten vanuit een aanloop met een stilliggende bal.
- b. **Dynamisch:** Vervolgens herhaalden de spelers weer minstens 10 schoten op doel, maar dan met een dynamisch schot. Hierbij werd er geschoten vanuit een lopende beweging met een rollende bal.

2. Passes

De proefpersonen dienden 30 keer naar elkaar over te passen met een zo consistent mogelijke pass-snelheid. Voor deze test zijn drie verschillende pass varianten uitgevoerd. Bij elke variant dienden de spelers minimaal 10 keer naar elkaar over te passen. Beide proefpersonen werden geïnstrueerd dat iedere pass aan diende te komen bij de medespeler. Ook diende bij de balaanname de bal gecontroleerd te worden met één aanraking.

- a. **Kort:** Overpassen over de grond over een afstand van 10 meter.
- b. **Lang:** Overpassen over de grond over een afstand van 40 meter.
- c. **Hoog:** Overpassen door de lucht over een afstand van 40 meter.

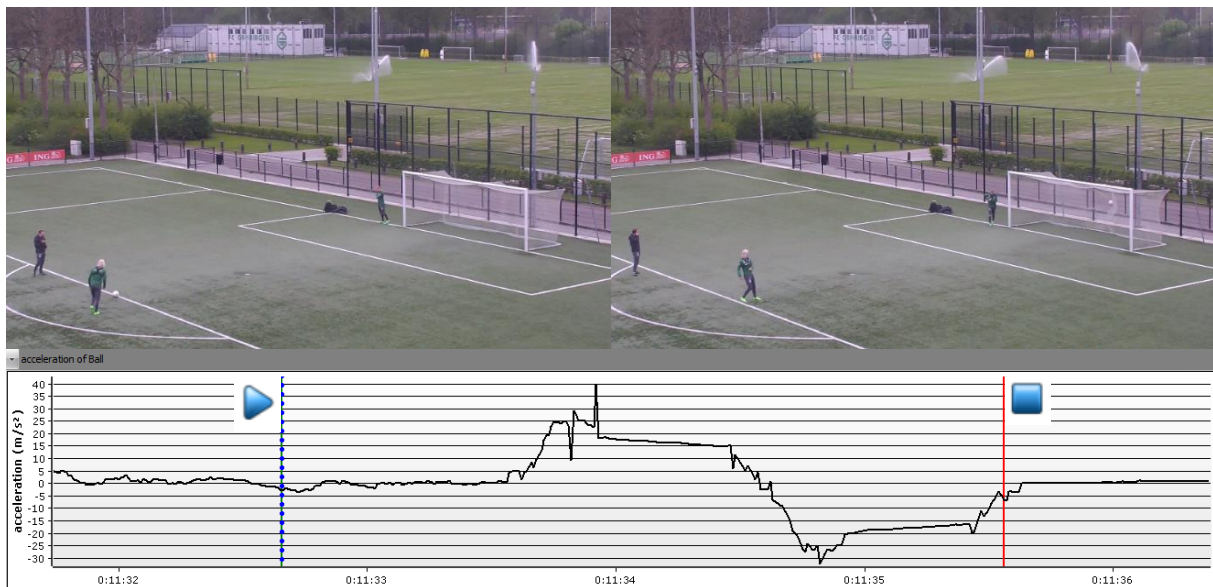
3. Dribbel

- a. **Drijven:** De eerste variant simuleert het drijven, waarbij de speler in rechte lijn zo snel mogelijk 50 meter moet afleggen met de bal aan de voet. Deze variant werd tweemaal uitgevoerd per speler, indien tijdens de test controle over de bal werd verloren werd de oefening opnieuw uitgevoerd.
- b. **Slalom:** De tweede variant bestaat uit een slalomparcours (Lemmink, 2004), welke korte richtingsveranderingen op hoge snelheid simuleert tijdens het dribbelen. Ook deze oefening werd per proefpersoon twee keer uitgevoerd. Hierbij dienden de spelers over een afstand van 15 meter, zich zo snel mogelijk om 12 pionnen heen te manoeuvreren met de bal aan de voet. De opstelling voor deze test is weergegeven in Figuur 30. Indien een speler tussendoor de controle over de bal verloor of een pion miste, diende de oefening opnieuw uitgevoerd te worden.

Het uitgebreide meetprotocol staat beschreven in Bijlage I, het overzicht van de totale testopstelling is weergegeven in Figuur 29.

3.1.2. Notationele analyse

In de Inmotio software zijn de videobeelden met de baldata gesynchroniseerd. In de software werden achteraf markers geplaatst waarmee momenten teruggekeken en geselecteerd konden worden voor analyse. Er is aan de hand van de videobeelden eerst een notationele analyse uitgevoerd, waarbij alle begin- en eindpunten van de acties handmatig werden gemarkeerd. Naast de videobeelden kunnen ook grafieken weergegeven worden die synchroon lopen met de positiedata op dat moment. In combinatie met de feedback van de gesynchroniseerde videobeelden, zijn dan al visueel patronen te zien op het moment dat een speler tegen de bal trapt. Alleen de videobeelden worden gebruikt voor het uitvoeren van de notationele analyse.



Figuur 2. Videoanalyse in Inmotio software met real time versnellingsgrafiek van de bal, met gemarkeerde begin- en eindpunt bij een statisch schot.

Zoals te zien in het voorbeeld in Figuur 2, is elke uitvoering van alle oefeningen apart gemarkeerd op basis van de videobeelden. De reden dat er is gekozen om een begin en eindpunt te markeren in plaats van het moment dat de bal geraakt wordt, is om het gedrag van de bal gedurende een actie vervolgens eenvoudiger te kunnen analyseren. Als alleen het moment van balcontact zou worden gemarkeerd, wordt er alleen een waarde op dat moment bekend gemaakt. Uit een eerdere pilotmeting is echter gebleken dat dat niet genoeg informatie biedt, dus zal om een herkenbaar patroon te herkennen een begin- en eindpunt gekozen moeten worden. In dit voorbeeld voor een schot is dat steeds vanaf het moment waarop de speler zijn aanloop inzet tot aan het moment dat de bal het net van het doel raakt. Bij passes is het vanaf het moment dat de speler zijn aanloop inzet tot aan het moment dat de bal in de voeten van de andere speler eindigt. Bij de herhaalde meting is een nieuwe notationele analyse uitgevoerd op exact dezelfde wijze. Op deze wijze zijn alle uitvoeringen voorzien van markers in de positiedata, welke zijn gelabeld per categorie op nummer, proefpersoon en start of eindpunt.

Marker label: "aBX_C"

a:	s (start) of e (eind)	X:	1, 2, 3 ... 10 (# uitvoering)
B:	- SS (Statisch Schot)	C:	PP1 of PP2 (Proefpersoon 1 of 2)
	- DS (Dynamisch Schot)		
	- KP (Korte Pass)		
	- LP (Lange Pass)		
	- HP (Hoge Pass)		

Voorbeeld: **sSS1_PP1** = marker van het startpunt van het eerste statische schot van proefpersoon 1.

eLP7_PP2 = marker van het eindpunt van de zevende lange pass van proefpersoon 2.

3.2. Ontwikkeling algoritme

3.2.1. Bewegingsanalyse

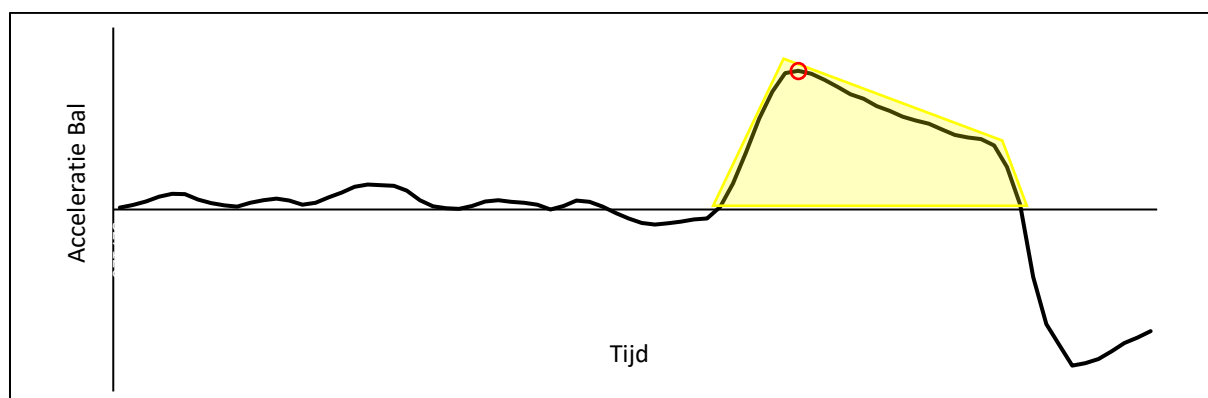
De positiedata van de spelers en bal zijn vervolgens uitgedraaid in een dataset om het algoritme mee op te stellen. De dataset die uit de herhaalde meting komt, is vervolgens gebruikt om het algoritme mee te valideren. Alle data tussen de markerpunten zijn geëxporteerd naar Microsoft Excel. Dit werd gedownsamled naar 21 Hertz, dat is de maximale meetfrequentie van het ball tracking systeem.

De volgende parameters zijn zowel van beide spelers als de bal geëxporteerd naar een spreadsheet:

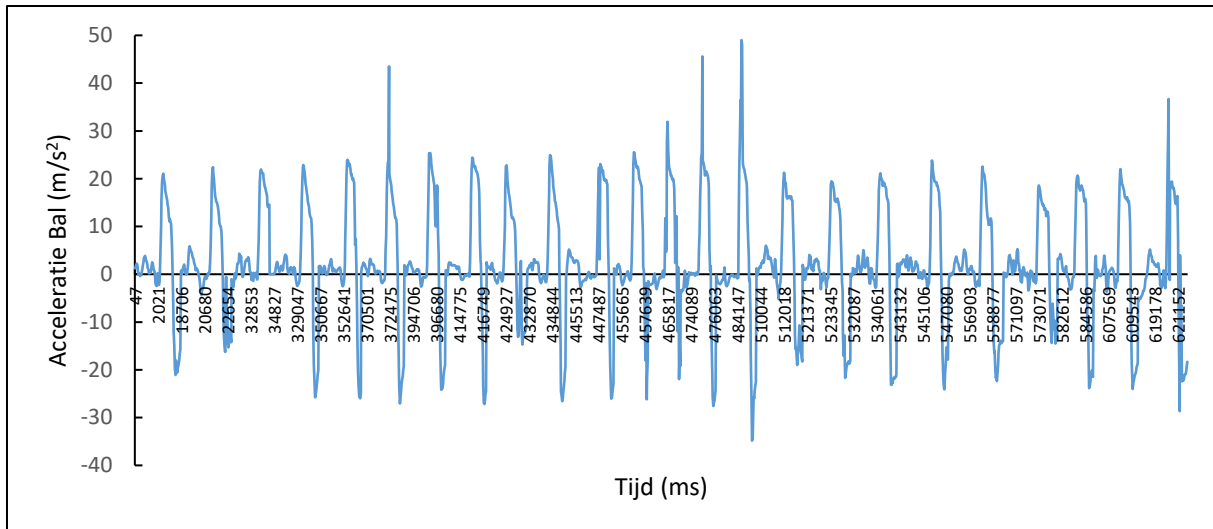
- *Naam* (Proefpersoon 1, Proefpersoon 2, Ball)
- *Last marker name*
- *Direction of travel* (rad)
- *Distance to ball* (m)
- *Distance to closest home player* (m)
- *X Coordinate* (m)
- *Y Coordinate* (m)
- *Z Coordinate* (m)
- *Frequency* (Hz)
- *Acceleration* (m/s²)
- *Speed* (m/s)
- *Relative timestamp* (ms)
- *True time* (DD-MM-JJJJ UU:MM:SS)

Vervolgens is de positiedata geanalyseerd en is er gezocht naar voorwaardes waaraan elke vaardigheid moet voldoen om herkent te worden. Deze voorwaarden zijn verwerkt in een algoritme en wordt er per onderdeel steeds gecontroleerd of het algoritme beter werkt als er een aanpassing is gemaakt. Dit wordt herhaald totdat bij alle verschillende vaardigheden, zoveel mogelijk acties herkend worden.

Om het proces van de methode zo goed mogelijk in kaart te brengen, wordt de bewegingsanalyse voor schoten als voorbeeld gebruikt. Na de horizontale versnellingsgrafiek van de bal bij alle schoten visueel te hebben geanalyseerd, vallen er een aantal zaken op. Het eerste dat opvalt is dat aan het begin van de fase duidelijk een piek is te zien (rode cirkel, Figuur 3). Dit wordt opgemerkt bij elk schot, dus dit is één kenmerk. Ook is er geconstateerd dat het versnellingssignaal na de piek, nagenoeg constant blijft verlopen voor een periode, maar langzaam afzakt. Dit heeft een vergelijkbare vorm als een zaagtand en komt ook voor bij elk schot, een tweede kenmerk. Vervolgens neemt de versnelling af en gaat over in een vertraging, een negatieve versnelling. De hoogte van de piek en de grootte waarmee de versnelling afloopt kan verschillen tussen de schoten onderling, maar deze vorm komt bij ieder versnellingssignaal van een schot voor (Figuur 4).



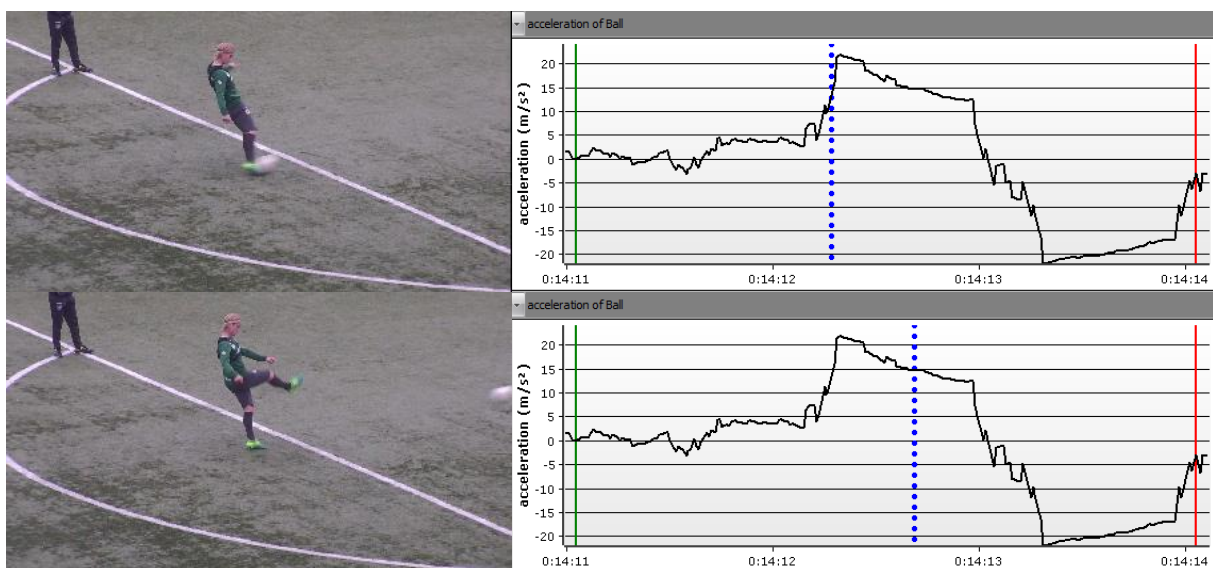
Figuur 3. De vorm en het algemene gedrag van het versnellingssignaal van de bal bij een schot.



Figuur 4. Het gedrag van het versnellingssignaal bij alle dynamische schoten.

3.2.2. Algoritme 1

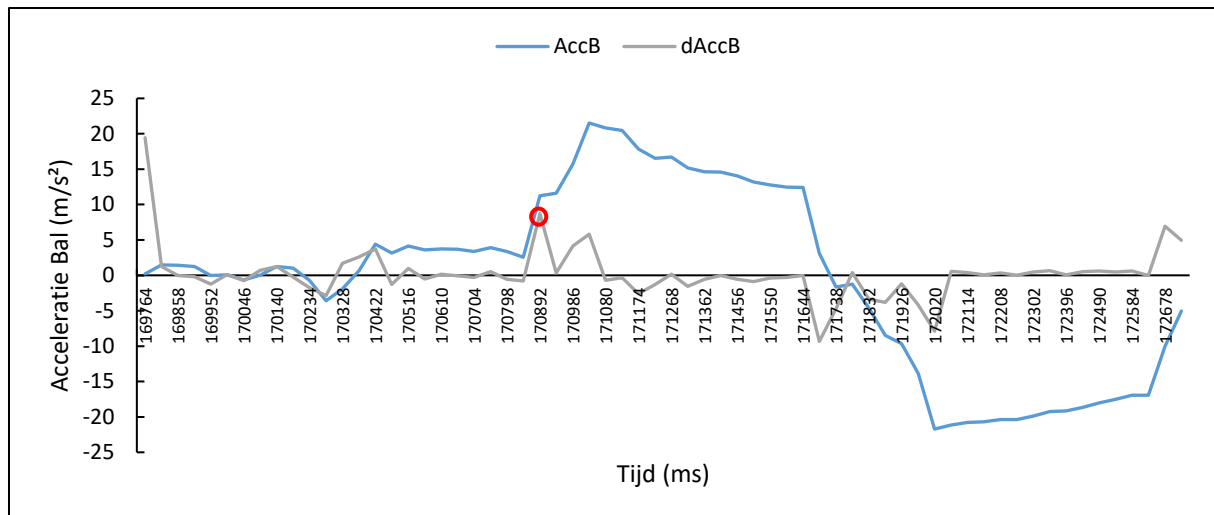
Om een voorwaarde te schrijven voor het algoritme, is op het eerste gezicht het meest logisch om een piek te laten detecteren bij het begin van het schot. Uit de visuele waarnemingen van de bewegingsanalyse met de gesynchroniseerde beelden blijkt echter dat de piek, de maximale versnelling van de bal, niet per se het moment van impact blijkt te zijn (Figuur 5).



