

spinformtec²⁰²⁰

Uli Fehr & Violet Werner (Hrsg.)

Zukunftsperspektiven von Sportinformatik & Sporttechnologie im Leistungs- und Breitensport

Tagungsband zum 13. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie am 25. & 26. September 2020 in Bayreuth



www.spinformtec.de



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

INSTITUT FÜR SPORTWISSENSCHAFT

Herausgeber:

Dr. Uli Fehr
Universität Bayreuth
Institut für Sportwissenschaft

Violet Werner
Universität Bayreuth
Institut für Sportwissenschaft



Zitierhinweise:

Fehr, U. & Werner, V. (Hrsg.) (2020). *Zukunftsperspektiven von Sportinformatik und Sporttechnologie im Leistungs- und Breitensport. Tagungsband zum 13. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie am 25. & 26. September 2020 in Bayreuth.*

[urn:nbn:de:bvb:703-epub-5003-5](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:703-epub-5003-5)

Bitte zitieren Sie unter Nennung der urn bzw. DOI um Verwechslungen mit der inhaltsgleichen Printversion mit abweichender Paginierung zu vermeiden.

Bildnachweis:

frei, Fehrpics, Adobe Stock

Tagungsleitung

Dr. Uli Fehr

Violet Werner, Nils Wulff, Jonas Knietig, Dr. Ing Michael Frisch

Wissenschaftliches Komitee

- Prof. Dr. Jürgen Edelmann-Nusser, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Dr. Uli Fehr, Universität Bayreuth
- Dr. Ina Fichtner, IAT Leipzig
- Prof. Dr. Thomas Jaitner, Technische Universität Dortmund
- Prof. Dr. Martin Lames, Technische Universität München
- PD Dr. Daniel Link, Technische Universität München
- Prof. Dr. Ing. Stephan Odenwald, Technische Universität Chemnitz
- Prof. Dr, Jürgen Perl, Universität Mainz
- Prof. Dr. Dietmar Saupe, Universität Konstanz
- Prof. Dr. Veit Senner, Technische Universität München
- Prof. Dr. Josef Wiemeyer, Technische Universität Darmstadt
- Prof. Dr. Kerstin Witte, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Unterstützer der Spinfortec²⁰²⁰digital



Industriepartner der Spinfortec²⁰²⁰digital



<https://www.moticon.de/>

Inhaltsverzeichnis

Spinfortec²⁰²⁰digital	6
Grußworte Prof. Dr. Ansgar Schwirtz	7
Grußworte Prof. Dr. Stefan Leible	8
Keynotes	9
Lateral Sports Innovation: Smart Equipment and Wearable Technology	10
Session Informations- und Feedbacksysteme	17
Sport-Informationssysteme – Review verschiedener Produkte basierend auf einem sportinformatischen Architekturkonzept	18
Effiziente Suche und Bewertung von Szenen in Spilsportarten	20
Überprüfung zeitlicher und räumlicher Genauigkeit im Trampolinturnen	22
Validierung einer Web-Applikation zum Fern-Monitoring von Belastungs- und Erholungsparametern.....	24
Einsatzmöglichkeiten und Transfer von Künstlicher Intelligenz im internationalen Spitzensport – zwischen Small und Big Data.....	26
Einsatz von Künstlicher Intelligenz im internationalen Spitzensport – Eine Erhebung des Status Quo	28
Darstellung von Informationen im Bereich des Peripheren Sehens bei Sportlern/innen	30
Session Messtechnik und Datenanalyse 1	33
Eignet sich OpenPose zur 3-D-Analyse im Leistungssport?	34
Künstliche Intelligenz und Computer Vision in der Bewegungsanalyse von Kanuten	36
IMU-based assessment of ground contact time in 100-meter sprints	38
Understanding the effect of tire pressure and speed on vibrations transmission to the handlebar in road cycling	40
Ganzkörper-Schwingungsexposition von Kindern beim Transport in Fahrradanhängern – Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen	42
Multisensorsystem zur Echtzeitanalyse von Bewegungen im Skilanglauf	44
Comparison of soccer-specific tactical performance of women and men matches in Europe. A focus on notational derived metrics.	46
Session Messtechnik und Datenanalyse 2	49
Innotramp – Pilot zur automatisierten single-sensor Sprungklassifizierung im Turnen.....	50
Entwicklung eines Machine-Learning-Tools zur automatisierten Erkennung und Klassifikation von Kopfballereignissen auf der Basis von 3D-Beschleunigungsdaten eines am Kopf getragenen Inertialsensors.....	52
Collective tactical behaviours in football from positional data	54
Messtechnische Erfassung zeitlich-räumlicher Parameter beim Gehen	56
Analyse von Gangparametern oberschenkelamputierter Menschen hinsichtlich der existierenden Einteilung in eine Mobilitätsklasse	58
Using sentiment analysis tools to analyze sports-related Twitter communication	60

Session Sportgeräteentwicklung, neue Materialien im Sport	63
Hat der Beckengurt am Radrucksack eine lastenaufnehmende Funktion?	64
Wann setzen sich leistungsverbessernde technische Entwicklungen nicht durch? Erkenntnisse aus Akteur-Netzwerk-theoretischer Forschung	66
Verbesserung des thermischen Komforts von Winter-Radschuhen – Beispiel eines industriellen FuE-Ansatzes	68
Kann der Beckengurt die Eigenbewegungen des Rucksacks beim Radfahren im Wiegetritt reduzieren?	70
Hochpräzises Passen durch Wurfmaschinen im American Football	72
Session Modellbildung und Simulation + varia	75
The influence of running performance on scoring the first goal in a soccer match	76
FOUL PLAY: Exploring fouling behavior as an indicator of success in European Elite Football Leagues	78
11 gegen 11 Positionsdaten-Experimente zur Untersuchung taktischer Unterschiede zwischen Spielformationen	80
Orientierungsfähigkeit in der realen und virtuellen Umgebung	82
Vergleich von beobachteter und gemessener Rotationszahl bei Snowboard-Freestyle-Tricks auf dem Trampolin	84
Session Multimedia, e-Learning und Computerspiele, e-Sport.....	87
Qualitätskriterien für Serious Games am Beispiel Exergames	88
E-Sport in Deutschland – Neue Erkenntnisse zu Gesundheit, Stress und Wohlbefinden	90
Blickverhalten von professionellen und nicht-professionellen E-Sportlern in der Fußballsimulation FIFA 19	92
Athletics@Home – der Einsatz von E-Learning & Co. in Sportartensemi- naren während der Corona-Pandemie am Beispiel Leichtathletik	94
Session Wearables und intelligente Sportgeräte	97
Schlaf, Sport und Digitalisierung	98
Einsatz eines sensorbasierten Systems zur Phaseneinteilung beim Hammerwurf	100
Fangdetektion im American Football mit Wearables und AI	102

Spinfortec²⁰²⁰digital

Das 13. Symposium der Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs) möchte in Fortsetzung der letzten Tagung 2018 in Garching die enge Beziehung und hohe Bedeutung der beiden unter dem Dach der dvs zusammengeführten Disziplinen betonen und den interdisziplinären Austausch zwischen Forscher/innen anregen.

Aufgrund der Ungewissheit durch die Coronapandemie haben auch wir von der Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie uns entschlossen, nicht weiter an der Präsenztagung in Bayreuth festzuhalten. Da trotz der uns alle belastenden Umstände ein hohes Interesse an der Tagung vorlag, wagten wir zum ersten Mal in der Geschichte der Sektion ein digitales Format. Sicherlich wird das persönliche Treffen nicht zu ersetzen sein, aber wir möchten die Umstände als Chance begreifen und den akademischen Austausch auch in diesen Zeiten möglich machen.