Figuur 5. Videobeelden met de versnelling van de bal op moment van het huidige frame (blauwe lijn) tussen het gemarkeerde begin- (groen) en eindpunt (rood) bij een statisch schot.

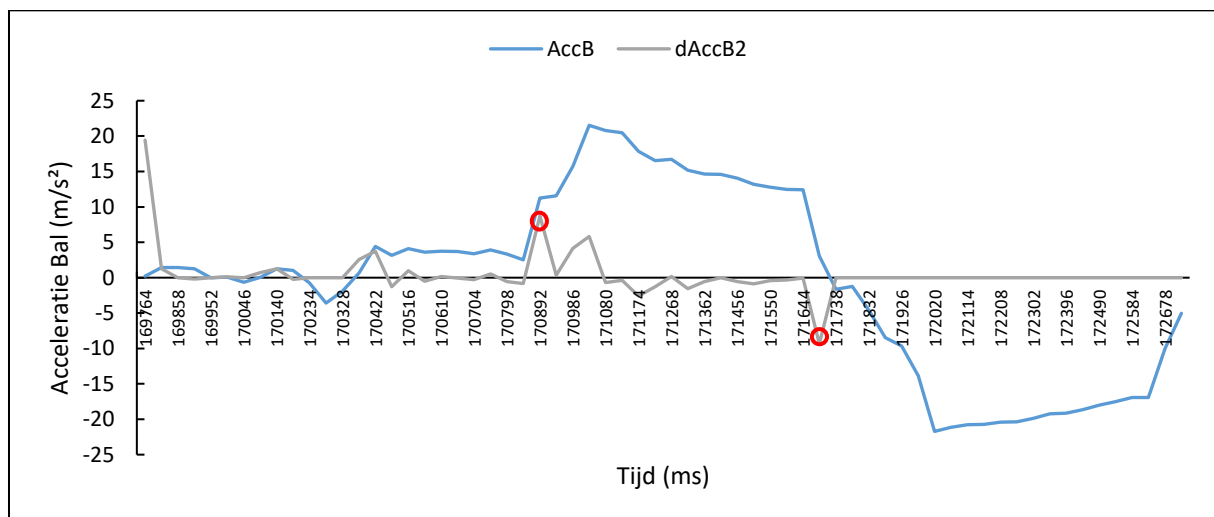
De verwachting was dat er een piek in het versnellingssignaal zou ontstaan als de bal een impact krijgt. Het moment van balcontact zal dus eerder plaatsvinden dan de piek (oorzaak → gevolg). Maar hoe kan dit herkend worden? Het idee is ontstaan om hiervoor de afgeleide van versnelling te gebruiken (ruk), de verandering van de versnelling van de bal. Hiermee kan mogelijk zichtbaar worden op welk moment de versnelling het meest toeneemt, oftewel het moment dat de voet van een speler de bal raakt.

Bij sommige statische schoten zijn er meer pieken dan gehoopt in de delta acceleratie van de bal, maar op het moment dat de versnelling het meeste toeneemt is in ieder geval een piek zichtbaar, welke eigenlijk vooraf gaat aan het moment voor de versnellingspiek bereikt wordt. Eigenlijk is de bedoeling dat alleen deze piek waargenomen wordt (rode cirkel, Figuur 6), maar hoe kan ervoor gezorgd worden dat die andere pieken niet gedetecteerd worden?



Figuur 6. Grafiek van de acceleratie en delta acceleratie van de bal bij een statisch schot.

Dat is deels op te lossen door alle negatieve versnellingen uit te sluiten in het algoritme. Om dit te illustreren wordt de delta versnelling van de bal alleen uitgerekend als beide opvolgende datapunten positief zijn.



Figuur 7. Grafiek van de acceleratie en delta acceleratie (genegeerde vertragingen) van de bal bij een statisch schot.

Alsnog zijn er teveel positieve pieken, dus het wordt lastig om alleen op het punt met de rode cirkel een '1' te laten scoren in het algoritme met deze voorwaarde. Er zal dus minstens nog een voorwaarde bedacht moeten worden. Zoals eerder opgemerkt, is er een aanhoudende versnelling voor een bepaalde tijd. Op het moment dat de versnelling 0 of lager is, heeft de bal zijn maximale snelheid bereikt. Dit moment is het punt waarop de laatste negatieve piek van de 'dAccB2' ontstaat. Het moment van schieten vind dus tussen deze twee pieken plaats (Figuur 7).

Met behulp van de parameter dAccB (waarbij alle negatieve versnellingen genegeerd worden), kan handmatig de lengte van de periode tussen de pieken berekend worden.

n=24	Duur (ms)	Gemiddelde versnelling (m/s²)
Gemiddelde	883	17,5
Standaarddeviatie	80	2,7
Minimum	705 (=16 cellen)	14,4

Tabel 1. Resultaten van de handmatig berekende duur en gemiddelde versnelling van alle dynamische schoten.

Voorwaarden

1. Er is vastgesteld dat de acceleratie positief moet zijn, wat ook logisch zou zijn omdat een vertraging bij het wegtrappen van een bal niet aannemelijk is. Als voorwaarde wordt dus gesteld dat de acceleratie van de bal in de huidige cel en de cel daarvoor positief moet zijn.
2. Een piek detecteren is vrij eenvoudig. Er wordt als voorwaarde gesteld dat de waarde in de cel voor en na de huidige cel kleiner moet zijn dan van de huidige cel.
3. De kleinste duur van de acceleratiefase van de bal is 705 milliseconden blijkt uit de dataset van alle dynamische schoten (Tabel 1). De laagste gemiddelde versnelling over die periode was $14,4 \text{ m/s}^2$. Hier kan als extra voorwaarde gesteld worden dat over een periode van 705 milliseconden (dat zijn 16 cellen) na de piek van de dAccB, de gemiddelde acceleratie groter of gelijk moet zijn aan $14,4 \text{ m/s}^2$. (Als veiligheidsmarge wordt hier een range van 15 cellen en een drempelwaarde van 14 m/s^2 genomen)

Deze voorwaarden leiden vervolgens tot het eerste concept van het algoritme voor schoten, weergegeven in Figuur 8.

Algoritme 1

Voorwaarde 1:

i-1: i AccB ≥ 0

&

Voorwaarde 2:

i-1 dAccB < i dAccB > i+1 dAccB

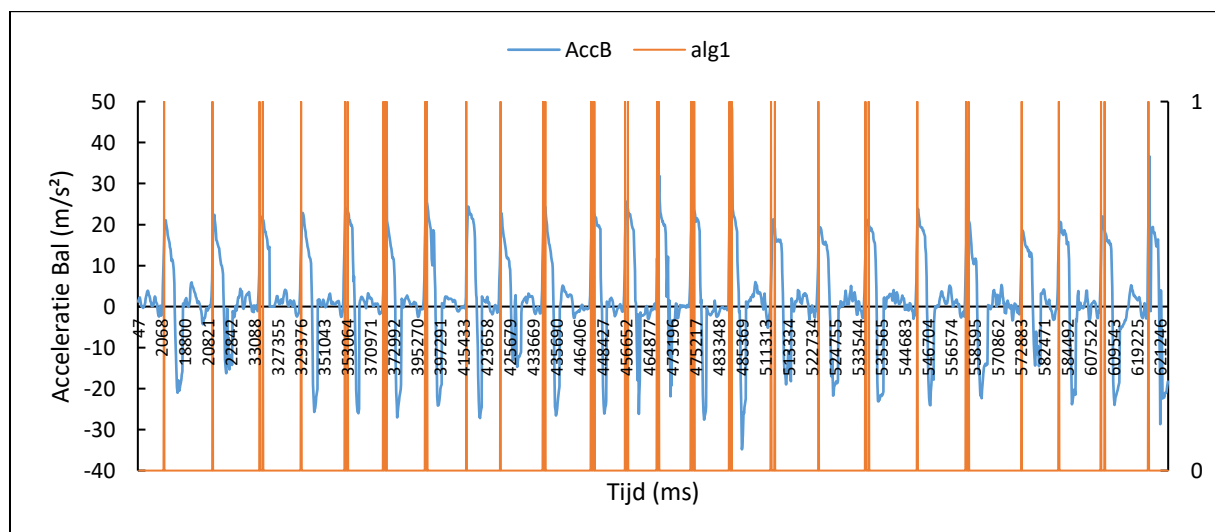
&

Voorwaarde 3:

GEM(i:i+14) AccB ≥ 14

Figuur 8. Concept van algoritme 1 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.

Wat gebeurt er als het algoritme toegepast wordt? In Figuur 9 is zichtbaar dat ieder dynamisch schot wel herkend wordt, maar soms teveel rondom dezelfde plek. Er zijn 43 schoten gedetecteerd, terwijl het er 24 waren.

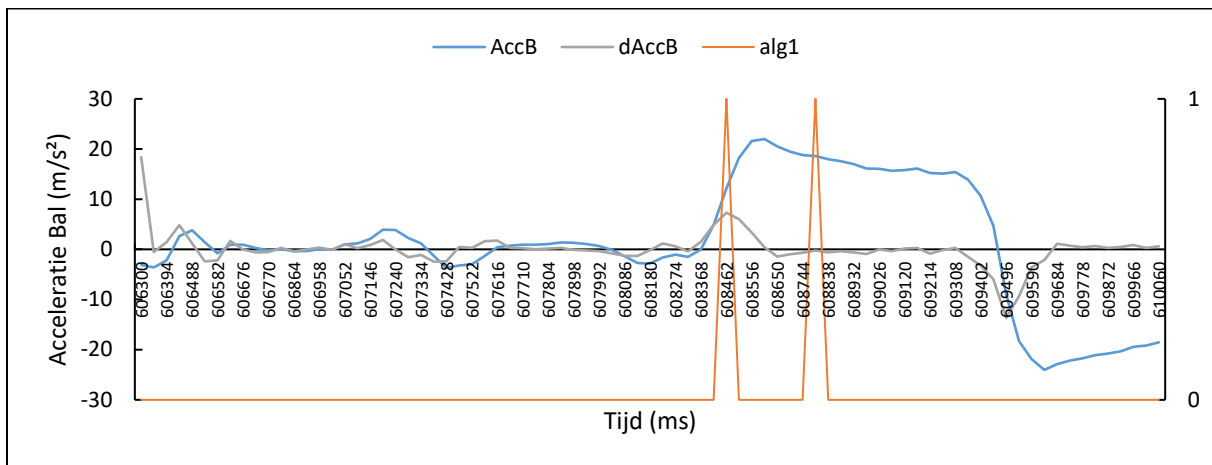


Figuur 9. Resultaat van alle gedetecteerde dynamische schoten uit algoritme 1.

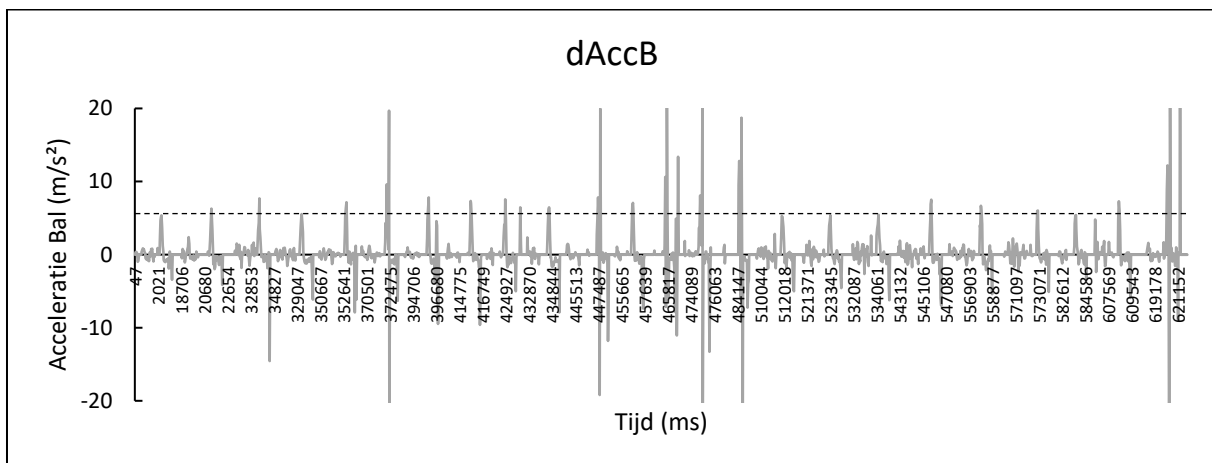
3.2 Ontwikkeling algoritme

3.2.3. Algoritme 2

In Figuur 10 is een voorbeeld waar twee pieken worden gedetecteerd, terwijl alleen de eerste gewenst is. Dit zou eenvoudig opgelost kunnen worden door ook hier een drempelwaarde in te stellen. In dit geval niet een drempelwaarde voor de acceleratie, maar voor de hoogte van de piek van de dAccB.



Figuur 10. Grafiek van een dynamisch schot met een dubbele schotdetectie.



Figuur 11. Grafiek van de delta acceleratie van de bal bij alle dynamische schoten.

Voorwaarde

4. In Figuur 11 is de dAccB van alle schoten zichtbaar, waarbij negatieve versnellingen worden genegeerd. Het is duidelijk zichtbaar dat alle gewenste pieken wel boven de 5 m/s^2 zitten (stippellijn). De volgende voorwaarde wordt dus dat de dAccB groter moet zijn dan 5.

Met voorwaarde 4 als aanvulling op algoritme 1, leidt vervolgens tot een tweede concept van het algoritme voor schoten. Deze is weergegeven in Figuur 12. Alle aanpassingen ten opzichte van het vorige concept zullen in het vervolg geel gemarkeerd worden.

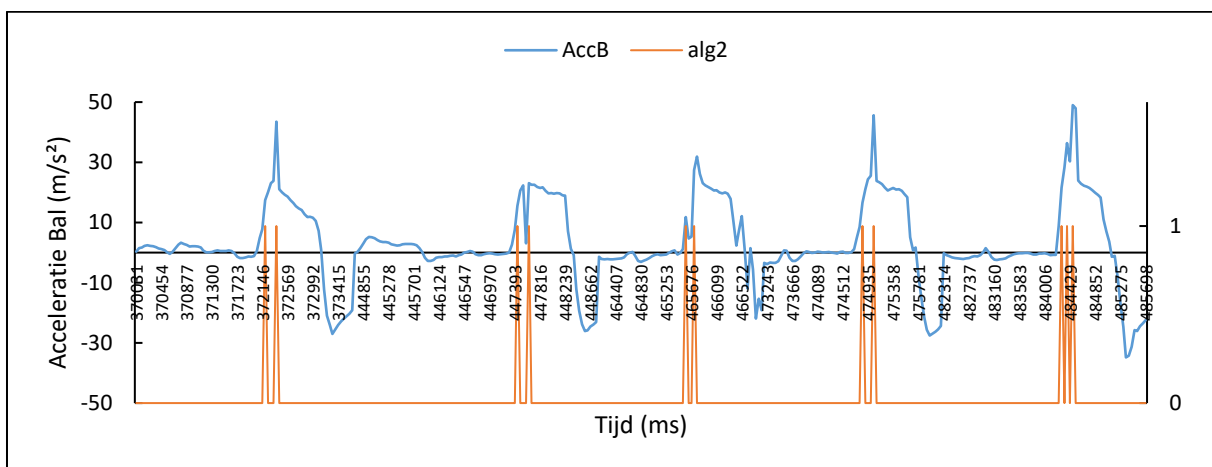
Algoritme 2	
Voorwaarde 1: i-1:i AccB >= 0	Voorwaarde 3: GEM(i:i+14) AccB >= 14
&	&
Voorwaarde 2: i-1 dAccB < i dAccB > i+1 dAccB	Voorwaarde 4: i dAccB >= 5

Figuur 12. Concept van algoritme 2 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.

Het resultaat van algoritme 2 is dat er 30 schoten worden gedetecteerd in plaats van 24. Er is wel een afname van foutieve pieken en nog steeds wordt geen schot over het hoofd gezien, maar er worden toch nog steeds teveel extra pieken rondom het schot gedetecteerd bij vijf schoten. Vaak zijn er twee pieken rondom het versnellingssignaal en een enkele keer drie pieken.

3.2.4. Algoritme 3

In Figuur 13 is te zien dat er in drie van de vijf gevallen een dipje in het versnellingssignaal optreedt vlak voor de piek van de versnelling. Dit zorgt ervoor, als er weer een piek verschijnt in de dAccB voor én/of op het moment dat de maximale versnelling wordt behaald, dat er een schot wordt herkend. In de andere twee van de vijf gevallen is juist het probleem dat er na de eerste grote toename van de versnelling van de bal, nog eens een grote piek van de dAccB erbovenop verschijnt (die ondanks de drempelwaarde van 5 toch groter is). Het algoritme registreert hier dus meerdere schoten, terwijl eigenlijk alleen de eerste detectie juist is. Maar hoe kunnen dan de latere (foute) pieken onderscheiden worden van de eerste piek om een extra voorwaarde te stellen?



Figuur 13. Resultaat van de dynamische schoten met te veel schotdetecties uit algoritme 2.