Trotz des kurzfristigen Wechsels auf ein rein digitales Format konnten wir uns über gut 40 Einreichungen aus allen Bereichen der Sportinformatik und Sporttechnologie freuen, wovon nach dem Begutachtungsverfahren letztlich 37 Beiträge den Weg in die sechs Sessions fanden:

- Informations- und Feedbacksysteme
- Messtechnik und Datenanalyse
- Sportgeräteentwicklung, neue Materialien im Sport
- Modellbildung und Simulation + Varia
- Multimedia, e-Learning und Computerspiele, e-Sport
- Wearables und intelligente Sportgeräte

Entfallen mussten leider die geplanten Nachwuchsworkshops, die 2018 in München großen Anklang fanden. Auch eine Industrieausstellung mit wertvollem Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie konnte in der kurzen Zeit bei begrenzten Ressourcen nicht digital transformiert werden. Die Spinfortec²⁰²⁰digital war aber angesichts der vielfältigen und hochwertigen Beiträge sicher mehr als eine digitale Notlösung. Zudem bieten die auf Wunsch dauerhaft auf der Multiplatform der Universität Bayreuth verfügbaren Vorträge eine erweiterte Darstellung der eigenen Forschung im Sinne moderner Wissenschaftskommunikation. Auch durch die kostenfreien Livestreams sowie den hier vorliegenden OpenAccess Tagungsband als E-Book zusätzlich zum klassisch gedruckten Band können erweiterte Zielgruppen erschlossen werden.

Wegfallende Reise- und Übernachtungskosten ermöglichten gleich zwei internationale Hauptvorträge und auch die deutlich reduzierten Tagungskosten stehen auf der Habenseite des neuen Formats.

Ein herzliches Dankeschön an das wissenschaftliche Komitee für die Begutachtung der Beiträge



Dr. Uli Fehr, Ausrichter Spinfortec²⁰²⁰digital

Grußworte Prof. Dr. Ansgar Schwirtz

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

Ich freue mich sehr, Sie zur 13. Dvs-Sektionstagung der Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie, spinfortec2020, am 24. Und 25. September 2020 begrüßen zu dürfen.

Es freut mich besonders, dass die Sektion trotz der Belastungen und Einschränkungen durch die Corona-Pandemie an der Durchführung der Tagung festgehalten hat und die Herausforderung einer virtuellen Durchführung angenommen hat. Das gut gefüllte Tagungsprogramm dokumentiert die Unterstützung der Wissenschaftsgemeinde und zeigt, dass der Wissenschaftsbetrieb auch in Zeiten von „Corona“ funktioniert. Für dieses wichtige Zeichen möchte ich allen Beteiligten den Dank des gesamten dvs-Präsidiums ausdrücken.



Auf der letzten Tagung 2018 in München wurde die Erweiterung der 1995 gegründeten Sektion um das Gebiet der Sporttechnologie formal beschlossen und von der zentralen Mitgliederversammlung in Berlin 2019 bestätigt. Dieser wichtige und zukunftsweisende Sektor hat nun auch formal seinen Platz in der deutschen Sportwissenschaft und auf der aktuellen Tagung beleuchten dies gleich zwei Hauptvorträge.

Die teils rasant voranschreitende technologische und informatische Entwicklung ist nach wie vor eine der Hauptantriebskräfte für Innovationen im Sport. Durch die interdisziplinär angelegte Sektion und den Austausch mit den Ingenieurwissenschaften und der Informatik kann der schnelle und verantwortungsvolle Transfer dieser Entwicklungen in den Sport gelingen. Der Umgang mit Persönlichkeitsrechten und Datenschutz ist ebenso wie der Umgang mit den kontrovers diskutierten Herausforderungen zum Thema E-Sport prädestiniertes Terrain für die Sektion.

Ich bedanke mich bei den Bayreuther Kollegen für die Ausrichtung unter diesen besonderen Bedingungen und wünsche allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine wissenschaftlich ertragreiche Tagung.

Prof. Dr. Ansgar Schwirtz

Präsident der dvs (Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft)

Grußworte Prof. Dr. Stefan Leible

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich begrüße Sie ganz herzlich zur Spinfoortec²⁰²⁰. In diesem Jahr aufgrund der Umstände leider nur virtuell und nicht persönlich auf dem schönsten Campus Deutschlands. Aber vielleicht können wir letzteres, wenn die Zeiten etwas besser geworden sind, ja nachholen.

Sportinformatik und Sporttechnologie werden immer wichtiger, auch für uns hier an der Universität Bayreuth. So haben wir z.B. im Wintersemester 2017 mit einem neuen Masterstudiengang Sporttechnologie begonnen, der unsere starken Ingenieurwissenschaften auf der einen Seite mit unseren seit jeher starken Sportwissenschaften auf der anderen Seite verbindet und in dieser interdisziplinären Zusammenarbeit völlig neue Gebiete insbesondere auch für Studierende erarbeitet. Ich kann Ihnen jetzt schon sagen, dass wir dieses Gebiet weiter ausbauen und spätestens im kommenden Winter z.B. eine neue Professur für Biomechanik ausschreiben werden. Also beachten Sie den Ausschreibungsmarkt und vielleicht wird sich ja auch der eine oder andere von Ihnen dann auf diese Stelle bewerben. Hinzukommen wird wahrscheinlich noch eine weitere Professur im Jahr 2021 für Biomechatronik, sodass wir diesen Studiengang dann wirklich auch wissenschaftlich mit entsprechenden Lehrstühlen noch stärker als bisher unterlegt haben.

Aber kommen wir zurück zu Ihrer Tagung. Sie haben sich viel vorgenommen, wenn ich mir das Programm anschau und ich wünsche Ihnen für den Verlauf dieser Tagung fruchtbare Vorträge, intensive Diskussionen und so gut es geht einen lebhaften virtuellen Austausch. Ganz herzlich danken möchte ich an dieser Stelle Dr. Uli Fehr, der unter enormen Arbeitsaufwand nicht nur in den vergangenen Jahren den Aufbau des Master-Studiengangs Sporttechnologie unterstützt hat, sondern insbesondere auch die heutige Tagung vorbereitet hat.

Prof. Dr. Stefan Leible

Präsident der Universität Bayreuth



Prof. Dr. Stefan Leible - Präsident der Universität Bayreuth

Keynotes

Dr. ir. Jan van Haaren:

Scouting Football Players by Squeezing Every Last Drop out of Match Event Data



Jan Van Haaren is the Chief Analytics Officer at SciSports, where he leads the division that re-searches and develops analytical tools for measuring player and team performances, analyzing strategies and tactics, and understanding the decision-making behavior of players. His research interests are at the intersection of sports analytics and artificial intelligence. Prior to SciSports, Jan obtained a PhD in Machine Learning from KU Leuven. He developed methods for analyzing the strategies and tactics used in soccer and volleyball matches, predicting the outcomes of soccer matches, and simulating soccer competitions. He received the “Best Applied Data Science Paper Award” at KDD 2019 for joint work with Tom Decroos, Lotte Bransen and Jesse Davis on valuing on-the-ball actions in soccer.

Prof. Dr.-Ing. Frank Döpfer:

Additive Fertigung von Sportprodukten – Potentiale und Herausforderungen



Frank Döpfer hat seit 2017 den Lehrstuhl für Umweltgerechte Produktionstechnik an der Universität Bayreuth inne. Er begann seine Karriere am Fraunhofer- Institut für Produktionstechnologie in Aachen und wechselte anschließend in die Wirtschaft. Mehr als 20 Jahre war Döpfer im Bereich Technologie- und Investitionsmanagement sowie als Standort- und Produktionsleiter für internationale Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus tätig. Prof. Döpfer ist zudem Abteilungsleiter der Fraunhofer-Projektgruppe Prozessinnovation und Direktor der neu gegründeten Forschungsstelle für additive Innovationen – Campus Additive Innovationen an der Universität Bayreuth.

Prof. Dr. Tino Fuss:

Lateral Sports Innovation: Smart Equipment and Wearable Technology



Tino Fuss ist Ordentlicher Professor für Sport Technologie an der Swinburne University in Melbourne (Australien). Mit seinem Medizinstudium in Wien sowie dem Studium im Ingenieurwesen (Universität Strathclyde) setzte er die Grundsteine für seine Interdisziplinäre Karriere im Bereich der Sporttechnologie.