Voorwaarde

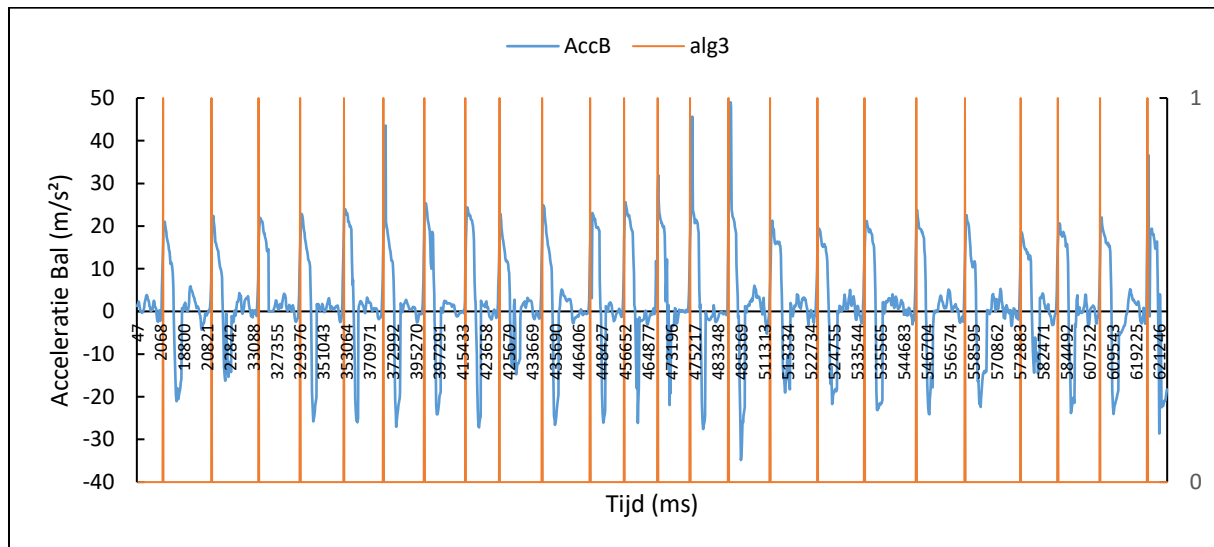
5. Dat is goed op te merken in deze voorbeelden. Er is te zien dat de versnelling na de eerste detectie altijd toeneemt, dat is bij elk schot het geval. Bij de 'verkeerde' detecties is te zien dat de versnelling juist afneemt. Hierdoor kan als extra voorwaarde dus heel eenvoudig gesteld worden dat de cel na de huidige cel van de versnelling van de bal groter moet zijn dan de huidige cel.

Met voorwaarde 5 erbij ontstaat een derde concept van het algoritme voor schoten (Figuur 14).

Algoritme 3	&
Voorwaarde 1: i-1: i AccB >= 0	Voorwaarde 4: i dAccB >= 5
&	&
Voorwaarde 2: i-1 dAccB < i dAccB > i+1 dAccB	Voorwaarde 5: i AccB < i+1 AccB
&	
Voorwaarde 3: GEM(i:i+14) AccB >= 14	

Figuur 14. Concept van algoritme 3 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.

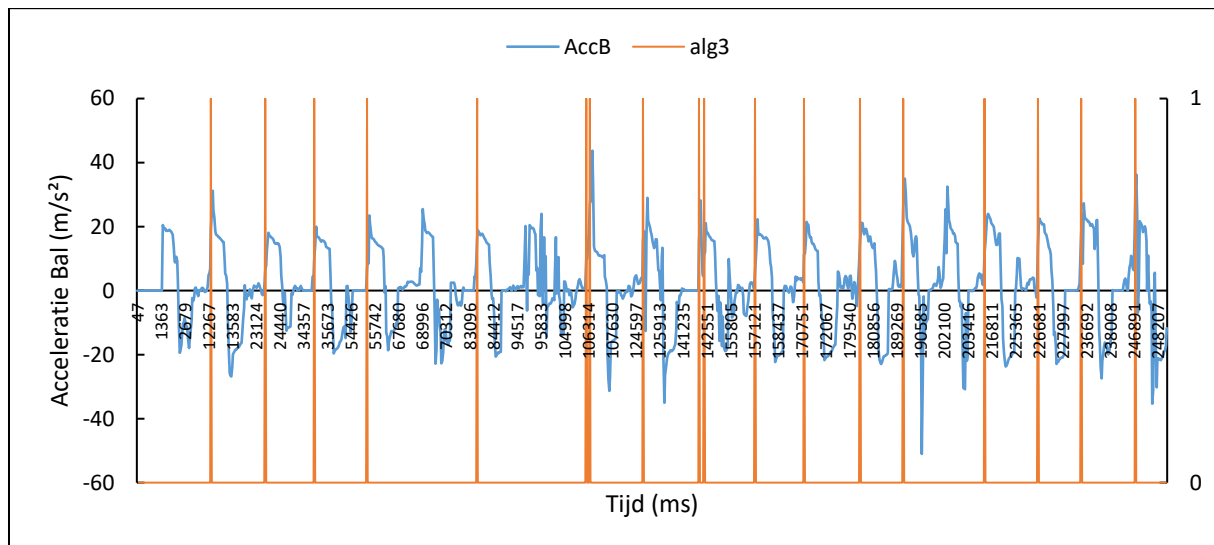
Wederom wordt dit algoritme getest. Zoals zichtbaar in Figuur 15 worden alle 24 schoten nu ook herkend en allemaal op het juiste moment.



Figuur 15. Resultaat van alle gedetecteerde dynamische schoten uit algoritme 3.

3.2.5. Algoritme 4

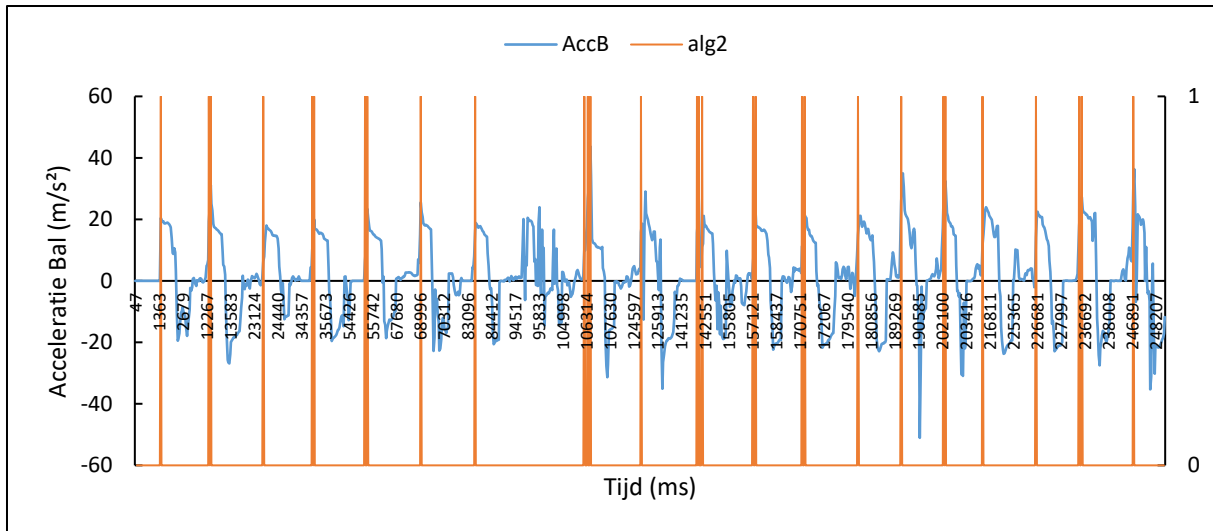
Algoritme 3 werkt nu succesvol voor dynamische schoten, maar dit moet ook nog getest worden op de statische schoten. De veronderstelling was als dynamische schoten gedetecteerd kunnen worden dan zal dat bij statische schoten ook moeten lukken.



Figuur 16. Resultaat van alle gedetecteerde statische schoten uit algoritme 3.

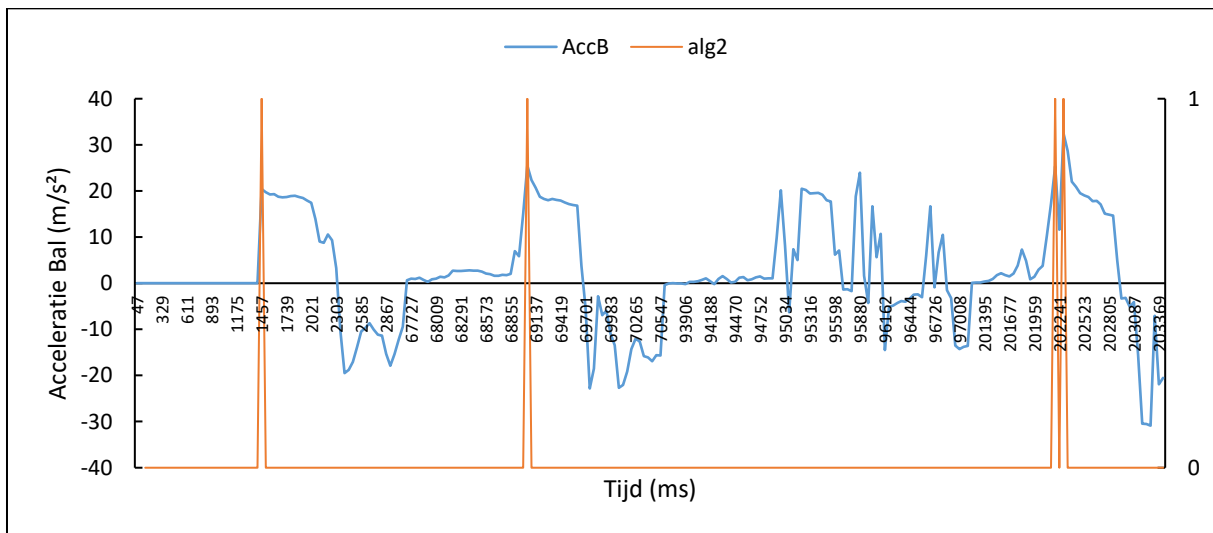
In Figuur 16 is echter zichtbaar dat algoritme 3 niet zo goed werkt bij de statische schoten als bij de dynamische. Van de 20 schoten zijn er 18 gedetecteerd. Hierbij zijn wederom teveel detecties rond hetzelfde schot opgetreden, maar er zijn dit keer ook 4 schoten over het hoofd gezien.

Wat zichtbaar is bij alle niet herkende schoten van algoritme 3, door terug te gaan naar algoritme 2, is dat de laatst toegevoegde voorwaarde hier niet op gaat. Algoritme 2 herkent namelijk wel de momenten van alle statische schoten op één na, alleen zijn er teveel detecties rondom het moment van een schot. Algoritme 3 resulteert in 30 detecties van de 20 (Figuur 17).



Figuur 17. Resultaat van alle gedetecteerde statische schoten uit algoritme 2.

Wat opvalt ten opzichte van de vorige voorwaarde, is dat bij de vier schoten in Figuur 18 na de eerste detectie, de versnellingswaarde niet toeneemt maar juist afneemt. De laatst toegevoegde voorwaarde gaat hier dus niet op.



Figuur 18. Resultaat van de niet herkende statische schoten uit algoritme 3, met de schotdetecties uit algoritme 2.

Als eerste moet het probleem aangepakt worden van de schoten die helemaal niet herkend worden. Door voorwaarde 5 aan te passen zou geprobeerd kunnen worden om dit probleem op te lossen. Een optie is om een OF-functie te maken. Zo kunnen de vorige detecties behouden blijven, maar als er niet aan de voorwaarde voldaan wordt kan een tweede voorwaarde ervoor zorgen dat toch het schot herkend wordt. Dit wordt geprobeerd door terug te komen op voorwaarde 1, maar deze als tweede kenmerk aangepast toe te voegen in voorwaarde 5.

Voorwaarde 5

- De cel na de huidige cel van de versnelling van de bal moet groter zijn dan de huidige cel.
OF
- De acceleratie van de bal twee cellen voor de huidige cel moet positief zijn.

Dit leidt tot een vierde concept van het algoritme voor schoten, weergegeven in Figuur 19.

Algoritme 4

Voorwaarde 1:

i-1: i AccB >= 0**&**

Voorwaarde 2:

i-1 dAccB < i dAccB > i+1 dAccB**&**

Voorwaarde 3:

GEM(i:i+14) AccB >= 14**&**

Voorwaarde 4:

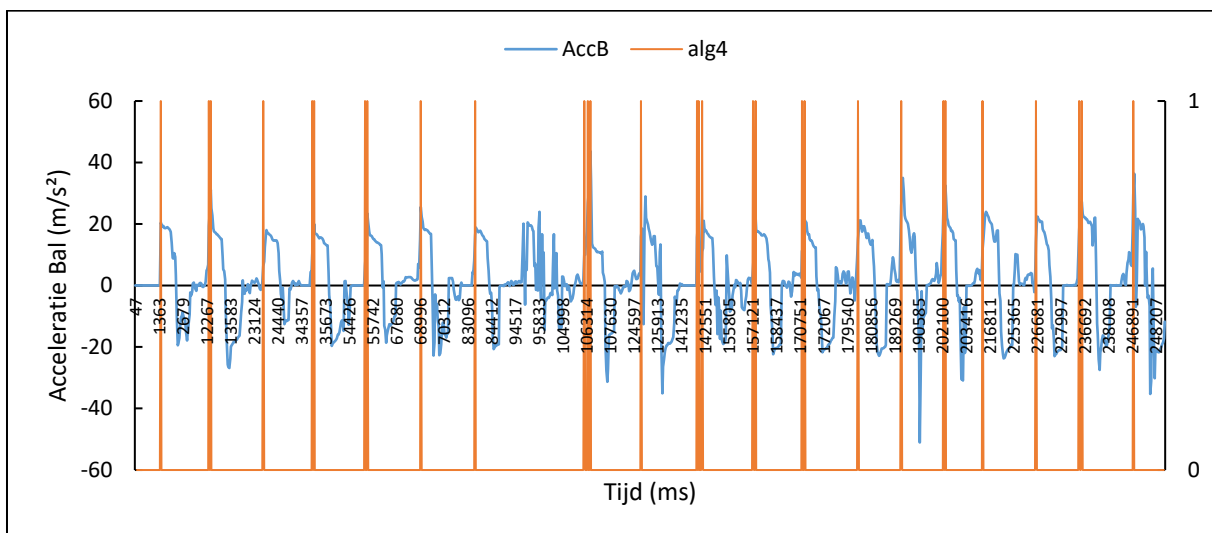
i dAccB >= 5**&**

Voorwaarde 5:

i AccB < i+1 AccB**OF i-2 AccB >= 0**

Figuur 19. Concept van algoritme 4 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.

Het resultaat is dat het algoritme werkt en nu wel alle schoten herkend worden op weer één na (Figuur 20). Deze heeft echter wel een afwijkend signaal met veel op en neerspringende versnellingen in vergelijking met de rest. Dat enige niet herkende schot wordt voor lief genomen, omdat er vanuit gegaan wordt dat dit een niet al te goed gemeten signaal was. Er worden echter nu dus nog steeds 30 schoten gemeten terwijl het er 20 waren.

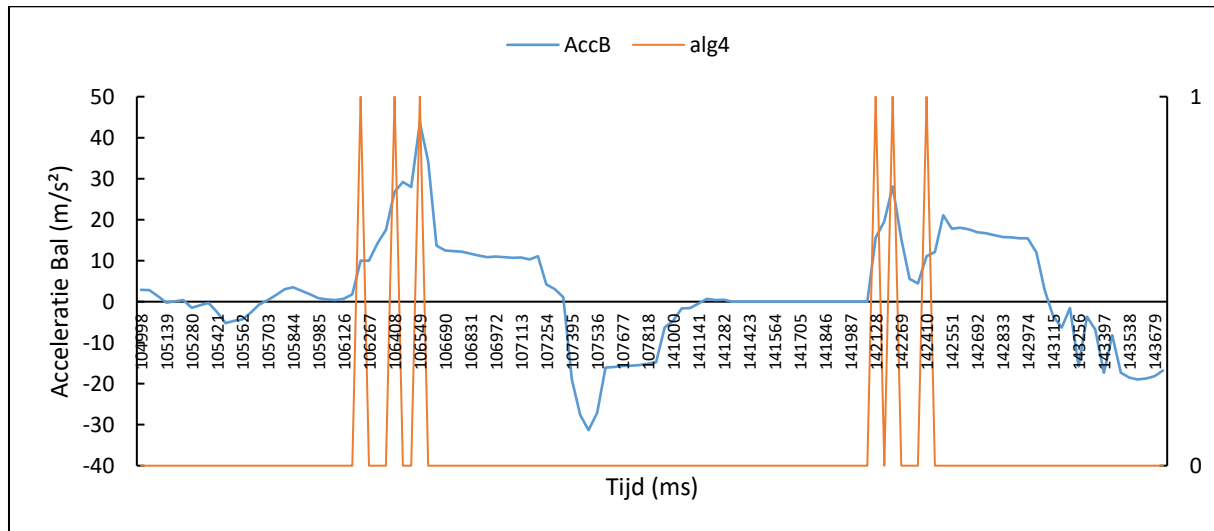


Figuur 20. Resultaat van alle gedetecteerde statische schoten uit algoritme 4.

3.2.6. Algoritme 5

Het enige probleem dat er nu nog is, is een teveel aan detecties rondom het schot. In de meeste gevallen worden er vaak twee schoten gedetecteerd, maar in de voorbeelden in Figuur 21 zelfs drie. Er moet worden toegegeven dat deze versnellingssignalen zich iets anders gedragen dan de meeste schoten, maar het blijft toch nog altijd herkenbare kenmerken houden van een schot. Door een 'late' piek of dipje na de piek van de versnelling, voldoen de voorwaarden van het algoritme nog steeds. Wat echter bekend is, is dat bijna altijd de eerste detectie het daadwerkelijke moment van het schot is. Alle (extra) detecties die nog binnen de fase gedetecteerd worden moeten dus worden genegeerd. Dit kan eenvoudig opgelost worden door te stellen: als er binnen een bepaalde periode al een schot is gedetecteerd, negeer dan alle daaropvolgende detecties in die periode. Deze periode is de helft van de eerder gedefinieerde periode uit voorwaarde 3, 329 milliseconden (8 cellen). Hierdoor wordt ervoor gezorgd dat alleen de eerste detectie geregistreerd wordt, wat meestal ook het daadwerkelijke

moment is. Ook al zou dat niet exact het juiste moment zijn, vormt dat ook geen probleem, aangezien het van belang is dat de vorm herkend wordt en het komt niet op de milliseconde nauwkeurig aan dat het schot op exact het juiste moment wordt herkend.



Figuur 21. Resultaat van de statische schoten met drie schotdetecties uit algoritme 4.

Voorwaarde

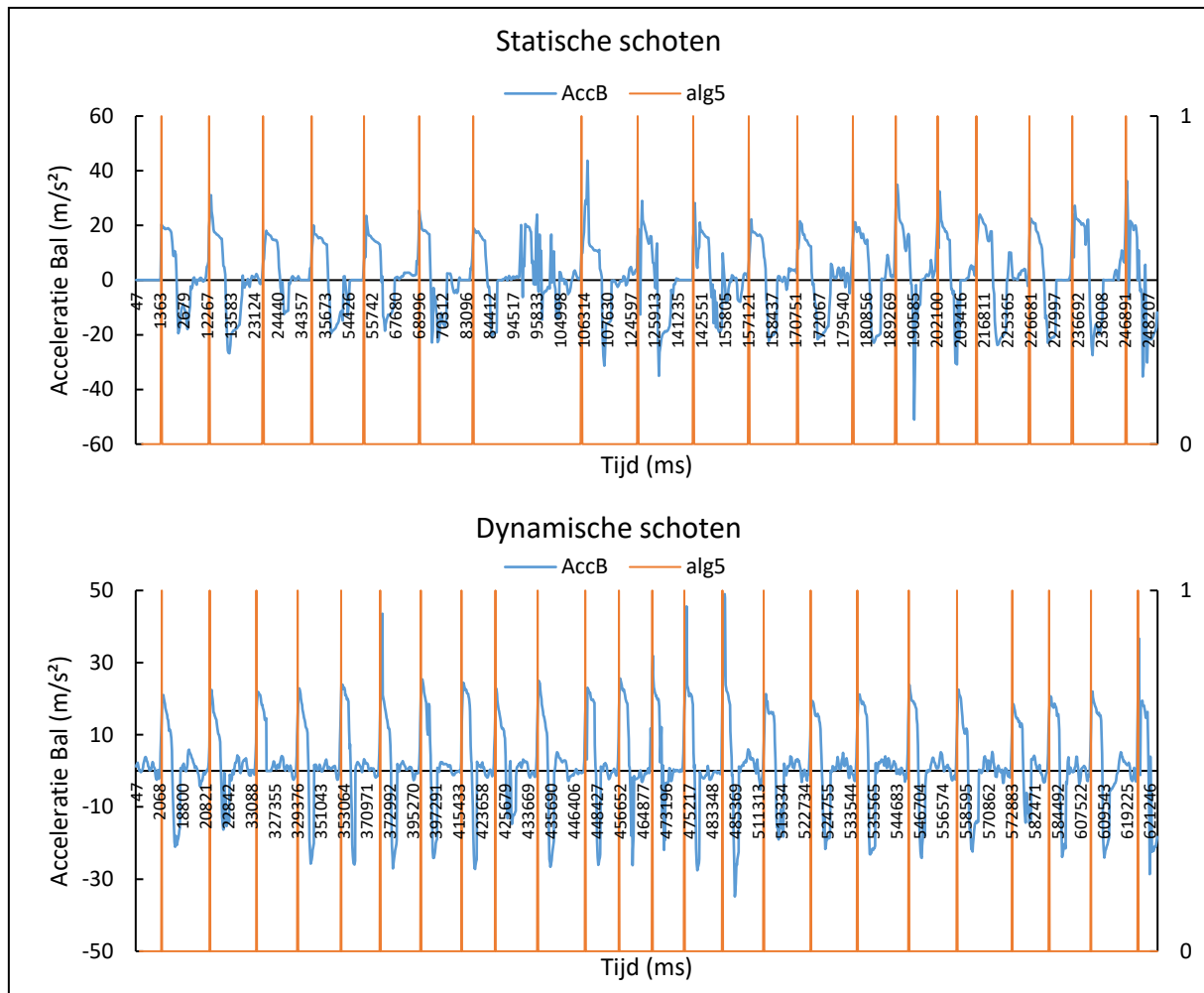
6. Alg5 is de naam van de parameter van het huidige algoritme dat de schoten gaat registreren aan de hand van een '1' (waar) of '0' (onwaar). Als aan alle voorwaarden wordt voldaan, wordt bij een schot een 1 toegewezen en anders een 0. De voorwaarde wordt dan: als er binnen 7 cellen voor de huidige cel al een schot is gedetecteerd, negeer dan alle andere eventuele detecties in de 7 daaropvolgende cellen.

Hiervoor wordt algoritme 4 aangevuld met voorwaarde 6 (Figuur 22).

Algoritme 5	
Voorwaarde 1: i-1:i AccB >= 0	Voorwaarde 4: i dAccB >= 5
&	&
Voorwaarde 2: i-1 dAccB < i dAccB > i+1 dAccB	Voorwaarde 5: i AccB < i+1 AccB
&	&
Voorwaarde 3: GEM(i:i+14) AccB >= 14	Voorwaarde 6: SOM(i-7:i Alg5) = 0
&	
	OF
	i-2 AccB >= 0

Figuur 22. Concept van algoritme 5 voor schotdetectie met alle bijbehorende voorwaarden.

Het resultaat van algoritme 5 is dat 19 van de 20 statische schoten herkend worden en 24 van de 24 dynamische schoten herkend worden (Figuur 23). Er kan nu dus wel geconcludeerd worden dat het algoritme in staat is om schoten te herkennen.



Figuur 23. Resultaat van alle gedetecteerde statische en dynamische schoten uit algoritme 5.

3.2.7. Algoritme 6

Om te checken of de passes ook worden herkend met dit algoritme, wordt het algoritme losgelaten op de dataset van alle passes. Dit proces verloopt in principe hetzelfde als voorheen bij de schoten. Uiteindelijk is het algoritme iets aangepast, zodat zowel alle schoten als passes herkend worden. Een aantal aanpassingen aan algoritme 5 heeft geresulteerd in algoritme 6, dat naast schoten ook passes detecteert (Figuur 24).

Algoritme 6

Voorwaarde 1:

i AccB >= 0
&

Voorwaarde 2:

i-1 dAccB < **i** dAccB > **i+1** dAccB
&

Voorwaarde 3:

GEM(**i:i+14** AccB) >= 4,5
&

Voorwaarde 4:

i dAccB >= 2,65
&

Voorwaarde 5:

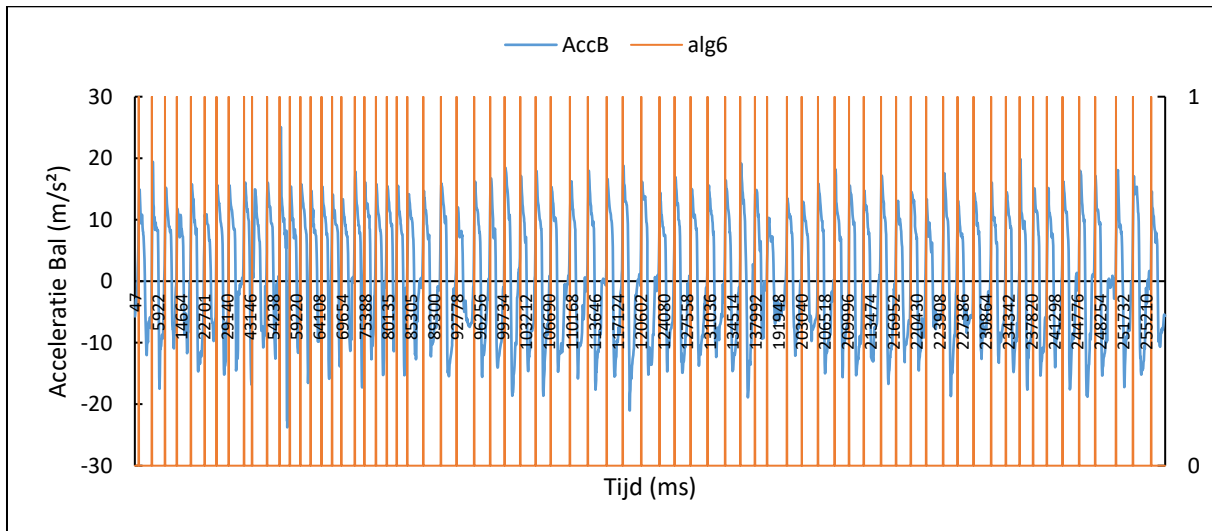
i AccB < **i+1** AccB OF **i-2:i-1** AccB >= 0
&

Voorwaarde 6:

SOM(**i-12:i** Alg6) = 0

Figuur 24. Concept van algoritme 6 voor schot- en passdetecties met alle bijbehorende voorwaarden.

Verbazingwekkend genoeg heeft het algoritme nu een succespercentage van 100%, door de aanpassing van de drempelwaarde bij de gemiddelde acceleratie (voorwaarde 3) wordt nu zelfs het ontbrekende statische schot herkend. Het bewijs voor alle korte passes is te zien in Figuur 25.



Figuur 25. Resultaat van alle gedetecteerde korte passes uit algoritme 6.

Het algoritme is nu in staat om een trap tegen de bal te herkennen en registreren. Het enige probleem nu is dat het algoritme geen onderscheid kan maken tussen passes en schoten op basis van het signaal.

Om nog verder te kunnen analyseren wat de verschillen zijn tussen schoten en passes, zijn er nog drie extra variabelen aangemaakt. De reden hiervoor is dat dan meer informatie verkregen kan worden over een trap, alleen helaas niet over het resultaat van de trap want dat is nog te complex op dit moment om uit het signaal af te leiden. De volgende variabelen zijn hiervoor aangemaakt:

- 1) KickEnd
- 2) KickNr
- 3) KickPeriod

KickEnd is de variabele die het 'einde' van een trap registreert. Hiervoor is gekozen om het moment dat de versnelling weer 0 is te nemen, oftewel op het moment dat de bal een maximale snelheid heeft bereikt na een trap. Hoe deze wordt bepaald staat weergegeven in vergelijking 1 in Figuur 26.

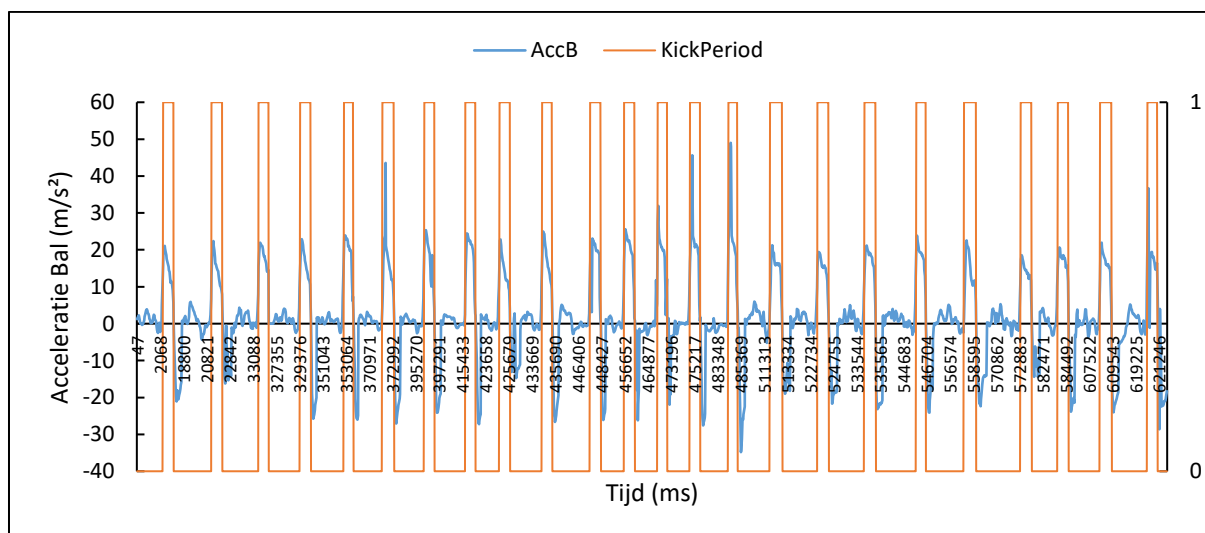
Daarnaast is ook de variabele 'KickNr' gemaakt, deze geeft alle schoten en passes een nummer. Zodra er door het algoritme een trap wordt herkend wordt er 1 opgeteld bij het vorige getal in KickNr, beginnend vanaf 0. Hoe deze wordt bepaald staat weergegeven in vergelijking 2 in Figuur 26.

Nu is er een begin en eindpunt van een schot bekend, dus kan deze periode afgebakend worden. Het begin van een schot wordt gedetecteerd door algoritme 6 en het einde van een schot kan nu bepaald worden aan de hand van KickEnd. Deze periode wordt bepaald met de variabele 'KickPeriod'. Hoe dit wordt bepaald staat weergegeven in vergelijking 3 in Figuur 26.

1)	ALS	$i \text{ SnelheidB} = \text{MAX}(i-7:i+7 \text{ SnelheidB})$ & $i \text{ SnelheidB} > 5$
	WAAR	DAN $i \text{ KickEnd} = 1$
	ONWAAR	DAN $i \text{ KickEnd} = 0$
2)	$i \text{ KickNr}$	$= i-1 \text{ KickNr} + i \text{ Alg6}$
3)	ALS	$i-1 \text{ KickPeriod} + (i \text{ Alg6} - i \text{ KickEnd}) = 1$
	WAAR	DAN $i \text{ KickPeriod} = 1$
	ONWAAR	DAN $i \text{ KickPeriod} = 0$

Figuur 26. Functies die de variabelen: 1) einde, 2) nummer, 3) periode, van een trap tegen de bal te bepalen.

Zoals in Figuur 27 is te zien, zijn nu bijvoorbeeld alle periodes van de dynamische schoten afgebakend. Hierdoor kunnen nu ook automatisch en opnieuw alle schoten geanalyseerd worden. Dit was eerst al handmatig gedaan voor een gedeelte, alleen het algoritme is opgesteld op basis van een minimale drempelwaarde van een periode van 705 milliseconden. Dit wordt opnieuw gedaan om te kijken of er verschillen waarneembaar zijn waarmee mogelijk onderscheid gemaakt kan worden tussen schoten en passes. Deze zijn weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3 in de resultaten (hoofdstuk 4.2). De poging om een algoritme op te stellen dat passes van schoten onderscheid is te vinden in Bijlage III.



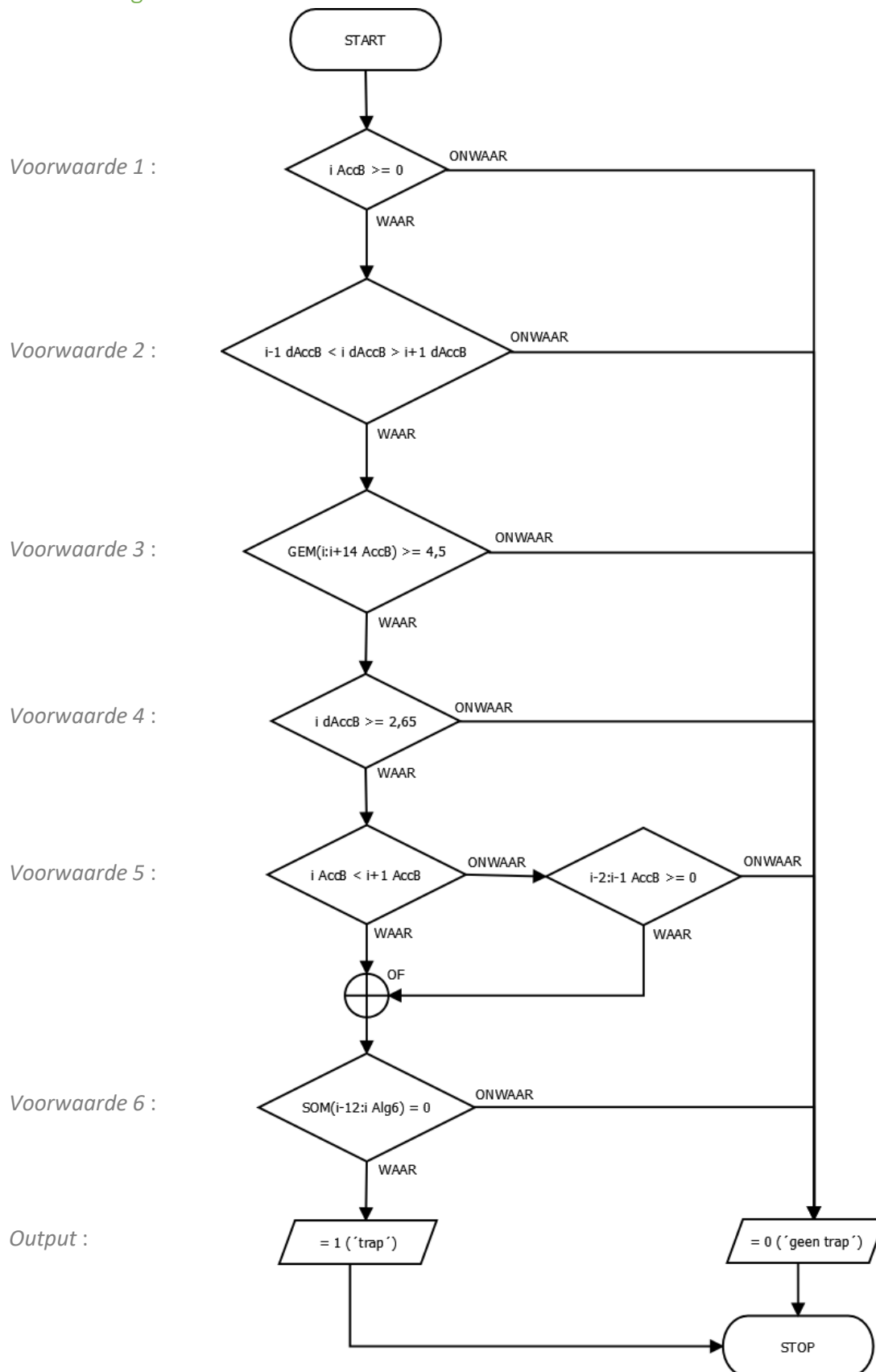
Figuur 27. Resultaat van de gedetecteerde schotperiodes bij alle dynamische schoten met behulp van de variabele KickPeriod.