An der RMIT University leitete er ein Programm für innovative Plattform Technologien und war Projektleiter des Forschungsprogramms „SportzEdge“, ein Programm für Sporttechnologie und -technik.

An der Swinburne University leitet Prof. Fuss ein Programm für Intelligente Produkt Technik, welches die Entwicklung von Sport- und Medizin-Produkten umfasst, die mit Sensoren versehen sind und Daten für Leistungsdiagnostik liefern. Einige Forschungshöhepunkte sind ein intelligenter Cricket Ball, intelligente Kompressionsbekleidung und intelligente Faserverbundstoffe mit Graphene,.

Neben den Tätigkeiten an der Universität war Tino Fuss Chefredakteur von SPORTS TECHNOLOGY und erster Herausgeber des „Routledge Handbook of Sports Technology and Engineering“. Letzteres stellt das erste jemals veröffentlichte Buch dieser Art dar.

Prof. Fuss ist außerdem Co-Direktor beim australischen Netzwerk für Sporttechnologie.

→ **Full Paper pp. 10–15**

Lateral Sports Innovation: Smart Equipment and Wearable Technology

Franz Konstantin Fuss¹

¹Smart Products Engineering Program, CDI, Swinburne University, Melbourne, Australia

Abstract

Wearable Technology is the leading worldwide fitness trend. This paper describes and analyses the features of Lateral Innovation and Disruptive Technology of 4 sensor-based and wearable sports products, developed by academic research, and discusses the advantages of Lateral Innovation.

Introduction

Wearable Technology appeared in the Top 20 Worldwide Fitness Trends for the first time in 2016, and was ranked no. 1 (Thompson, 2015). It continued in this position for 2017 (Thompson 2016), dropped by 2 ranks in 2018 (Thompson, 2017, and returned to rank 1 in 2019 and 2020 (Thompson, 2018, 2019). According to Dürking et al. (2016) only very few of commercially available wearable technologies were validated scientifically. Furthermore, *'wearables are often marketed with aggressive and exaggerated claims that lack a sound scientific basis'*, and *'the unreliable data they provide'* have *'little or no value to the customer'* (Dürking et al., 2018).

The success of a product depends on several factors, which are usually addressed through the Lean Canvas. On this Canvas, *Solution*, *Value Proposition* and *Unfair Advantage* are driven by how innovative the product is. There are two kinds of innovation: vertical and lateral. Vertical Innovation refers to stepwise upgrading of the same product with novel features; whereas Lateral Innovation radically seeks a different method or technology to achieve the same result as the abandoned product did. As such, Lateral Innovation is often referred to as *'Disruptive Technology'*. The advantages of lateral over vertical innovation are manifold; the new product can be e.g. more cost-effective and cheaper, more accurate, more user-friendly, smaller, wearable, better manufacturable, or can provide additional information in the form of data.

The drawbacks of Lateral Innovation, specifically in the area of wearable technology, are:

1) Over-disruption: human beings are not likely to accept disruption. Question often asked are: Is this really possible? It can't very well be done, right? Is this a moon-shot? Are you too far ahead of your time? From a commercial point of view, many MVPs (minimum viable product) do not become market-ready as they are too disruptive.

2) Validation: Wearables should be validated against competitive products, i.e., wearable ones. As the wearable tech market is still in its infancy, gold standard products are scarcely available. If they are, novel competitive products might be more accurate than the alleged gold standard. Wearing two products at the same time for validation purposes might result in product interference and thus compromise the assessment of accuracy. The solution to this problem is that a novel wearable device should be validated against both a comparable competitive product and against a non-wearable independent lab-based product, that can be calibrated easily.

The following case reports will describe examples of lateral innovation.

Case Reports

1) Smart Insole

Smart Insoles, i.e. wearable pedobarographs, have been around for more than two decades, and can be divided in high-end and low-end products. Among the former ones are e.g. Pedar and Tekscan; among the latter ones are Moticon and Orpyx. The major difference between the two categories is the resolution and/or accuracy on the one hand and the price point on the other hand. As these two parameters are usually inversely related, the market niche is therefore an insole that is both accurate and cheap. Weizman, Tan and Fuss (2019) developed such an insole with 88 sensors that can be screen-printed comparatively cheaply. This insole (SI) was benchmarked against the Pedar (PE) insole, and against a non-wearable and independent gold standard, the Kistler force plate. The two insoles were placed on the force plate on top of each other, in two configurations, SI on PE, and PE on SI, for assessment of product interference. The two parameters to be benchmarked were the instantaneous force applied to the force plate and to the two insoles when walking over them, as well as the instantaneous position of the centre of pressure. Product interference was detected, as for force measurements, an insole placed on top of another one was significantly more accurate than the same insole placed on the bottom. The opposite phenomenon was found in COP measurements: an insole placed on top of another one was significantly less accurate than the same insole placed on the bottom (Weizman et al. 2019). Comparing SI and PE, PE was slightly more accurate when measuring force, but far less accurate when measuring the medio-lateral COP movement (Weizman et al., 2019).

By optimising the architecture of the flexible electronics and of the sensors (Figure 1), seven different problems could be solved simultaneously, related to accuracy, data sampling frequency and durability. The new sensor architecture required printing of the sensors with a different piezo-resistive ink that resulted in substantially less viscous sensors (Fuss et al., 2019), and therefore more accurate sensors.

The Lateral Innovation of this example was that the new smart insole (SI) turned out, on average, to be as accurate as the high-end one (PE), but is expected to be decisively cheaper (by two orders of magnitude).

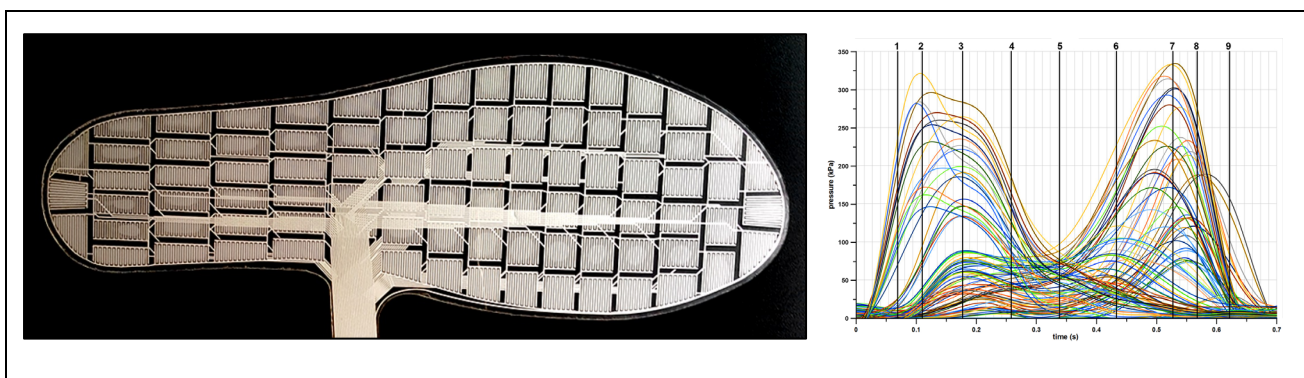


Fig. 1. Smart Insole, architecture of flexible electronics and pressure distribution while walking.

2) Smart Cricket Ball

Fuss et al. (2011, 2012) developed a smart cricket ball by end of 2011. By 2020, other smart cricket and baseballs are available (e.g. Kookaburra, Strike, Mizuno), which can measure only speed and spin at the release of the ball. In contrast to this, the world's first smart cricket ball (Fuss et al., 2011-2020) measures five physical performance parameters and five skill parameters; calculates the centre of pressure (COP; Figure 2) between fingers and the ball

(and this without force transducers or pressure sensors); and precisely identifies the type of delivery bowled (finger-spin or wrist-spin, and their subdivisions backspin, topspin, sidespin, swerve and combinations thereof). The ball is ideally suited for a) profiling of spin bowlers; b) correcting inefficient bowling techniques via intervention training; and c) increasing the number of spin bowling deliveries a player can bowl. The smart ball is equipped with high-speed gyroscopes and miniaturised electronics (smaller than the ball's radius in diameter), and transfers the data wirelessly and is charged inductively.