Op basis van visuele waarnemingen van de balsignalen bij het dribbelen, is er voor gekozen deze niet te verwerken. Het blijkt nog te complex te zijn om een balaanraking uit deze signalen te halen en wegens tijdgebrek niet haalbaar om nog een algoritme op te stellen voor het herkennen van dribbels.

Tenslotte is de werking van het algoritme nog gevalideerd door het te controleren op een andere dataset. Hiervoor werd de meting volgens het meetprotocol uit hoofdstuk 3.1.1 herhaald op een andere dag. Voor de validatiemeting werden twee andere proefpersonen gebruikt, studenten van 21 en 24 jaar oud met ervaring in amateurvoetbal. De notationele analyse werd ook voor deze nieuwe meting uitgevoerd, waarna vervolgens alleen nog de data werd geëxporteerd en het algoritme over deze dataset werd gedraaid. Het aantal succesvolle en niet succesvolle detecties werden toen opnieuw bepaald. Om een uitspraak te doen over de werking van het algoritme, is het uitgedrukt in een succespercentage. Dit percentage geeft aan hoeveel procent van het daadwerkelijk aantal plaatsgevonden trappen goed is beoordeeld. De resultaten van de validatie worden weergegeven in hoofdstuk 4.2.1.

4. Resultaten

4.1. Algoritme



Figuur 28. Resultaat van het eindalgoritme in een stroomdiagram.

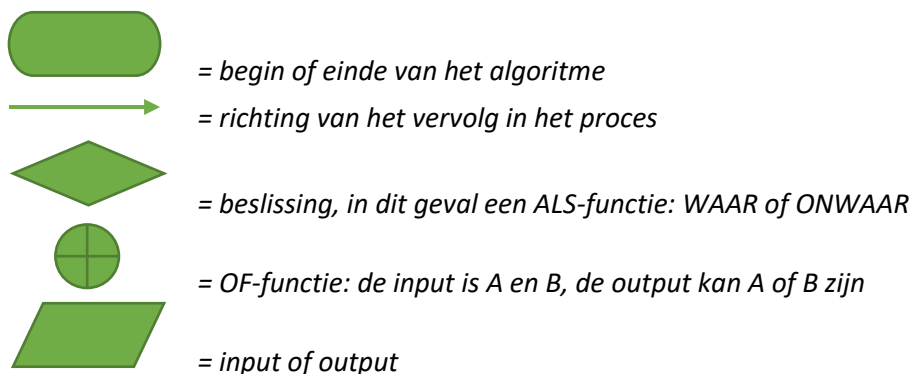
Uitleg van het algoritme

Het algoritme zoals weergegeven in Figuur 28 wordt vanaf de eerste rij, over elke rij van de dataset uitgevoerd. Zodra het algoritme in de huidige rij bij 'STOP' is aanbeland, wordt er overgesprongen naar de volgende rij en zal dit herhaald worden tot aan de laatste rij van de dataset.

Terminologie:

i	= huidige cel
AccB	= acceleratie van de bal (m/s^2)
dAccB	= delta acceleratie van de bal (m/s^2)
GEM(... : ...)	= gemiddelde van het geselecteerde bereik
SOM(... : ...)	= som van het geselecteerde bereik
Alg6	= algoritme 6 (1/0)

Vormen:



Voorwaarden:

- 1) De huidige cel van de AccB, moet groter of gelijk aan 0 zijn. Oftewel de acceleratie van de bal moet positief zijn.
- 2) De cel voor EN na de huidige cel van de dAccB moeten groter zijn dan de huidige cel.
- 3) Het gemiddelde vanaf de huidige cel tot aan 14 cellen na de huidige cel van de AccB, moet groter of gelijk aan 4,5 zijn. Oftewel de gemiddelde versnelling van de bal over 700 ms moet hoger of gelijk zijn aan de drempelwaarde van 4,5 m/s^2 .
- 4) De dAccB in de huidige cel moet groter of gelijk zijn aan 3.
- 5) De AccB in de cel na de huidige cel moet groter zijn dan de waarde in de huidige cel.
OF
De AccB in de 2 cellen voor de huidige cel moeten groter of gelijk zijn aan 0. Oftewel de 2 versnellingen voor de huidige cel mogen niet negatief zijn.
- 6) De som in de range van 12 cellen voor de huidige cel van het algoritme (Alg6: 1=trap, 0=geen trap) moet gelijk zijn aan 0. Oftewel als binnen een range van 12 cellen voor de huidige cel al eerder een schot is gedetecteerd (som>0) en voorgaande voorwaarden zijn juist, negeer dan de huidige cel. Dus er mag niet binnen een range van 12 cellen een 1'tje (trap) volgen als daarvoor al eerder een trap is gedetecteerd.

Output:

Als aan alle voorwaarden is voldaan is de output een '1', dus een trap tegen de bal. Als niet aan al deze voorwaarden is voldaan (met uitgang van de OF-functie uit voorwaarde 5, daarvan moet ten minste 1 van de opties WAAR zijn), dan is de output een '0', dus dan is er geen trap tegen de bal gedetecteerd.

4.2. Tabellen

In Tabel 2 zijn de duur, gemiddelde en maximale versnelling, gemiddelde en maximale snelheid bepaald voor statische schoten (SS), dynamische schoten (DS), korte passes (KP), lange passes (LP) en korte passes (KP).

		SS	DS	KP	LP	HP
	<i>N</i>	20	24	70	31	24
duur (ms)	<i>gem</i>	1008	936	971	996	1003
	<i>SD</i>	147	73	56	37	30
	<i>min</i>	752	799	893	940	940
	<i>max</i>	1316	1081	1269	1081	1034
a_{gem} (m/s²)	<i>gem</i>	15,04	17,40	10,61	17,83	17,99
	<i>SD</i>	2,18	2,43	1,28	2,28	1,58
	<i>min</i>	10,83	14,05	7,05	13,04	14,84
	<i>max</i>	20,32	24,81	13,45	21,47	20,18
a_{max} (m/s²)	<i>gem</i>	26,23	26,44	15,75	24,46	24,62
	<i>SD</i>	6,68	8,50	2,20	2,68	4,63
	<i>min</i>	18,05	18,56	10,30	18,63	19,38
	<i>max</i>	43,70	49,00	25,06	30,40	42,83
v_{gem} (km/h)	<i>gem</i>	34,33	44,81	26,10	40,40	41,02
	<i>SD</i>	4,37	2,59	2,50	4,28	3,17
	<i>min</i>	28,46	39,74	18,26	30,06	33,99
	<i>max</i>	42,80	50,13	30,15	47,05	46,38
v_{max} (km/h)	<i>gem</i>	61,91	71,26	42,73	69,85	71,05
	<i>SD</i>	6,04	4,22	3,63	8,28	4,78
	<i>min</i>	54,72	60,73	31,39	52,63	60,34
	<i>max</i>	76,79	78,48	49,61	80,93	78,30

Tabel 2. Resultaten van duur, versnelling en snelheid van de bal bij SS, DS, KP, LP en HP.

- SS hebben gemiddeld de grootste duur (1008 ± 147), gevolgd door HP (1003 ± 30), LP (996 ± 37), KP (971 ± 56) en DS (936 ± 73) ($GEM \pm SD$ [ms]).
- HP hebben gemiddeld de grootste gemiddelde versnelling ($18,0 \pm 1,6$), gevolgd door LP ($17,8 \pm 2,3$), DS ($17,4 \pm 2,4$), SS ($15,0 \pm 2,2$) en KP ($10,6 \pm 1,3$) ($GEM \pm SD$ [m/s²]).
- DS hebben gemiddeld de grootste maximale versnelling ($26,4 \pm 8,5$), gevolgd door SS ($26,2 \pm 6,7$), HP ($24,6 \pm 4,6$), LP ($24,4 \pm 2,7$) en KP ($15,8 \pm 2,2$) ($GEM \pm SD$ [m/s²]).
- DS hebben gemiddeld de grootste gemiddelde snelheid ($44,8 \pm 2,6$), gevolgd door HP ($41,0 \pm 3,1$), LP ($40,4 \pm 4,3$), SS ($34,3 \pm 4,4$) en KP ($26,1 \pm 2,5$) ($GEM \pm SD$ [km/h]).
- DS hebben gemiddeld de grootste maximale snelheid ($71,3 \pm 4,2$), gevolgd door HP ($71,1 \pm 4,8$), LP ($69,9 \pm 8,3$), SS ($61,9 \pm 6,0$) en KP ($42,7 \pm 3,6$) ($GEM \pm SD$ [km/h]).

In Tabel 3 zijn de duur, gemiddelde en maximale versnelling, gemiddelde en maximale snelheid bepaald voor schoten en passes. De resultaten uit Tabel 3 zijn ook verwerkt in boxplots, deze zijn weergegeven in Bijlage II.

	duur (ms)		a_{gem} (m/s ²)		a_{max} (m/s ²)		v_{gem} (km/h)		v_{max} (km/h)	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
gem	969	983	16,33	13,82	26,35	19,61	40,05	32,51	67,01	54,90
SD	117	49	2,58	3,98	7,64	5,25	6,31	7,91	6,92	14,77
gem-SD	852	934	13,74	9,84	18,71	14,36	33,74	24,60	60,09	40,13
gem+SD	1086	1033	18,91	17,80	33,99	24,86	46,36	40,42	73,93	69,66
min	752	893	10,83	7,05	18,05	10,30	28,46	18,26	54,72	31,39
max	1316	1269	24,81	21,47	49,00	42,83	50,13	47,05	78,48	80,93

Tabel 3. Resultaten van duur, versnelling en snelheid van de bal bij S (n=44) en P (n=125).

- Passes hebben gemiddeld een grotere duur (983 ± 49) dan schoten (969 ± 117) ($GEM \pm SD$ [ms]).
- Schoten hebben gemiddeld een grotere gemiddelde versnelling ($16,3 \pm 2,6$) dan passes ($13,8 \pm 4,0$) ($GEM \pm SD$ [m/s²]).
- Schoten hebben gemiddeld een grotere maximale versnelling ($26,4 \pm 7,6$) dan passes ($19,6 \pm 5,3$) ($GEM \pm SD$ [m/s²]).
- Schoten hebben gemiddeld een grotere gemiddelde snelheid ($40,1 \pm 6,3$) dan passes ($32,5 \pm 7,9$) ($GEM \pm SD$ [km/h]).
- Schoten hebben gemiddeld een grotere maximale snelheid ($67,0 \pm 6,9$) dan passes ($54,9 \pm 14,8$) ($GEM \pm SD$ [km/h]).

4.2.1. Validatie

In Tabel 4 zijn de resultaten van de validatie van het algoritme weergegeven voor SS, DS, KP, LP, HP en alle schoten en passes totaal. De werking van de beoordelingen door het algoritme zijn uitgedrukt in een succespercentage.

	n		juist		onjuist		overschat		onderschat	
	alg6		n	%	n	%	n	%	n	%
SS	23	23	23	100,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
DS	22	24	22	91,67%	2	8,33%	2	8,33%	0	0,00%
KP	20	20	20	100,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
LP	19	20	19	95,00%	1	5,00%	1	5,00%	0	0,00%
HP	20	19	19	100,00%	1	5,26%	0	0,00%	1	5,26%
S	45	47	45	95,74%	2	4,26%	2	4,26%	0	0,00%
P	59	59	58	98,31%	2	3,39%	1	1,69%	1	1,69%
Totaal	104	106	103	97,17%	4	3,77%	3	2,83%	1	0,94%

Tabel 4. Resultaten van de beoordeling van het eindalgoritme voor SS, DS, KP, LP, HP en totalen van alle S en P.

Alle SS, KP en HP worden 100% juist beoordeeld, waarbij 5,3% van de HP onderschat (niet beoordeeld) wordt. DS worden voor 91,7% juist beoordeeld, waarbij 8,3% overschat (fout beoordeeld) wordt. LP worden voor 95% juist beoordeeld, waarbij 5,0% overschat wordt.

Het totaal van alle schoten wordt voor 95,7% juist beoordeeld, waarbij 4,3% overschat wordt. Het totaal van alle passes wordt voor 98,3% juist beoordeeld, waarvan 3,4% onjuist beoordeeld wordt. Van alle passes wordt 1,7% overschat en 1,7% onderschat.

Het totale succespercentage van het algoritme is 97,2%. Door het algoritme wordt 3,8% onjuist beoordeeld, waarvan 2,8% overschat en 0,9% onderschat wordt.

5. Discussie

Het doel van dit project was om een algoritme te creëren dat in staat is om acties aan de bal te herkennen. Om technische vaardigheden te kunnen meten, dienden verschillende acties aan de bal gedetecteerd en van elkaar te onderscheiden kunnen worden. Het streven was om een balaanraking te laten detecteren.

Het resultaat van dit project is een algoritme dat in staat is om een trap tegen de bal te herkennen. Dit houdt in dat schoten en passes detecteerbaar zijn. Een subtielere balaanraking zoals bij een dribbel is echter niet af te leiden uit dit algoritme. Het opgestelde algoritme op basis van de dataset uit het meetprotocol herkende alle uitgevoerde trappen, hierbij had het dus een succespercentage van 100%. De validatie van het algoritme over een andere dataset dan waarmee het algoritme ontworpen was, resulteerde in een succespercentage van 97,2%, waarvan 2,8% van de detecties fout is beoordeeld en 0,9% van de trappen niet is herkend. Dit is een goede score, waarmee het zeker acceptabel is om dit algoritme in te zetten als vervanging van notationale analyse. Er vallen echter nog wel wat kanttekeningen te plaatsen bij deze resultaten. Om schoten en passes volledig van elkaar te onderscheiden met een algoritme is niet gelukt. Het probleem was dat het signaal van lange en hoge passes vaak vergelijkbaar was met dat van schoten en daardoor vaak verkeerd werd beoordeeld. Hiervoor is echter al wel een basis gelegd om ten eerste, verschillen tussen schoten en passes verder te kunnen analyseren en ten tweede, voor een opzet voor de vorm van een dergelijk algoritme dat technische vaardigheden kan onderscheiden (Bijlage II en III).

Voor het meetprotocol is gebruik gemaakt van een gecontroleerde testopstelling. Het is belangrijk voor het ontwikkelen van een algoritme dat dezelfde vaardigheden zo vergelijkbaar mogelijk worden uitgevoerd om eventuele kenmerken van een specifieke uitvoering te kunnen herkennen. Daarmee konden vervolgens voorwaarden opgesteld worden om verschillende uitvoeringen proberen te onderscheiden. Het uiteindelijke doel van dit algoritme is dat het toegepast zal worden om wedstrijden te analyseren. Ondanks dat het algoritme succesvol werkt voor gecontroleerde situaties, is het nog niet bekend of het in een wedstrijdssituatie even succesvol zal werken. Een wedstrijd vindt plaats in een dynamischere omgeving dan een testopstelling. De invloed van meerdere spelers op het veld en verschillende acties of gebeurtenissen op het signaal van de bal, is bijvoorbeeld nog onbekend. In de methode zijn met behulp van markeringen de momenten van alle trappen afgebakend. Dit houdt in dat delen van de dataset buiten of tussen de uitvoeringen weggeknippt zijn om de patronen van de trappen zo duidelijk mogelijk naar voren te laten komen. Het nadeel hiervan is wel dat voor de validatie van het algoritme, mogelijke verkeerde detecties buiten de uitvoeringen om niet onderzocht zijn. Indien daar verkeerde detecties opgemerkt zouden worden, heeft dat natuurlijk gevolgen voor de werking van het algoritme. Het is dus niet uitgesloten dat het algoritme momenten zal detecteren, die eigenlijk geen trap tegen de bal zijn.

Ten aanzien van de methode valt nog op te merken dat er gebruik is gemaakt van relatief weinig proefpersonen. Het algoritme is bepaald aan de hand van data van slechts twee spelers. Hierdoor is er ook nog relatief weinig bekend over de mate waarin de signalen van trappen tussen individuen kunnen verschillen. Het is de bedoeling dat het algoritme voor elke speler zou moeten werken, zonder dat drempelwaarden van snelheden of versnellingen de detecties beperken. Dit is voornamelijk bedoeld voor andere doelgroepen, bijvoorbeeld jongere spelers of amateurs die niet in staat zijn om met dezelfde snelheid tegen een bal te trappen als profspelers. Hoewel de herhaling van de meting met twee andere proefpersonen van een andere doelgroep is uitgevoerd geeft dit wel aan dat het algoritme ook met andere proefpersonen werkt, alleen geeft het nog geen garantie dat het voor alle doelgroepen zal werken.



5.1. Aanbevelingen

Op basis van dit project wordt aangeraden om in de toekomst het algoritme te optimaliseren en uit te breiden, voordat het ingezet kan worden als middel voor technische prestatie analyse bij voetbalwedstrijden.