The Lateral Innovation of this example was that the ball provides data that were unknown and unobtainable so far, which enabled the discovery of five skill parameters. Another classical example of Lateral Innovation is the calculation of the COP from gyro data. Furthermore, by means of the ball's data, we were able to distinguish between far more spin bowling deliveries than known so far, verify the existence of Type 1 and Type 2 deliveries (Ferdinands, 2018), and detect that the flipper delivery is not a wrist spin technique but rather a finger-spin one.

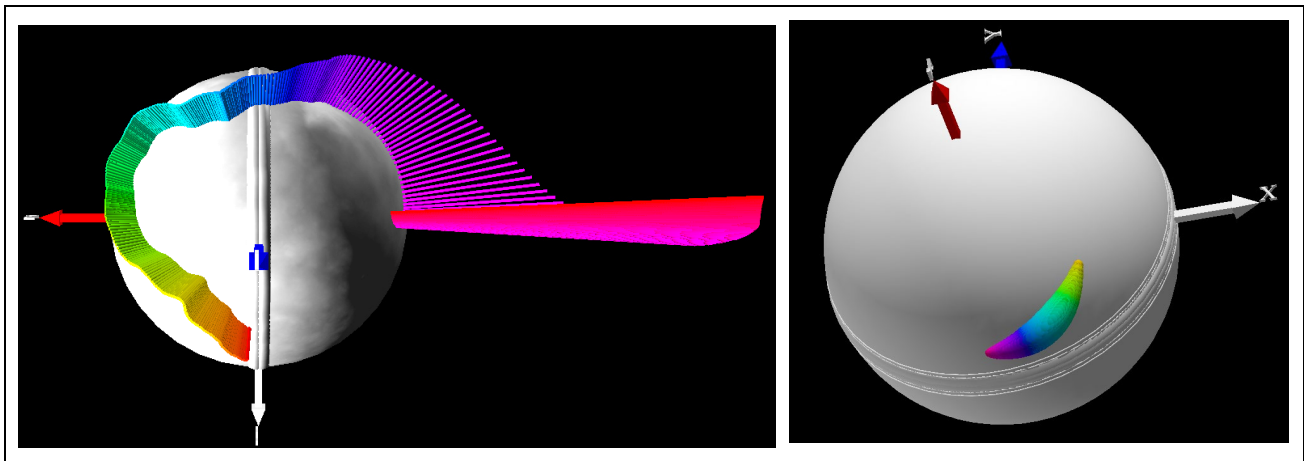


Fig. 2. Smart Cricket Ball, spin axis vector diagram (left) and centre of pressure (right).

3) Smart Soccer Boot

A pressure sensor array (developed from our smart insole), sandwiched between socks and boot, measures the COP in proximo-distal and medio-lateral direction, as well as the kick force. The sensor array was benchmarked with a Kistler force plate for impact force and position of the COP. However, the force plate failed to return the COP correctly, on average, as well as in several cases of individual impacts, where the COP was returned outside the pressure sensor array (Weizman, 2016). This sensor array was used for revealing the parameters that decide between success and miss of a curved kick. The research showed that there is a favourable and unfavourable range of COPx, COPy and kick force that correlates with the success rate of scoring a goal (Fuss et al., 2018). Combinations of these parameters plotted on a COP map resulted in the discovery of a sweet spot (with chances of scoring a goal between 58 and 86 %) and a dead spot (11-22 % chances of scoring a goal). The centroids of these spots are merely 21 mm apart (Figure 3; Fuss et al., 2018).

The Lateral Innovation in this context was that the 4x4 sensor array was sufficiently accurate to detect even small differences in the COP, resulting in the discovery of sweet- and dead-spots.

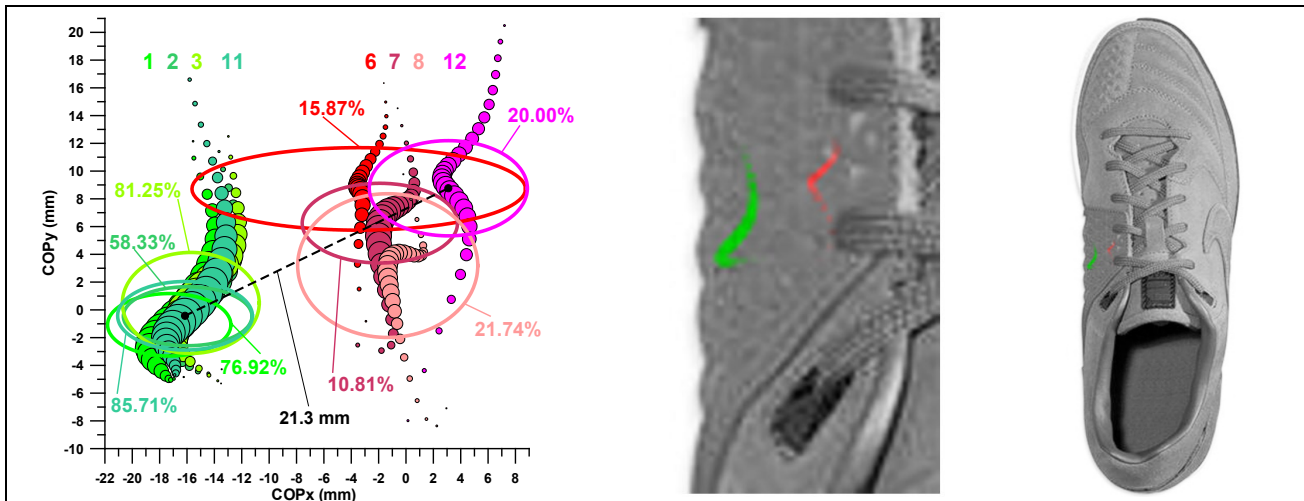


Fig. 3. Sweet spot (green) and dead spot (red) including 13percentage chances of scoring a goal, and their projections on a sports shoe (Fuss et al., 2018).

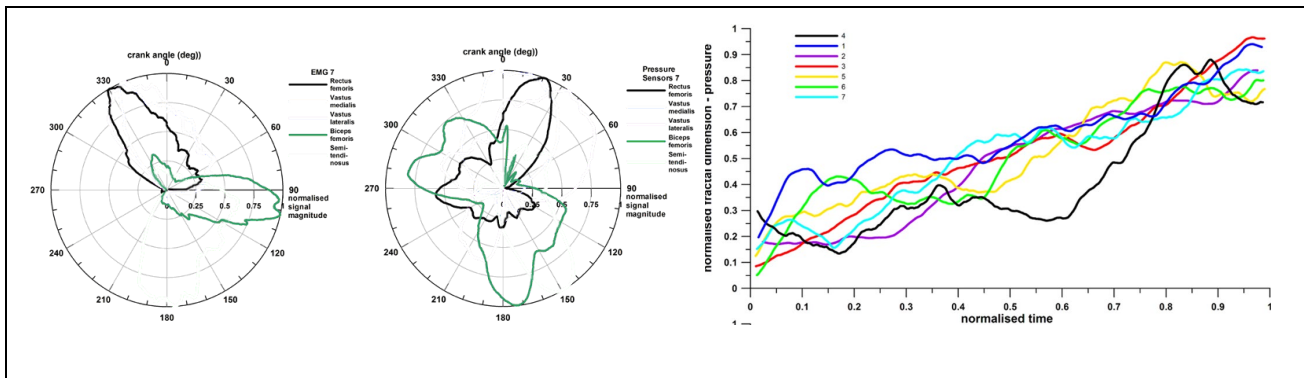


Fig. 4. Crank cycle diagrams of muscle activity derived from EMG (left) and pressure sensors (centre); and fatigue index calculated from fractal dimensions (right) (Belbasis and Fuss, 2018).