- 1) Om het streven van dit algoritme te realiseren, dient het verder aangepast te worden totdat het in staat is om verschillende technische vaardigheden van elkaar te kunnen onderscheiden. Om het algoritme in de huidige staat te optimaliseren, dienen schoten en passes nog van elkaar te onderscheiden worden.
- 2) Het is ook wenselijk om het algoritme uit te breiden met het detecteren van dribbels. Om dribbels meetbaar te kunnen maken, zal opnieuw een bewegingsanalyse uitgevoerd moeten worden om de kenmerken van dribbels te bepalen. De opzet hiervoor is om een balaanraking te kunnen herleiden uit het signaal van de bal. Zodra een balaanraking herkend kan worden aan de baldata, is het mogelijk om meerdere technische vaardigheden te gaan analyseren (hoofdstuk 2.2).
- 3) Om relevante informatie uit de baldata te kunnen halen voor technische prestatie analyse, is het van belang dat er uit het algoritme ook het resultaat van een actie verkregen kan worden. Wellicht kunnen nieuwe voorwaarden om het resultaat mee vast te stellen ook dienen om acties van elkaar te onderscheiden. Gegevens die waardevol zijn om uit het algoritme te verkrijgen zijn bijvoorbeeld het aantal schoten op doel en succesvolle of niet succesvolle passes. Dit zou mogelijk bepaald kunnen worden door extra voorwaarden op te stellen die vaststellen waar de bal belandt aan het einde van een actie. Denk hierbij voor schoten bijvoorbeeld aan het vaststellen van een schot op doel, door coördinaten van het doel(gebied) te betrekken in een voorwaarde. In het geval van passes moet vastgesteld worden waar een pass aankomt. Dit zou bepaald kunnen worden aan de hand van of de bal bij een medespeler of tegenstander eindigt (positiedata spelers). Daarbij kunnen ook individuele prestaties bepaald worden, door de spelers die betrokken zijn bij de actie toe te kennen aan die detectie. Op het moment dat een actie gedetecteerd wordt is het aannemelijk dat de speler op het veld met de kleinste afstand ten opzichte van de bal deze actie uitvoert.
- 4) Om een algoritme toe te passen in de sportpraktijk, dient het opgenomen te worden binnen een software van een meetsysteem. Hiervoor zal een module ontwikkeld moeten worden om gegevens uit het algoritme te kunnen verkrijgen om vervolgens in te zetten voor het uitvoeren van wedstrijdanalyses.
- 5) Hardware matig is het bevorderlijk om het ball tracking systeem te optimaliseren. Hiervoor is met name baat bij een hogere meetfrequentie dan 21 Hertz. Door de meetfrequentie te verhogen naar minstens 30 Hertz, zou naast een hogere meetnauwkeurigheid ook zorgen voor meer inzicht in bewegingsuitvoeringen. Bij het analyseren van de data in combinatie met de videobeelden kan dan meer visuele feedback verkregen worden, aangezien dan per videobeeld ook een datapunt is.

6. Conclusie

Terugblikkend op dit project is het doel om een algoritme te creëren dat in staat is om acties aan de bal te herkennen deels geslaagd. De poging om schoten, passes en dribbels te laten detecteren door een algoritme is alleen niet gelukt voor dribbels. Desalniettemin is dit wel succesvol gelukt voor schoten en passes onder gecontroleerde trainingsomstandigheden. Zoals in de analyse was bepaald, zouden technische acties meetbaar gemaakt kunnen worden door een balaanraking af te leiden uit het signaal van de bal. Met dit algoritme is het probleem om een balaanraking te meten nog niet volledig opgelost. Echter, het resultaat van het algoritme uit dit project is dat het in staat is om een trap tegen de bal te meten. De werking van het algoritme is op basis van de resultaten valide bevonden. Op enkele onjuist beoordeelde detecties na, is het algoritme erg succesvol en herkent het nagenoeg alle uitgevoerde schoten en passes.

De grootste beperking van dit algoritme is dat het niet in staat is om schoten en passes van elkaar te onderscheiden. Hoewel met behulp van dit algoritme wel meer inzicht is verkregen in de verschillen van het signaal tussen schoten en passes, is het niet mogelijk om alle trappen tegen de bal juist te beoordelen met een toewijzing als schot of pass.

Voor vervolgstudies vormt het resultaat van het algoritme uit dit project een goede basis om door te ontwikkelen en meer inzicht te kunnen te krijgen in het gedrag van de bal bij schoten en passes. Daarom wordt aanbevolen om het huidige algoritme verder te optimaliseren en uit te breiden, voordat het ingezet kan worden als middel om automatisch het aantal uitgevoerde technische vaardigheden te verkrijgen uit voetbalwedstrijden voor het uitvoeren van prestatie analyses.

Literatuurlijst

- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The Role of Motion Analysis in Elite Soccer Contemporary Performance Measurement Techniques and Work Rate Data. *Sports Med*, 38(10), 839–862. [https://doi.org/0112-1642/08/0010-0839/\\$48.00/0](https://doi.org/0112-1642/08/0010-0839/$48.00/0)
- Hughes, M. D., & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*. <https://doi.org/10.1080/026404102320675602>
- Inmotio Object Tracking BV, (Netherlands). (n.d.-a). Ball tracking systeem | Inmotio. Retrieved June 8, 2017, from <http://inmotio.eu/nl-NL/62/ball-tracking-systeem.html>
- Inmotio Object Tracking BV, (Netherlands). (n.d.-b). *Inmotio System Manual v3.4 EN d6*.
- Lemmink, K. A. P. M. (2004). Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 138–142. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2002.001446>
- Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, A. (2002). Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Med. Sci. Sports Exerc*, 34(12), 2028–2036. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000039076.43492.EF>
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.002>
- Rowlinson, M., & O'Donoghue, P. (2009). Performance profiles of soccer players in the 2006 UEFA Champions League and the 2006 FIFA World Cup tournaments. In T. Reilly & F. Korkusuz (Eds.), *Science and Football VI* (pp. 229–234). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203131879>
- Russell, M., & Kingsley, M. (2011). Influence of Exercise on Skill Proficiency in Soccer. *Sports Med*, 41(7), 523–539. [https://doi.org/0112-1642/11/0007-0523/\\$49.95/0](https://doi.org/0112-1642/11/0007-0523/$49.95/0)
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of Soccer. *Sports Med*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Taylor, J. B., Mellalieu, S. D., James, N., & Shearer, D. A. (2008). The influence of match location, quality of opposition, and match status on technical performance in professional association football. *Journal of Sports Sciences*, 26(9), 885–895. <https://doi.org/10.1080/02640410701836887>

Bijlage

I. Meetprotocol

Benodigheden:

- 2 Proefpersonen:
 - O.19 spelers FC Groningen
 - Hampus Finndell (16)
 - Kolbeinn Finnsson (17)
- 1 test assistent
 - Inmotio PC's bedienen van afstand
- Apparatuur:
 - Inmotio LPM systeem
 - Ball tracking systeem
- 2 LPM transponders (vesten)
- Meetlint
- 12 pionen
- Voetbalveld
- 1 witte voetbal

Testen:

1. *Schoten*
 - a. Statisch
 - b. Dynamisch
2. *Passes*
 - a. Kort (10m)
 - b. Lang (40m)
 - c. Hoog (40m)
3. *Dribbelen*
 - a. Drijven
 - b. Slalom

Protocol:1. *Schoten*

- 20x schieten per PP
 - 10x vanuit stilstand (statisch)
 - 10x met rollende bal (dynamisch)
- Vaste afstand vanaf het doel
 - +/- rand 16m

Instructies:

- 10x vanuit stilstand schieten achter elkaar per proefpersoon.
- 10x met rollende bal schieten achter elkaar per proefpersoon.
- Hierbij dient één van de niet schietende PP op dat moment de ballen te halen die geschoten worden en deze weer terug te brengen bij de schutter.

2. *Passes*

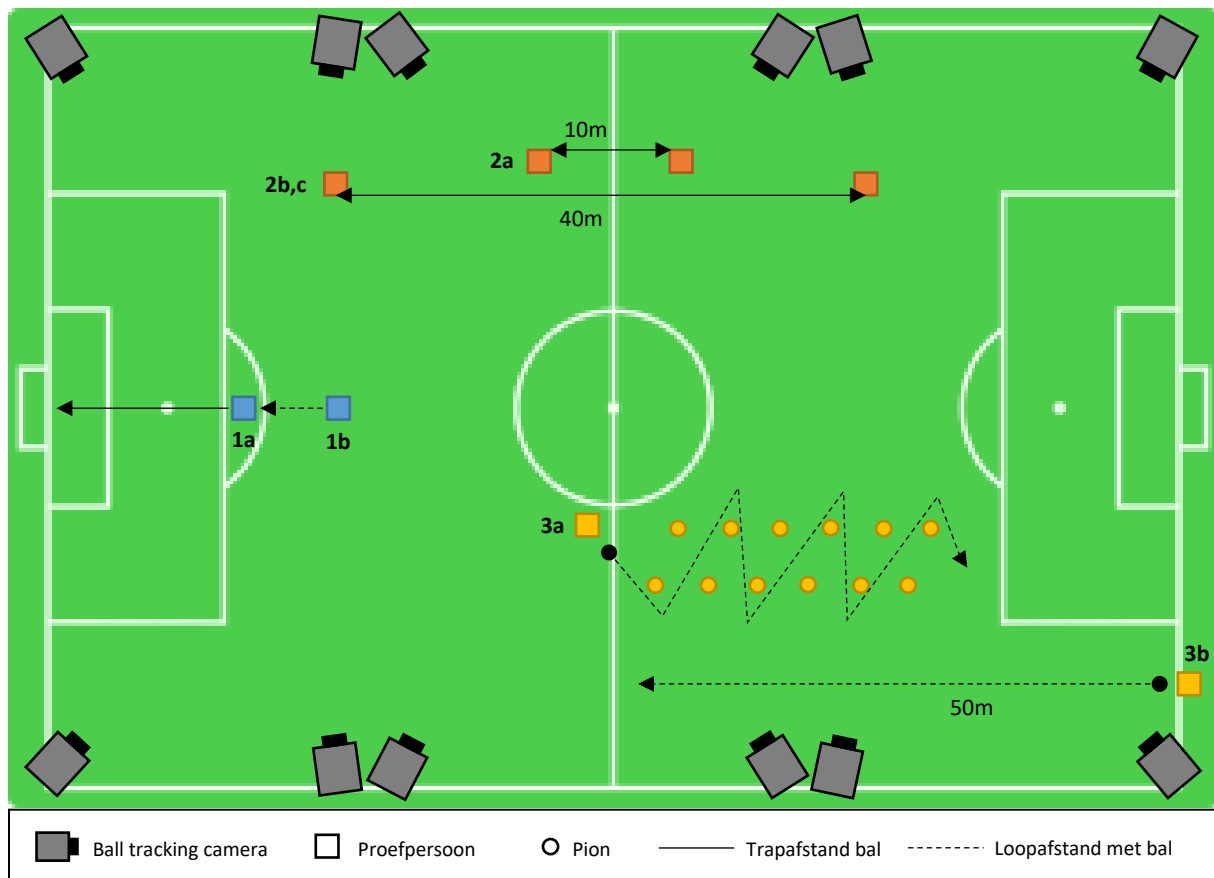
Camera dient hierbij zo gepositioneerd te zijn dat spelers met lateraal aanzicht in beeld zijn!

- 30x heen en weer passen met een consistente snelheid.
- Kort (10m) 10x heen en weer passen, dus 20 balaanrakingen per PP → 10 passes, 10 aannames.
- Lang (40m) 10x heen en weer passen, dus 20 balaanrakingen per PP → 10 passes, 10 aannames.
- Lang (40m) 10x heen en weer passen door de lucht, dus 20 balaanrakingen per PP → 10 passes, 10 aannames.

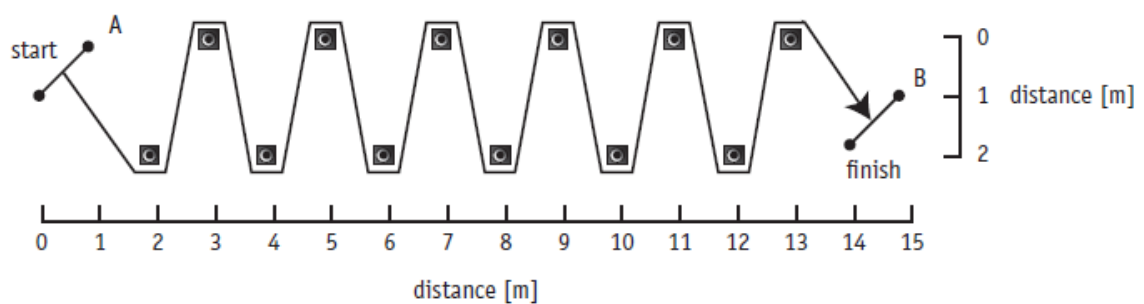
3. *Dribbelen*

Beide PP dienen allebei de testen 2x uit te voeren, dus totaal 8 metingen.

- Drijven over helft van het veld (+/- 50m)
- Slalom dribbel over 15m
 - om de meter een pion (lengte), die 2 meter van elkaar afstaan (breedte).

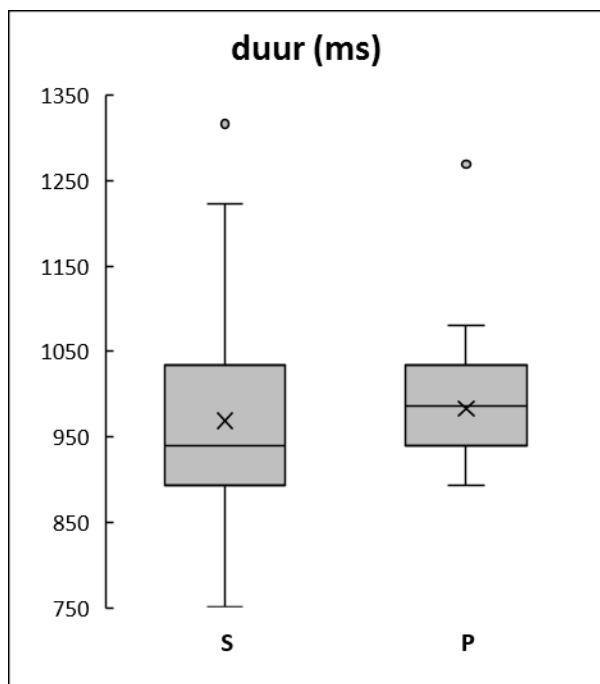
Meetopstelling:

Figuur 29. Meetopstelling voor alle testen. 1. Schoten (blauw), 2. Passes (oranje), 3. Dribbelen (geel).

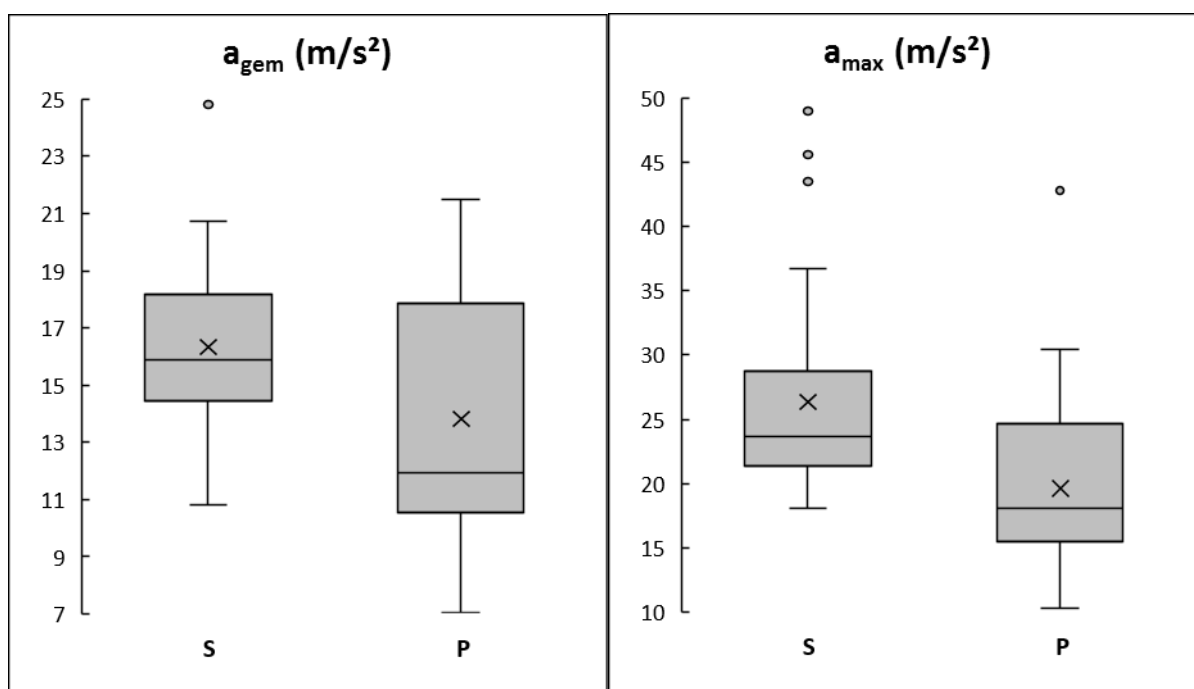


Figuur 30. Opstelling met afmetingen van de slalom dribbeltest (3a).