4) Smart Compression Garment

The compression garment provides the resistance required to detect muscle bulging with pressure sensors, sandwiched between skin and garment and incorporated on the inner side of the garment (Belbasis and Fuss, 2018). This is a method also known as ‘force myography’ (FMG). Cheap yet very accurate low-pressure sensors were used for this purpose, measuring the activity of five thigh muscles (rectus femoris, vastus lateralis and medialis, biceps femoris and semitendinosus). The muscle activity was measured during cycling and benchmarked against EMG. Plotting the muscle activities on the crank cycle diagram (Figure 4) revealed that the peak activities were phase-shifted by about 60 deg. The reason for this was that the EMG measures the electrical activity of a muscle whereas the pressure sensors measure the mechanical one. The pronounced phase shift between these two activities at high speed movements merely reflects the electro-mechanical delay (Belbasis and Fuss, 2018). The EMG can therefore not be considered a gold standard, as if the electrical activity is used for biomechanical modelling of high-speed movements, then the model results are not representative. Undoubtedly, the EMG is the gold standard for assessment of muscle fatigue (via FFT [fast Fourier transform] and shift of the power spectrum’s median to lower frequencies). Due to the low frequency behaviour of the pressure sensor signals, FFT was not applicable and replaced by fractal dimensions (Fuss’ method; Fuss, 2013). The median frequency data of the EMG, and the fractal dimensions of EMG and pressure signals were correlated with the cycling time, under the hypothesis that fatigue is a linear function of cycling time. The R^2

of the three correlations amounted to 0.71 %, 0.51 % and 0.84 % (Figure 4), respectively. This result proved that FMG is able to detect muscle fatigue at the same accuracy as the EMG does (Belbasis and Fuss, 2018).

The Lateral Innovation in this context was that the ‘smart compression garment’ enabled the detection of muscle activity timing more accurately than the EMG, and moreover accounted for the measurement of muscle fatigue at the same accuracy level as the EMG does.

Discussion

As mentioned in the introduction, Lateral Innovation is often referred to as ‘Disruptive Technology’. To be precise, Disruptive Technology enables Lateral Innovation, but by how much Lateral Innovation unfolds on top of the Disruptive Technology is a matter of the developers’ inventiveness. In a sense, technology becomes only then disruptive, if you make the most out of it and therefore gain the greatest possible advantage from this technology. This also means that you can hardly plan for Lateral Innovation with foresight, as the potential of the new technology becomes apparent only after the technology was developed and tested. In short, Disruptive Technology is the cause of Lateral Innovation, and Lateral Innovation is the effect of Disruptive Technology.

The analysis of the four case reports in terms of the Disruptive Technology and Lateral Innovation is listed in Table 1.

Tab. 1. Analysis of Disruptive Technology and Lateral Innovation

Wearable product	Disruptive Technology	Lateral Innovation
Smart Insole	Optimised flexible electronic and sensor architecture	High accuracy Durability Cheap manufacturing
Smart Cricket Ball	High-speed gyroscopic sensors Novel algorithms	5 hitherto unknown skill parameters Calculation of the centre of pressure Detection of the type of bowling delivery
Smart Soccer Boot	Cheap yet accurate high-pressure (impact) sensors Novel algorithms	Calculation of the impact centre of pressure Identification of sweet spots and dead spots
Smart Compression Garment	Cheap yet accurate low-pressure sensors Novel algorithms	More accurate detection of muscle activity timing than EMG Muscle fatigue index comparable to EMG

According to Table 1, what all 4 products have in common is optimised and accurate sensors. As the sensors of all 4 devices produce data, in general, novel algorithms are a logical consequence, which would not exist without these data never seen before. Novel algorithms for the Smart Insole data are still in their infancies, which means that the full potential of the Smart Insole is not fully exhausted yet.

Outlook

To create a win-win situation, specifically in the area of wearable technology, the strength of start-ups and universities should be maximised by joining forces, which are fast market entry and scientific research, respectively. When working in silos, the success of a product is often compromised by their weaknesses, i.e. inaccurate and unvalidated products, and accurate but uncommercialised products, respectively.

References

- Belbasis A. & Fuss F.K. (2018). Muscle performance investigated with a novel smart compression garment based on pressure sensor force myography and its validation against EMG. *Frontiers in Physiology*, 9 (408), 1-13.
- Düking P., Hotho A., Fuss F.K., Holmberg H.-C. & Sperlich B. (2016). Comparison of non-invasive individual monitoring of the training and health of athletes with commercially available wearable technologies. *Frontiers in Physiology* 7 (article 71), 1-11.
- Düking P., Fuss F.K., Holmberg H.-C. & Sperlich B. (2018). Recommendations for Assessment of the Reliability, Sensitivity, and Validity of Data Provided by Wearable Sensors Designed for Monitoring Physical Activity. *JMIR mHealth & uHealth*, 6 (4), e102.
- Ferdinands (2018). Unpublished work.
- Fuss F.K., Lythgo N., Smith R.M., Besnon A.C. & Gordon B. (2011). Identification of key performance parameters during off-spin bowling with a smart cricket ball. *Sports Technology*, 4 (3–4), 159–163.
- Fuss F.K., Smith R.M. & Subic A. (2012). Determination of spin rate and axes with an instrumented cricket ball. In P. Drane & J.Sherwood (Eds.), *The Engineering of Sport 9* (pp. 128-133). Amsterdam: Elsevier.
- Fuss F.K. (2013). A robust algorithm for optimisation and customisation of fractal dimensions of time series modified by non-linearly scaling their time derivatives: mathematical theory and practical applications. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 1–19.
- Fuss F.K., Doljin B. & Ferdinands R.E.D., Beach A. (2015). Dynamics of Spin Bowling: The Normalized Precession of the Spin axis Analysed with a Smart Cricket Ball. In A. Subic, F.K. Fuss, F. Alam, T.Y. Pang, M. Takla (Eds.), *The Impact of Technology on Sport VI* (pp. 196-201) Amsterdam: Elsevier.
- Fuss F.K., Doljin B. & Ferdinands R.E.D. (2016). Case Studies of the Centre of Pressure Between Hand and Ball in Off-spin Bowling, Analysed with a Smart Cricket Ball. In A.J. Jansen (Ed.), *The Engineering of Sport XI (Procedia Engineering)* (pp. 203-207). Amsterdam: Elsevier.
- Fuss F.K., Doljin B. & Ferdinands R.E.D. (2018). Effect of the Grip Angle on Off-Spin Bowling Performance Parameters, Analysed with a Smart Cricket Ball. *Proceedings*, 2 (6), 204.
- Fuss F.K., Doljin B. & Ferdinands R.E.D. (2018). Effect on Bowling Performance Parameters When Intentionally Increasing the Spin Rate, Analysed with a Smart Cricket Ball. *Proceedings*, 2 (6), 226.
- Fuss F.K., Düking P. & Weizman Y. (2018). Discovery of a Sweet Spot on the Foot with a Smart Wearable Soccer Boot Sensor That Maximizes the Chances of Scoring a Curved Kick in Soccer. *Front. In Physiol.*, 9 (63), 1-17.
- Fuss F.K., Tan A.M. & Weizman Y. (2019). 'Electrical viscosity' of piezoresistive sensors: novel signal processing method, assessment of manufacturing quality, and proposal of an industrial standard. *Biosensors and Bioelectronics*, (141), 1-10.
- Fuss F.K., Doljin B. & Ferdinands R.E.D. (2020). Bowling performance assessed with a smart cricket ball: a novel way of profiling bowlers. *Proceedings*, 49 (1), 141.
- Thompson, W. R. (2015). Worldwide survey of fitness trends for 2016. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 19 (6), 9–18.
- Thompson, W. R. (2016). Worldwide survey of fitness trends for 2017: *ACSM's Health & Fitness Journal*, 20 (6), 8-17.
- Thompson, W. R. (2017). Worldwide survey of fitness trends for 2018. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 21 (6), 10-19.
- Thompson, W. R. (2018). Worldwide survey of fitness trends for 2019: *ACSM's Health & Fitness Journal*, 22 (6), 10-17.
- Thompson, W. R. (2019). Worldwide survey of fitness trends for 2020. *ACSM's Health & Fitness Journal*, 23 (6), 10-18.
- Weizman, Y. (2016). *Smart Football Footwear for Advanced Performance Analysis and Training Purposes*. Ph.D. thesis, RMIT University Melbourne.
- Weizman Y., Tan A.M. & Fuss F.K. (2019). Benchmarking study of the forces and centre of pressure derived from a novel smart-insole against an existing pressure measuring insole and force plate. *Measurement*, 142, 48–59.

Session Informations- und Feedbacksysteme

Sport-Informationssysteme – Review verschiedener Produkte basierend auf einem sportinformatischen Architekturkonzept

Thomas Blobel & Martin Lames – Technische Universität München

Effiziente Suche und Bewertung von Szenen in Spielsportarten

Luca Reeb, Daniel Dzibela, Robert Marzilger & Nicolas Witt – Fraunhofer IIS

Überprüfung zeitlicher und räumlicher Genauigkeit im Trampolinturnen

Katja Ferger & Michel Hackbarth – Justus-Liebig Universität Gießen, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Validierung einer Web-Applikation zum Fern-Monitoring von Belastungs- und Erholungsparametern

Ronald Burger – Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Einsatzmöglichkeiten und Transfer von Künstlicher Intelligenz im internationalen Spitzensport – zwischen Small und Big Data

Alexander Hagg, Alexander Asteroth, Mark Pfeiffer, Fabian Hammes & Daniel Link – Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Technische Universität München

Einsatz von Künstlicher Intelligenz im internationalen Spitzensport – Eine Erhebung des Status Quo

Fabian Hammes, Daniel Link, Martin Lames, Alexander Hagg, Alexander Asteroth, Mark Pfeiffer – Technische Universität München, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Darstellung von Informationen im Bereich des Peripheren Sehens bei Sportlern/innen

Aline Püschel, Wolfgang Kilian, Ann-Christin Woggon & Stephan Odenwald – Technische Universität Chemnitz

Sport-Informationssysteme – Review verschiedener Produkte basierend auf einem sportinformatischen Architekturkonzept

Thomas Blobel¹ & Martin Lames¹

¹Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, Technische Universität München

Abstract

Die steigende Anzahl einzelner IT-Systeme in Sportorganisationen steigert das Bedürfnis für zentral *Sport-Informationssysteme* (SIS). Diese Arbeit präsentiert ein Review verschiedener SIS anhand eines allgemeinen SIS-Architekturkonzeptes.

Einleitung

In den vergangenen Jahren stieg der Einsatz von *Informationstechnologie* (IT) aufgrund der steigenden Anzahl an Experten/innen und neuen Bereichen in professionellen Sportorganisationen an. Diese isolierten Einzelsysteme und individuellen Datenpools erschweren Mitarbeitern den Zugang zu relevanten Informationen anderer Abteilungen. Dies führte zum Bedürfnis nach *Sport-Informationssystemen* (SIS), um Daten verschiedener Quellen zu zentralisieren und einheitlich bereitstellen zu können. Verschiedene Anbieter haben das Bedürfnis nach SIS erkannt und bieten ihre Produkte für Sportorganisationen an. Häufig wurde eine Spezialsoftware aus einem Fachbereich zu einer größeren Lösung erweitert oder bestehende Softwareprodukte aus anderen Bereichen (bspw. der Industrie) wurden eingesetzt (Blobel & Lames, in press). Aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungsansätze ist die Definition eines grundlegenden CIS Architekturkonzeptes und der damit verbundenen Systemanforderungen schwierig. Bestehende SIS Software wird zudem in der Praxis häufig als „Athlete Management Systems“ (AMS) bezeichnet, wobei weder der Leistungsumfang, noch der Begriff selbst genau definiert wurden. Das Design eines solchen SIS stellt eine Herausforderung dar, da viele verschiedene Fachbereiche aus der Informatik, den Sportwissenschaften und der Sportpraxis eingebunden werden müssen. Die Sportinformatik bietet die notwendigen interdisziplinären und integrativen Voraussetzungen, um ein solches SIS Architekturkonzept zu entwickeln (Baca, 2006). Das Ziel dieser Arbeit war es, ein allgemeines Architekturkonzept für *Club Information Systems* (CIS), basierend auf Methoden und Modellen der hier involvierten Fachbereiche zu entwickeln und die daraus abgeleiteten Eigenschaften mit den verfügbaren Softwareprodukten zu vergleichen, um eine Marktübersicht und eine Einteilung der Systeme zu liefern.

Forschungsstand

Die Idee des Einsatzes von Informationssystemen zur Unterstützung von Trainingsprozessen wurde von Lames, Perl, Schröder, Uthman und Miethling (1990) vorgestellt. Schnabel, Harre und Krug (2014) präsentierten einen theoretischen Entwurf für Trainingssysteme. Die Kombination von verschiedenen Datenquellen zur taktischen Analyse im Fußball behandelten Rein und Memmert (2016). Blobel und Lames (2015) entwickelten ein Konzept für Informationssysteme für professionelle Fußballvereine basierend auf leistungsdiagnostischen Daten, welches später um medizinische Daten erweitert wurde (Blobel & Lames, 2018).

Methoden

Für die Entwicklung des Architekturkonzeptes wurden Methoden des *Software Engineerings* verwendet. Aus dem Bereich der *Business Intelligence* (BI) Systeme wurde eine dort verbreitete *Drei-Schichten-Architektur* und aus der *Trainingswissenschaft* Konzepte von *Trainings-*

systemen integriert. Eine teilnehmende Beobachtung bei drei Vereinen (1. Fußballbundesliga) stellte den sportpraktischen Bezug sicher und lieferte die organisatorischen Anforderungen der Sportorganisationen, die zu den Systemanforderungen an ein solches SIS führten. Daraus wurde ein Konzept mit einem allgemeinen Architekturansatz für CIS entwickelt (Blobel & Lames, 2020). Dieses CIS-Konzept diente als Grundlage für das systematische Review bestehender SIS-Software, welches entsprechend der PRISMA Richtlinien umgesetzt wurde (Moher, Liberati, Tetzlaff, & Altman, 2009). Dafür wurde eine Checkliste (172 Items) aus dem CIS-Konzept abgeleitet und für die Interviews mit den SIS Softwareanbietern verwendet. Im Rahmen des SIS Reviews wurden 21 Unternehmen befragt und die Ergebnisse anhand deskriptiver Statistik ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Arbeit liefert einen neuen sportinformatischen Architekturansatz für Informationssysteme in Fußballvereinen. Ein Schichtenmodell illustriert die Organisationsstruktur in Fußballvereinen. Die ermittelten organisatorischen Anforderungen und Systemanforderungen wurden tabellarisch dargestellt. Zudem wurde ein allgemeines Architekturmodell für CIS mit verschiedenen Systemschichten und Komponenten ausgearbeitet. Dieses Konzept kann von Softwareunternehmen zur Neu- oder Weiterentwicklung von SIS verwendet werden oder aber von Sportorganisationen, um die eigenen Anforderungen und Strukturen zu ermitteln und entsprechend ein Softwareprodukt auszuwählen. Aufgrund der großen Unterschiede bei den Anforderungen an solche Systeme und der zahlreichen möglichen Systemarchitekturen wurde für das CIS-Konzept bewusst ein sehr hohes Abstraktionslevel gewählt, das keinen detaillierten Bauplan liefert. Aus dem Review resultierte eine Kategorisierung der verschiedenen SIS am Markt. Aufgrund der großen Bandbreite und der Unterschiede zwischen den Systemen muss eine Bewertung kategorien-spezifischen Kriterien genügen.