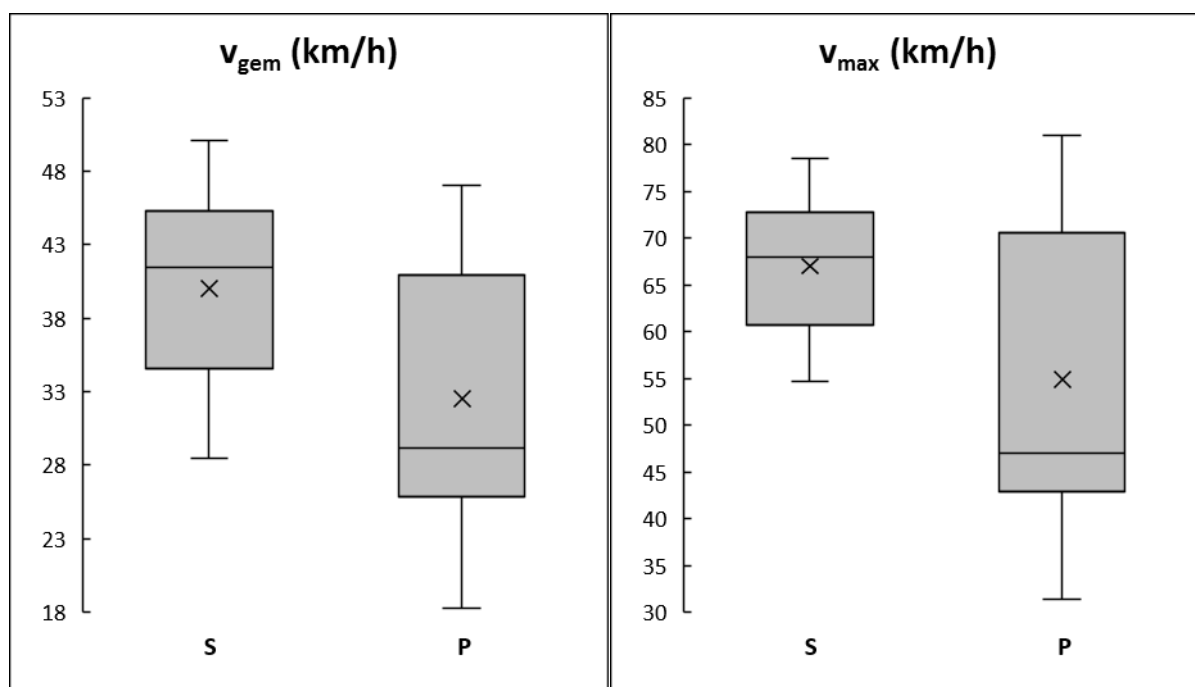
II. Boxplots resultaten



Figuur 31. Boxplot van de duur van schoten en passes.



Figuur 32. Boxplots van de resultaten van de gemiddelde en maximale versnelling van schoten en passes.



Figuur 33. Boxplots van de resultaten van de gemiddelde en maximale snelheid van schoten en passes.

III. Algoritme onderscheid schoten en passes

Algoritme 7

START

ALS

1) $i \text{ Alg6} = 1$

EN

2) $\text{maxAcc} > 24,86$ OF $\text{gemV} > 11,23$

WAAR DAN $i \text{ Alg7} = S$

ONWAAR DAN

ALS

3) $i \text{ Alg6} = 1$

EN

4) $\text{maxV} < 16,69$ OF $\text{maxAcc} < 18,71$ OF $\text{gemV} < 9,37$ OF $\text{gemAcc} < 13,74$
 OF
 $\text{gemAcc} < 10,82$ EN $\text{maxAcc} < 18,05$ EN $\text{gemV} < 7,9$ EN $\text{maxV} < 15,2$

WAAR DAN $i \text{ Alg7} = P$

ONWAAR DAN

ALS

5) $i \text{ Alg6} = 0$

WAAR DAN $i \text{ Alg7} = 0$

ONWAAR DAN $i \text{ Alg7} = N/B$

STOP

Figuur 34. Concept van algoritme 7 voor het onderscheiden van schoten en passes met alle bijbehorende voorwaarden.

Waar zijn deze waarden uit algoritme 7 van afgeleid?

In de eerste sectie wordt bepaald of een trap een schot is.

- 1) Voorwaarde 1 is dat er überhaupt een trap is gedetecteerd door algoritme 6.
- 2) Bij voorwaarde 2 wordt gevraagd of de maximale acceleratie OF gemiddelde snelheid binnen het huidige KickPeriod bij het bijbehorende KickNr groter is dan het gemiddelde plus de standaarddeviatie van de passes (blauw gemarkeerd in Tabel 5). Alle waarden die hierboven zitten worden beoordeeld als 'S' (schot).

Als voorwaarde 1 en 2 beide niet waar zijn, dan wordt doorgegaan naar de tweede sectie, waar wordt bepaald of een trap een pass is.

- 3) Bij voorwaarde 3 wordt wederom opnieuw gevraagd of er überhaupt een trap is gedetecteerd door algoritme 6.
- 4) Bij voorwaarde 4 wordt gevraagd of de maximale snelheid OF maximale acceleratie OF gemiddelde snelheid OF gemiddelde acceleratie binnen het huidige KickPeriod bij het bijbehorende KickNr kleiner is dan het gemiddelde min de standaarddeviatie van de schoten.

OF

De gemiddelde acceleratie EN maximale acceleratie EN gemiddelde snelheid EN maximale snelheid binnen het huidige KickPeriod bij het bijbehorende KickNr kleiner is dan het minimum van de schoten (rood gemarkeerd in Tabel 5). Alle waarden die hieronder zitten worden beoordeeld als 'P' (pass).

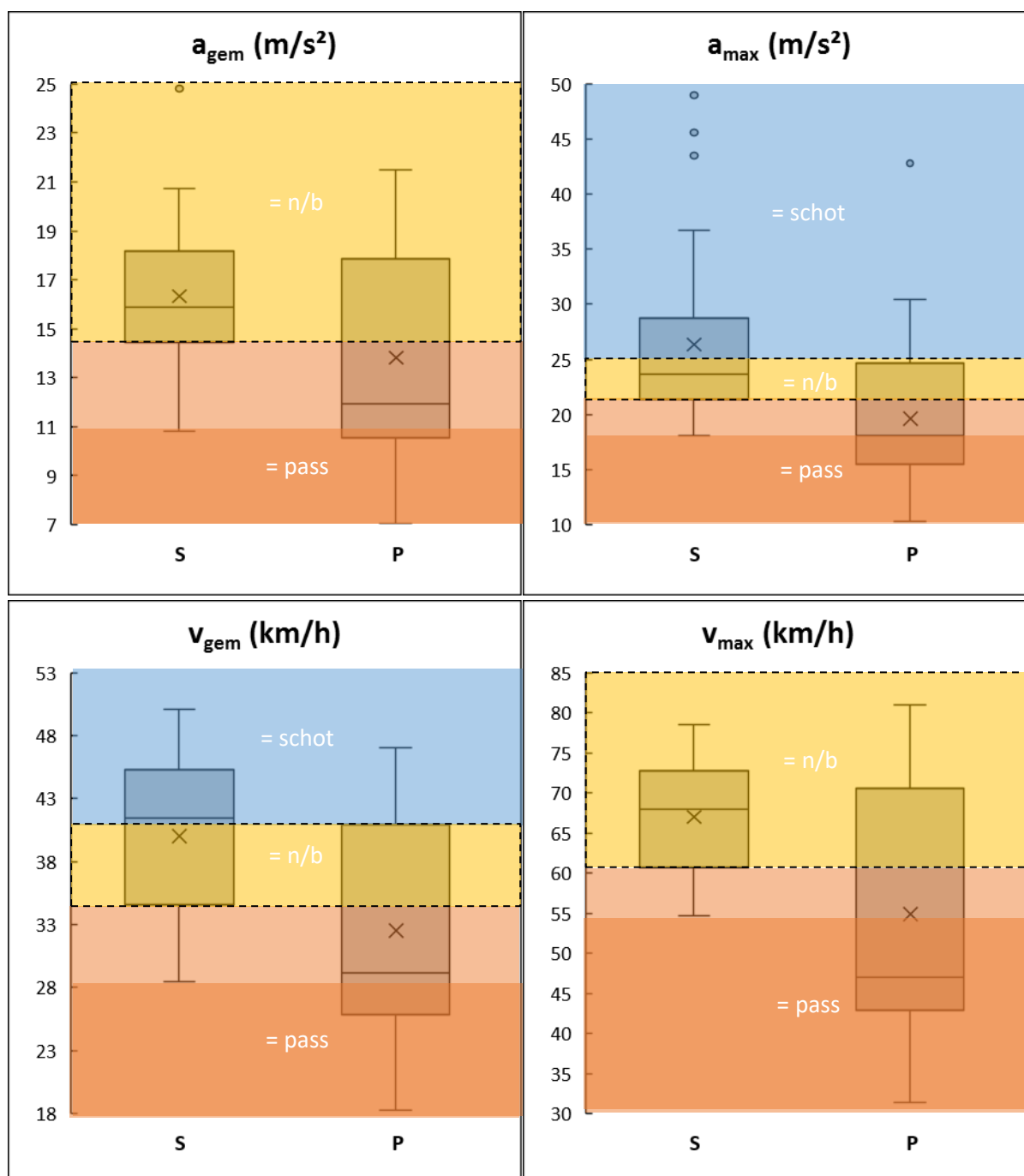
Als voorwaarde 3 en 4 beide niet waar zijn, dan wordt doorgegaan naar de derde sectie.

- 5) Hier wordt weer gevraagd of er een trap tegen de bal plaatsvond, indien dat niet zo is wordt er een 'O' toegewezen. Hier wordt dus bepaald wanneer er geen schot of pas was.

Als tot slot voorwaarde 5 ook onwaar is, en daarmee dus ook niet wordt voldaan aan alle voorgaande voorwaarden, dan wordt er een 'N/B' (niet beoordeeld) toegewezen. Oftewel alle trappen tegen de bal die weldegelijk hebben plaatsgevonden volgens algoritme 6, maar niet binnen de marges van voorwaarde 2 en 4 vallen worden niet gedetecteerd door algoritme 7. Wellicht zijn de bereiken waarin een trap beoordeeld wordt inzichtelijker door het af te lezen van de boxplots in Figuur 35.

	duur (ms)		gemA (m/s ²)		maxAcc (m/s ²)		gemV (m/s)		maxV (m/s)	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
gem	969	983	16,33	13,82	26,35	19,61	11,12	9,03	18,61	15,25
SD	117	49	2,58	3,98	7,64	5,25	1,75	2,20	1,92	4,10
gem-SD	852	934	13,74	9,84	18,71	14,36	9,37	6,83	16,69	11,15
gem+SD	1086	1033	18,91	17,80	33,99	24,86	12,88	11,23	20,53	19,35
min	752	893	10,83	7,05	18,05	10,30	7,91	5,07	15,20	8,72
max	1316	1269	24,81	21,47	49,00	42,83	13,92	13,07	21,80	22,48

Tabel 5. Resultaten van duur, versnelling en snelheid van de bal bij schoten en passes met de drempelwaarden van algoritme 7 voor voorwaarde 2 (blauw) en voorwaarde 4 (rood) gemarkeerd.



Figuur 35. Boxplots van de resultaten van de gemiddelde versnelling, maximale versnelling, gemiddelde snelheid en maximale snelheid van schoten en passes met de drempelwaarden van algoritme 7 voor voorwaarde 2 (blauw) en voorwaarde 4 (oranje) gemarkeerd.

Tenslotte wordt de werking van algoritme nog geanalyseerd. In Tabel 6 zijn het aantal succesvolle en niet succesvolle detecties bepaald. Om een uitspraak te doen over de werking van het algoritme, wordt het uitgedrukt in een succespercentage. Dit percentage geeft aan hoeveel procent van het daadwerkelijk aantal plaatsgevonden trappen goed is beoordeeld.

	n	S det	P det	goed	fout	n/b	fout + n/b	succes%
SS	20	10	9	10	9	1	10	50,00%
DS	24	23	0	23	0	1	1	95,83%
KP	70	1	69	69	1	0	1	98,57%
LP	31	23	5	5	23	3	26	16,13%
HP	24	17	3	3	17	4	21	12,50%
S	44	74		33	9	2	11	75,00%
P	125		86	77	41	7	48	61,60%
totaal	169	74	86	110	50	9	59	65,09%

Tabel 6. Resultaten van de beoordeling van algoritme 7 voor SS, DS, KP, LP, HP en totalen van alle S en P.

In Tabel 6 is te zien dat algoritme 7 over het totaal gezien relatief slecht scoort, slechts 65% van alle trappen worden goed beoordeeld. Als er gekeken wordt naar het onderscheid tussen schoten en passes, dan worden schoten (75%) succesvoller beoordeeld dan passes (62%). De oorzaak waardoor dit algoritme passes vaker fout beoordeeld, wordt duidelijker door te kijken naar het succespercentage tussen de verschillende vormen van passes. Hierin komt duidelijk naar voren dat korte passes weldegelijk erg goed gedetecteerd worden (99%), alleen het probleem is dat lange en hoge passes vaker aangezien worden als schot dan als pass. Van alle lange passes wordt slechts 16% en bij de hoge passes zelf 13% als pass gezien. Blijkbaar zijn de waarden in de signalen van lange en hoge passes vergelijkbaar met die van schoten. Om een algehele conclusie te trekken over algoritme 7, is een goede beoordeling van een trap met een succespercentage van 65% wat aan de magere kant. Dit algoritme is in deze staat niet geschikt om in te gaan zetten voor analyses van een voetbalwedstrijd, omdat één derde van alle trappen niet of niet goed beoordeeld wordt. Dit kan er voor zorgen dat analyses aan de hand van de statistieken van het aantal schoten en passes, niet altijd een realistisch beeld geven van de prestatie tijdens een wedstrijd. Hierdoor kan dat tot gevolg hebben dat een speler of team mogelijk onterecht een slechte of juist goede wedstrijdbeoordeling krijgen. Terwijl dat in werkelijkheid wellicht niet terecht is, gezien de gemiste of onjuiste beoordeling van het aantal schoten of passes dat is gepresteerd in een wedstrijd.

Uit de boxplots in bijlage II zijn weinig verbanden te ontdekken. De reden dat er meer drempelwaarden voor de maximale versnelling en de gemiddelde snelheid van de bal zijn meegenomen in algoritme 7, is omdat daar duidelijker verschillen zijn op te merken tussen schoten en passes. Deze zijn bij schoten gemiddeld hoger dan bij passes en er is, gezien de overlapping van deze boxplots tussen schoten en passes, een duidelijker onderscheid te zien dan bij de gemiddelde versnelling of maximale snelheid. Uit de gemiddelde versnelling, maximale snelheid en tevens de duur, zijn nauwelijks onderscheidende verbanden te vinden tussen schoten en passes.

Het wordt niet aangeraden om dit algoritme, als in de vorm van algoritme 7, in te zetten om het aantal schoten en passes tijdens een wedstrijd te verkrijgen zonder een handmatige controle aan de hand van videobeelden. Er wordt wel aanbevolen om op basis van dit idee het algoritme in de toekomst te optimaliseren en op zoek te gaan naar voorwaarden waardoor schoten wellicht wel van passes onderscheiden kunnen worden. Dit zal moeten gebeuren aan de hand van verder onderzoek met meer data over het verschil tussen schoten en passes. Algoritme 6 kan zich daar wellicht goed voor lenen om veel handmatig werkt te ontnemen, waardoor wel alle trappen tegen de bal herkend worden. Dan zou vervolgens alleen nog een handmatige controle uitgevoerd moeten worden, aangezien alle tijdstippen van de trappen dan bekend zijn en hoeft er alleen nog maar met terugkoppeling van de videobeelden visueel bepaald te worden of een trap een schot of een pass was.

IV. Projectvoorstel

Document projectplan voor een onderzoeksproject

→ uiterste inleverdatum: zie mail en BB aan voorlopige begeleider (deze hangt af van je startblok van je projectvoorstel)

→ projectvoorstel mag maximaal 5 pagina's zijn (inclusief bronnenlijst en excl bijlages)

Naam: Martijn de Bruin
Studentnummer: 13074032
e-mail: dhmartijndebruin@gmail.com of 13074032@student.hhs.nl

Studievoortgang

Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 11 (*max 36*): **36**

Minor: **Sporttechnologie** (afgerond)
Stage 2 afgerond (j/n): **ja**
Totaal aantal behaalde vrije STPs: **3**
Openstaande toetsen (+ module): **geen**

Datum: **19-01-2017**

1. Onderwerp

'Dribbelvaardigheid in kaart brengen'

Werkveld: **Sport / Voetbal**
Beroepsrol: **Onderzoeker / Analist**

Extern project (J/N): **Ja**

Indien Extern:

.. naam Opdrachtgever/bedrijf/ECBT: **FC Groningen**

.. contactpersoon (naam en mailadres): **Wouter Frencken**
wouterfrencken@fcgroningen.nl

2. Inleiding

Dribbelen bij voetbal is een technische vaardigheid. Acties aan de bal zijn technische vaardigheden. Een definitie voor vaardigheid kan worden beschreven als: *‘de consistente productie van doelgerichte bewegingen, welke aangeleerd en specifiek zijn aan de taak’* (McMorris, 2004). Er zijn geen duidelijke wetenschappelijke definities voor dribbelen. Echter wordt er in de praktijk vaak onderscheid gemaakt tussen twee verschillende vormen van lopen met de bal. Uit afgenomen interviews bij werknemers van FC Groningen blijkt dat trainers/coaches vaak spreken over ‘dribbelen’ en ‘drijven’ (bijlage: vragenlijst). Dribbelen wordt meestal gezien als het lopen met de bal in een kleine ruimte, oftewel met veel tegenstanders kort om je heen, waarbij de bal vaak aangeraakt en veel van richting veranderd wordt om tegenstanders uit te spelen. Drijven wordt gezien als het rennen met de bal, waarbij veel ruimte is en dus weinig tegenstanders om je heen. Hierbij is het doel om ruimte te overbruggen of richting het doel van de tegenstander te lopen. Technische vaardigheden zijn van doorslaggevend belang in wedstrijden. Winst in een voetbalwedstrijd valt te behalen door meer doelpunten te maken dan de tegenstander. Aangezien doelpunten gemaakt worden met behulp van technische vaardigheden, is dit een bepalend aspect voor wedstrijden. Uit analyses blijkt dat korte passes en dribbels de meest frequent toegepaste technische vaardigheden zijn tijdens een wedstrijd (Bloomfield, 2007). Om dribbelvaardigheid te trainen is het van belang om dribbelprestaties te kunnen meten om vervolgens een verbetering in de vaardigheid te kunnen vaststellen. Meerdere onderzoeken hebben vergelijkbare testen hiervoor ontworpen, waarbij een slalomachtig parcours met een dribbeltaak wordt afgelegd (Lemmink, 2004; McGregor, 1999; Mirkov, 2008). Het resultaat van deze testen wordt weergegeven in de vorm van prestatietijd, oftewel de snelheid waarin de test is afgelegd. Of een speler alleen op basis van een eindtijd beoordeeld mag worden op zijn dribbelvaardigheid is echter discutabel. Het betekent niet direct als een speler snel is, dat het ook een ‘goede’ dribbelaar is. Naast snelheid is een dribbel ook afhankelijk van de nauwkeurigheid van de uitvoering en een succesvolle uitkomst. Deze onderzoeken beschreven alleen het resultaat in de vorm van snelheid, maar niets over de technische vaardigheid (Russell, 2011). Echter zijn er maar weinig onderzoeken die hier meer informatie over verschaffen. Een enkele studie geeft andere uitkomstparameters voor een vergelijkbare dribbeltest. Bij deze test werd ook een slalomparcours afgelegd met de bal aan de voet. De resultaten hiervan waren de gemiddelde snelheid van de bal, afstand tussen bal en pion (precisie) en het aantal gemaakte fouten (succesratio) tijdens de test (Russell, 2010). Dit onderzoek geeft meer informatie over dribbelen in plaats van alleen een tijdmeting. Dribbelen met een voetbal veroorzaakt ook hogere metabolische energiekosten. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door een verhoogde schrede frequentie. Aangezien de bal om de twee à drie schreden wordt geraakt leidt dit tot een kleinere schrede lengte bij dezelfde snelheid als rennen zonder bal. Elke keer als er abrupt van richting wordt veranderd vindt er een versnelling of vertraging plaats, ook wanneer de bal naar voren getikt wordt (Reilly, 1984). Echter is nog niet bekend wat prestatiebepalende factoren voor een dribbel zijn en of deze bijvoorbeeld verschillen tussen verschillende soorten van lopen met de bal, ‘dribbelen’ en ‘drijven’. Alleen wederom in de vorm van prestatietijd als resultaat (Huijgen, 2010). Daarnaast is het ook niet bekend of prestatiebepalende factoren variëren binnen een groep voetballers.