Literatur

- Baca, A. (2006). Computer science in sport: An overview of history, present fields and future applications (Part I). *International Journal of Computer Science in Sport*, 5, 25–35.
- Blobel, T. & Lames, M. (2016). Information Systems for Top Level Football. In P. Chung, A. Soltoggio, C. Dawson, M. Qinggang, & M. Pain (Hrsg.), *Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS)*. *Advances in Intelligent Systems and Computing* (S. 51–58). Cham: Springer.
- Blobel, T. & Lames, M. (2018). Information Systems for Top-Level Football with Focus on Performance Analysis and Healthy Reference Patterns. In M. Lames, D. Saupe, & J. Wiemeyer (Hrsg.), *Proceedings of the 11th International Symposium on Computer Science in Sport (IACSS 2017)*. *Advances in Intelligent Systems and Computing* (S. 71–81). Cham: Springer.
- Blobel, T. & Lames, M. (2020). A Concept for Club Information Systems (CIS) - An Example for Applied Sports Informatics. *International Journal of Computer Science in Sport*, 19 (1), 102–122. <https://doi.org/10.2478/ijcss-2020-0006>
- Lames, M., Perl, J., Schröder, H.-J., Uthman, T. & Miethling, W.-D. (1990). Der Einsatz von Expertensystemen im Sport. In J. Perl (Hrsg.), *Sport und Informatik: Bericht über den 1. Workshop über Sport & Informatik 26.-27.4.1989 in Hochheim* (S. 75–91). Schorndorf: Hofman Verlag.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ (Online)*, 339, S. 332–336. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Rein, R. & Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, 5 (1), 1-13.
- Schnabel, G., Harre, H.-D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft: Leistung - Training - Wettkampf* (3. Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer Sport.

Effiziente Suche und Bewertung von Szenen in Spielsportarten

Luca Reeb¹, Daniel Dzibela¹, Robert Marzilger¹ & Nicolas Witt¹

¹Fraunhofer IIS

Abstract

Durch tiefe neuronale Netze, sowie klassische Verfahren des maschinellen Lernens soll die Suche nach Szenen in Trackingdaten stark beschleunigt werden. Des Weiteren ist geplant, alternative/bessere Lösungen einer Spielsituation durch verstärkendes Lernen vorzuschlagen.

Einleitung

In nahezu allen Spielsportarten wie beispielsweise Fußball, Handball und Basketball werden heutzutage Video-, Tracking- und Eventdaten aufgezeichnet. Die Daten werden sowohl medial als auch bei Clubs verwendet, bei letzteren vor allem zur Spielanalyse (Decroos, Van Haaren & Davis, 2018; Richly, 2018). Da die Suche nach geeigneten Spielszenen in Videodaten sehr zeitintensiv ist, verwenden wir Trackingdaten um eine automatische Suche nach ähnlichen Szenen (die besser oder schlechter gelöst wurden) zu ermöglichen. Um Suchergebnisse trotz der enormen Datenmenge in angemessener Zeit bereitzustellen, untersuchen wir, wie sich die Ähnlichkeitssuche so effizient wie möglich umsetzen lässt.

Forschungsstand

Frühere Forschungsarbeiten wollen ebenfalls die Suche nach Szenen ermöglichen. Die Ansätze in Richly (2018) und Sha, Lucey, Yue, Carr, Rohlf und Matthews (2016) konzentrieren sich auf die Anfragesprache. Die Antwortzeit für eine Suche wird nur beim baumbasierten Ansatz (mit Eventdaten) in Sha et al. (2016) untersucht, und es wird eine Antwortzeit von knapp unter einer Sekunde (Szenenlänge 4 Sek., 100.000 Szenen) erreicht. In Sha, Lucey, Zheng, Kim, Yue und Sridharan (2017) wird der Ansatz weiterentwickelt, jedoch ohne die Angabe von Antwortzeiten. Im Gegensatz zu den verwandten Arbeiten wird hier ein rein datengetriebener Ansatz (ohne Anfragesprache oder baumbasierter Suche) basierend auf tiefen neuronalen Netzen verwendet, um eine schnelle Suche zu ermöglichen. Die Effizienz der Suche ohne die Verwendung von Eventdaten steht im Vordergrund, da diese weitestgehend manuell erhoben werden müssen und dies äußerst zeitintensiv ist.

Methoden

Die Szenensuche wird mit Spielen der Fußball-Bundesligasaison 2014/15 überprüft. Die Rollen der Spieler werden als bekannt angenommen. Zunächst werden alle Spiele durch zeitliche Fensterung in 5-sekündige Einzelszenen aufgeteilt. Ferner fordern wir von jeder Szene, dass eine Mannschaft mind. 90 % der Zeit in Ballbesitz ist; dadurch können in einer Szene eine angreifende und eine verteidigende Mannschaft identifiziert werden.

Als „Baseline“-Ansatz wird die euklidische Distanz der Ball- und Spielertrajektorien wie in Sha et al. (2016) genutzt. Für die Rollenzuweisung der Spieler wird die ungarische Methode verwendet. Diese Rollenzuweisung ist notwendig, da verschiedene Mannschaften Variationen in den Spielerrollen und der Formation aufweisen. Um das Ähnlichkeitsmaß zu approximieren, werden zwei datengetriebene Ansätze verglichen. Einerseits eine klassische Regression (mit Lasso und Entscheidungsbaum) mit der „Baseline“ als abhängige Variable und Merkmalen der Balltrajektorie (z.B. Start/Endpunkt) als unabhängige Variablen. Als zweiter Ansatz

wird ein tiefes neuronales Netz verwendet, um jede Szene in einen niedrigdimensionalen Raum abzubilden (Embedding), in welchem das Distanzmaß möglichst gut erhalten bleibt.

Ergebnisse und Diskussion

Zur Evaluation der Distanzschätzung verwenden wir 5025 Szenen. Zur Untersuchung der Suchzeit wurde die Suche auf 100.000 Szenen auf einem Rechner mit Intel Core i7-8650U und 16GB RAM durchgeführt. Die Ergebnisse der Baseline zeigen, dass die Distanz im Mittel um 28 % abweicht, wenn nur der Ball betrachtet wird (Tab. 1). Die klassischen Regressionsmodelle sind schneller in der Suchzeit, in der Distanzschätzung jedoch teils ungenauer als die Baseline auf Balltrajektorien. Die Approximation der Distanzberechnung auf den Embeddings zeigt einen deutlich geringeren Fehler in akzeptabler Suchzeit. Die Dimensionsreduktion mit tiefen neuronalen Netzen zeigt sich somit als geeignet zur Beschleunigung der Suche in Sporttrackingdaten. Mit einem 64-dimensionalen Embedding ließe sich eine komplette Saison (ca. 1,3 Mio. Szenen) in etwa einer Sekunde durchsuchen.

Tab. 1. *Ergebnisse der Distanzberechnung zur Identifikation ähnlicher Szenen. MAPE – mittlerer absoluter prozentualer Fehler für Distanz*

Methoden	Suchzeit auf 100k Szenen	MAPE
Baseline (Ball + Spieler)	688,87 s	-
Baseline (Ball)	1,18 s	28,1 %
Lasso Regression (Ball)	0,02 s	44,0 %
Decision Tree (Ball)	0,01 s	27,0%
Embedding 64 (Ball + Spieler)	0,08 s	19,5 %
Embedding 256 (Ball + Spieler)	0,28 s	18,6 %
Embedding 1024 (Ball + Spieler)	1,14 s	19,0 %

Ausblick

Der Ansatz mit tiefen neuronalen Netzen wird auf einer größeren Datenmenge trainiert, um ein genaueres Ähnlichkeitsmaß zu erzielen. Des Weiteren sollen im weiteren Projektverlauf Szenen aus dem *Google Research Football Environment* (Kurach et al., 2019) integriert werden um die Datenbasis weiter zu vergrößern. Außerdem soll durch verstärkendes Lernen die optimale Lösung von Spielszenen ermöglicht werden.