De hoofdvraag voor dit onderzoek luidt: *‘Hoe kan een dribbel worden gemeten?’*.

Het doel van dit onderzoek is om meer inzicht te krijgen in de dribbelbeweging. Dit kan relevante informatie opleveren voor prestatie, ontwikkeling en talentmonitoring. Als in kaart gebracht wordt wat precies een (‘goede’) dribbel is, dan kunnen trainingsprogramma’s daarop worden aangepast om spelers deze technische vaardigheid te laten verbeteren.

Zodra het mogelijk is om dribbels te meten, kan onderzocht worden welke verbanden er te vinden zijn tussen verschillende factoren en de dribbelprestatie. Op basis van de informatie uit vorige onderzoeken kan dan onderzocht worden van welke factoren dribbelprestaties precies afhankelijk zijn. Daarom zijn de volgende deelvragen opgesteld:

'Is er een relatie tussen de verstreken tijd en ...

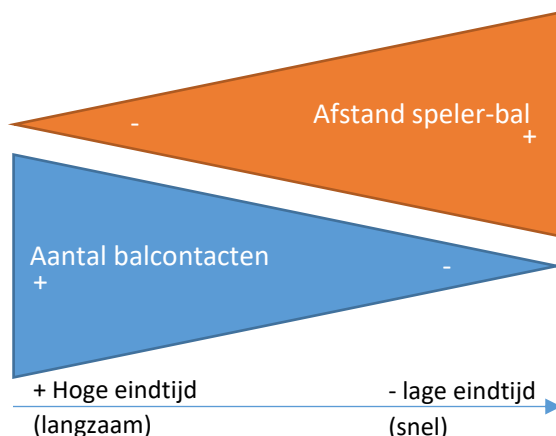
... het aantal balcontacten tijdens een dribbeltest?'

... de gemiddelde afstand tussen de bal en speler tijdens een dribbeltest?'

... de afstand die de bal heeft afgelegd tijdens een dribbeltest?'

Er wordt verwacht dat het aantal balcontacten, de afstand tussen de speler en de afstand (baan) die de bal heeft afgelegd mogelijk meer informatie kan geven over de dribbelvaardigheid van een speler. Op basis van de informatie uit vorige onderzoeken worden de volgende hypothesen opgesteld, deze staan ook schematisch weergegeven in figuur 1:

- *'Hoe meer balcontacten, des te kleiner de afstand tussen de bal en speler. Voor ieder balcontact, zal eerst vertraagd en vervolgens weer versneld worden. Dit leidt tot een lage loopsnelheid en zal dus resulteren in een hoge eindtijd. Echter de korte afstand tussen de bal en speler, stelt de speler wel in staat om de bal vaak van richting te veranderen.'*
- *'Hoe groter de afstand tussen de bal en speler, des te minder balcontacten. Een grote afstand tussen de bal en speler, leidt tot weinig balcontacten. Door de bal vooruit te tikken en er vervolgens achteraan te lopen, stelt dit de speler in staat om een hoge loopsnelheid te behalen. Dat zal resulteren in een lage eindtijd, maar hierdoor kan de speler de bal niet vaak van richting veranderen.'*



Figuur 1. Verwachting van de verhouding tussen prestatiebepalende factoren en tijd.

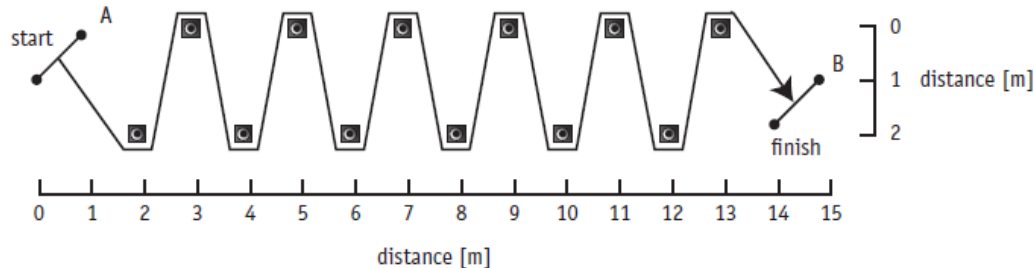
3. Methode

Testprotocol

Spelers dienen twee verschillende testen uit te voeren, een 'drijftest' en een 'dribbeltest'. Beide testen dienen twee maal uitgevoerd te worden, één keer zonder bal en één keer met de bal aan de voet. De drijftest is bedoeld om het 'drijven' te simuleren aan de hand van een sprinttaak (figuur 2). De dribbeltest is een slalomtaak om het 'dribblen' te simuleren (figuur 3). Met deze twee testen worden deze verschillende situaties onderscheiden, omdat is gebleken dat niet elke speler perse even goed scoort op beide testen, maar dit verschillende kwaliteiten zijn. De drijftest is gebaseerd op de shuttle sprinttest (Lemmink, 2004), maar is om het drijven beter te simuleren gemanipuleerd om deze wat voetbal specifiek te maken.



Figuur 2. Drijftest: Sprinttest waarbij een rechtlijnige beweging plaatsvindt van punt A naar B over 30 meter. Deze test is bedoeld om snelheid en balcontrole vast te stellen.



Figuur 3. Dribbeltest: Slalomtest waarbij tussen punt A naar B meerdere richtingsveranderingen plaatsvinden over een afstand van 15 meter. De 12 pionnen staan 2 meter uit elkaar, hierbij zal de afgelegde afstand ook ongeveer neerkomen op 30 meter.

Proefpersonen

De proefpersonen zullen bestaan uit alle veldspelers van op zijn minst één jeugdteam van FC Groningen. De voorkeur gaat uit naar minimaal 30 proefpersonen, omdat bij dit aantal de resultaten aannemelijker zijn voor een eventuele normaal verdeeldheid en significantie. Echter bestaat één jeugdteam vaak uit ongeveer 20 veldspelers, waarvan ook alle spelers niet uitgesloten kunnen worden van deelname in verband met bijvoorbeeld blessures. Daarom is het streven om twee jeugdteams te gaan meten. Om praktische redenen wordt gekozen om jeugdteams te meten voor dit onderzoek. Qua leeftijdsgroep gaat de voorkeur uit naar onder19 en onder17, aangezien blijkt dat deze beter scoren in dribbeltijden dan jongere leeftijdsgroepen (Huijgen, 2010).

Meetmethode

Aan de hand van Local Position Measurement van 'Inmotio' zijn er mogelijkheden om meer over de dribbelbeweging in kaart te kunnen brengen in plaats van alleen het resultaat in de vorm van tijd. LPM is een meetsysteem dat spelers, die een ontvanger dragen, kunnen volgen tijdens trainingen en wedstrijden. Dit systeem is in staat om positie, snelheid en versnelling/vertraging van spelers te meten. Daarnaast beschikt het ook over een ball tracking systeem, deze kan een voetbal volgen en bepaald ook positie, snelheid en versnelling/vertraging data. Dit houdt dus in dat het mogelijk is om het bewegingsgedrag van zowel de speler, de bal en ten opzichte van elkaar gemeten kan worden. Daarnaast wordt door het LPM systeem de speler ook gevolgd met videocamera's.

LPM output:

- **Tijd**
 - *Prestatietijd van de test (s)*
Hiermee wordt beoogd de snelheid te meten waarin de test is uitgevoerd.
- **Positie**
 - *Afstand tussen bal en speler (m)*
Hiermee wordt beoogd de balcontrole te meten, oftewel of iemand in staat is de bal 'kort' bij zich te houden op hoge snelheid.
 - *Afgelegde weg van de bal (m)*
Hiermee wordt beoogd de baan die de bal heeft afgelegd vast te stellen. Aan de hand hiervan kan ook een vorm van mentaal aspect meegewogen worden. Dit komt neer op beslissingsgedrag, welke 'tactiek' kiest de speler dat leidt tot de snelste weg.

- **Snelheid**

- *Snelheid van speler en bal (m/s)*

Mogelijk is aan de snelheid van de bal het aantal balcontacten te herkennen. Met behulp hiervan zou een module ontwikkeld kunnen worden waarin dribbels worden vastgesteld aan de hand van een bepaald patroon van het bewegingsgedrag van de speler, de bal of ten opzichte van elkaar.

- **Versnelling**

- *Versnelling/vertraging van speler en bal (m/s^2)*

Mogelijk is aan de versnelling van de bal het aantal balcontacten te herkennen. Met behulp hiervan zou een module ontwikkeld kunnen worden waarin dribbels worden vastgesteld aan de hand van een bepaald patroon van het bewegingsgedrag van de speler, de bal of ten opzichte van elkaar.

- **Videobeelden**

- Tijdens de metingen worden de testen ook (live) door het systeem gefilmd en kan dit dienen als visuele feedback. Indien bijvoorbeeld het aantal balcontacten niet gemeten kan worden, kunnen deze altijd aan de hand van videoanalyse gescoord worden achteraf. Als alternatief van data kunnen videobeelden ook ingezet worden voor een bewegingsanalyse om de dribbelbeweging te kunnen gaan beschrijven.

Data verwerking

De LPM output zal worden verwerkt in Microsoft Excel en/of Matlab met resultaten als in tabel 1.

Parameters:

- Tijd zonder bal (T_{zb}) in seconde
- Tijd met bal (T_{mb}) in seconde
- Verschil in tijd tussen test met bal en zonder bal (ΔT_{mb-zb}) in seconde
- Aantal aanrakingen (N_{aanr})
- Afstand tussen bal en speler, gemiddeld over de test ($\Delta S_{gem\ b-s}$) in meter
- Afgelegde afstand van de bal over de gehele test (S_{bal}) in meter / baan die de bal heeft afgelegd

	Drijftest	Dribbeltest
T_{zb}		
T_{mb}		
ΔT_{mb-zb}		
N_{aanr}		
$\Delta S_{gem\ b-s}$		
S_{bal}		

Tabel 1. Tabel met resultaten bij twee verschillende testen per speler.

Statistische analyse

De statische gegevens als normaal verdeeldheid en significantie worden bepaald in SPSS. Vervolgens zal worden geanalyseerd welke relaties er plaatsvinden voor prestatiebepalende factoren bij dribbelen. Dit zal worden bepaald aan de hand van een correlatiecoëfficiënt (Pearson). In tabel 2 en 3 staan de mogelijke relaties als resultaten weergegeven.

Drijftest	N_{aanr}	$\Delta S_{gem\ b-s}$
T_{mb}		
ΔT_{mb-zb}		

Tabel 2. Output van correlaties drijftest.

Dribbeltest	N_{aanr}	$\Delta S_{gem\ b-s}$	S_{bal}
T_{mb}			
ΔT_{mb-zb}			

Tabel 3. Output van correlaties dribbeltest.

Indien er geen correlaties zijn, kan er gerangschikt worden per speler welke van de factoren (N_{aanr} , $\Delta S_{gem\ b-s}$, S_{bal}) de grootste invloed heeft gehad op de eindtijd of verschil in eindtijd bij beide testen aan de hand van een regressie analyse.

4. Voorlopige literatuurlijst

Bloomfield, J. (2007). *Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63-70.

Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., Post, W. J., & Visscher, C. (2010). *Development of dribbling in talented youth soccer players aged 12-19 years: a longitudinal study. Journal of Sports Sciences*, 28, 689-698.

Lemmink, K. A., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2004). *Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. British Journal of Sports Medicine*, 38, 138-142.

McGregor SJ, Nicholas CW, Lakomy HKA, et al. (1999). *The influence of intermittent high-intensity shuttle running and fluid ingestion on the performance of a soccer skill. J Sports Sci*; 17: 895-903.

McMorris, T. (2004) *Acquisition and Performance of Sports Skills*. Chichester, UK: Wiley.

Mirkov, D., Nedeljkovic, A., Kukolj, M., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (2008). *Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. Journal of Strength and Conditioning Research*, 22, 1046-1050.

Reilly T, Ball D. (1984). *The net physiological cost of dribbling a soccer ball. Res Quart Exerc Sport*; 55: 267-71

Russell M, Benton D, Kingsley M. (2010). *The reliability and construct validity of soccer skill tests that measure passing, shooting and dribbling. J Sports Sci*; 28: 1399-408.

Russell, M., & Kingsley, M. (2011). *Influence of exercise on Skill Proficiency in Soccer. Sports Medicine*, 41, 523-539.

5. Leerdoelen

1. Meer ervaring krijgen in uitvoeren van metingen bij topsporters

Mijn rol hierin is om testleider te zijn en ik hierbij zelf voor de benodigde meetapparatuur en proefpersonen verantwoordelijk ben. Hiervoor dien ik zelf de mensen te benaderen die ik daarbij nodig denk te hebben ter ondersteuning van de metingen en de proefpersonen. Dit is geslaagd zodra het resultaat is behaald, in dit geval als de metingen zijn gelukt zonder complicaties als gevolg van organisatorische fouten.

2. Ontwikkelen in analyseren en interpreteren van data

Mijn rol hierin is om als onderzoeker/analist mijn eigen opgezette onderzoek tot een goed resultaat te leiden. Hiervoor probeer ik hulp in te schakelen van andere mensen als ik er zelf niet uit kom, om met hulp van andere expertises via een andere invalshoek zaken te leren benaderen. Ik vind dit geslaagd als ik een correct geanalyseerd en geïnterpreteerd antwoord kan geven op mijn onderzoeksvraag.

3. Kennis van inspanningsfysiologie en techniek koppelen en deze samen naar nieuwe inzichten proberen te brengen

Mijn rol hierin is de taak om als breed georiënteerde bewegingstechnoloog een brug te slaan tussen de werelden van wetenschap en techniek. Hiervoor dien ik volledig mijn eigen kennis en ervaringen toe te passen op een vraagstuk waar wetenschappers of technici op zichzelf niet uit zouden komen, maar door middel van samenwerking wel. Dit doel is voor mij geslaagd, wanneer ik een probleem tot een oplossing kan leiden met dank aan mijn expertise en inzet.

Bijlage

Vragenlijst dribbelen

Datum: ...

Naam: ...

Functie: ...

Q: *Wat is de definitie van een (goede) dribbel?*

A: ...

Q: *Welke factoren zijn afhankelijk van/hebben invloed op een (goede) dribbel?
Of welke eigenschappen karakteriseren een goede dribbelaar?*

A: ...

Q: *Welke spelers zijn goede dribbelaars? En van FC Groningen?*

A: ...

Q: *Zou jij in jouw rol baat hebben, bij het in kaart brengen van dribbelkwaliteit/vaardigheid of
denk je dat visuele waarnemingen genoeg informatie geeft?*

A: ...

Planning

Week	Data	Beginfase		Tussenfase	Eindfase	Scriptie	
1	6-mrt 10-mrt	PvA	Literatuur			Inleiding	
2	13-mrt 17-mrt		Interviews	Pilot meting			
3	20-mrt 24-mrt			Analyseren			
4	27-mrt 31-mrt			Module ontwikkelen		Methode	
5	3-apr 7-apr						
6	10-apr 14-apr						
7	17-apr 21-apr				Metingen		
8	24-apr 28-apr				Data verwerking		
9	1-meï 5-meï				Statistische analyse		
10	8-meï 12-meï						
11	15-meï 19-meï						
12	22-meï 26-meï					Resultaten	
13	29-meï 2-jun					Discussie	
14	5-jun 9-jun					Conclusie	
15	12-jun 16-jun					Samenvatting	Afronden

Tabel 4. Globale weekplanning voor afstudeertraject.