Literatur

- Decroos, T., Van Haaren, J. & Davis, J. (2018, Juli). Automatic Discovery of Tactics in Spatio-Temporal Soccer Match Data. In *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (S. 223–232). <https://doi.org/10.1145/3219819.3219832>
- Kurach, K., Raichuk, A., Stanczyk, P., Zajac, M., Bachem, O., Espeholt, L. & Gelly, S. (2019). Google Research Football: A Novel Reinforcement Learning Environment. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (S. 4501-4510).
- Richly, K. (2018). Leveraging Spatio-Temporal Soccer Data to Define a Graphical Query Language for Game Recordings. In *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (S. 3456–3463). <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622159>
- Sha, L., Lucey, P., Yue, Y., Carr, P., Rohlf, C. & Matthews, I. (2016). Chalkboarding: A New Spatiotemporal Query Paradigm for Sports Play Retrieval. In *21st International Conference on Intelligent User Interfaces* (S. 336–347). <https://doi.org/10.1145/2856767.2856772>
- Sha, L., Lucey, P., Zheng, S., Kim, T., Yue, Y. & Sridharan, S. (2017). Fine-Grained Retrieval of Sports Plays using Tree-Based Alignment of Trajectories. In *11th ACM International Conference on Web Search and Data Mining (WSDM'18)*.

Überprüfung zeitlicher und räumlicher Genauigkeit im Trampolinturnen

Katja Ferger¹ & Michel Hackbarth²

¹Justus-Liebig Universität Gießen, ²Justus-Liebig Universität Gießen und Carl von Ossietzky Universität Oldenburg



Abstract

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die zeitliche und räumliche Genauigkeit des Systems nachzuweisen. In diesem Zusammenhang werden diese Parameter mit unterschiedlichen Verfahren validiert.

Einleitung

Mit Blick auf die neuen internationalen Wertungsvorschriften im Trampolinturnen wird ein Messsystem überprüft, dass die objektiven Kriterien Flugzeit und Positionsbestimmung in Echtzeit und rückwirkungsfrei für die Aktiven messen kann. Mit der Überprüfung der zeitlichen Genauigkeit und räumlichen Präzision des Mess- und Informationssystems HDTs (Ferber, Hackbarth, Mylo, Müller & Zentgraf, 2019) und der Integration in das Wettkampf- und Bewertungssystem des internationalen Verbandes konnte über die Entwicklung des Systems hinaus eine praxiswirksame Implementation erreicht sowie die Wettkampfanalyse und Wettkampfdiagnostik im Trampolinturnen erweitert werden.

Methode

Für die Überprüfung der zeitlichen und räumlichen Präzision wurde eine Highspeedkamera (Casio Exilim, Digital Camera EX-F1, Tokio, Japan) mit einer zeitlichen Auflösung von 602 Hz sowie ein passives Markersystem (Qualisys Qqus 400, Göteborg, Schweden) mit einer zeitlichen Auflösung von 400 Hz eingesetzt. Dafür wurden zehn Infrarotkameras in ellipsenförmiger Anordnung um das Trampolin installiert.

Zur Datengewinnung führten zwei A-Kaderathleten des DTB 125 Sprungfolgen mit insgesamt 951 Sprüngen durch. Die verschiedenen Durchgänge enthielten sowohl einfache Strecksprünge als auch komplette Pflicht- und Kürdurchgänge.

Die Analyse auf Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Aufgrund der nicht normalverteilten Daten wurde zur Untersuchung statistischer Lageunterschiede der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für gepaarte Daten angewendet.

Ergebnisse

Die Flugzeit als Bewertungskriterium wird generell aus der Zeit zwischen dem Absprung und der darauffolgenden Landung ermittelt. Für eine spezifische Aussage zur zeitlichen Genauigkeit des Systems wurden die Ereignisse einzeln betrachtet. Mit Abweichungen im Bereich von -5,8 bis +6,4 ms für die Landung und -11,3 bis +11,3 ms ($N = 951$ für den Absprung kann mit dem HDTs-Systems die Flugzeit bestimmt werden. Zur weiteren Überprüfung wurde sowohl für die Landung als auch für den Absprung ein Bland-Altman-Plot erstellt (Abbildung 1), um auf diese Weise die Übereinstimmung der verwendeten Messsysteme genauer ermitteln und besser beurteilen zu können.

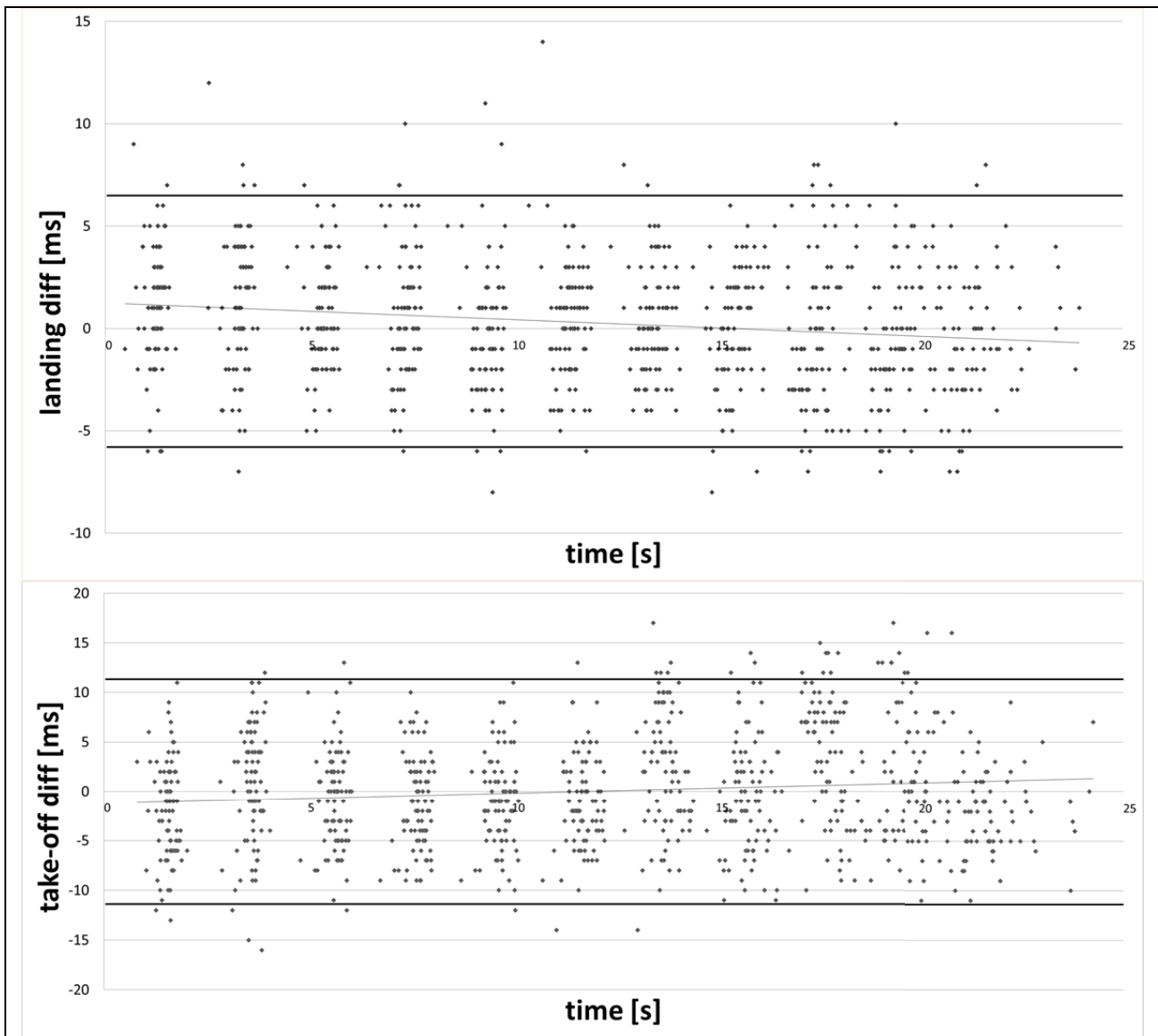


Abb. 1. Bland-Altman plot Landung (LD) und Absprung (TO). Unterschiede zwischen den Systemen für Landung und Absprung in Millisekunden (diff). 95% Limits of Agreement (LoA) für Landung [-6.3, -5.2], [5.9, 7.0] und Absprung [-12.5, -10.3], [10.3, 12.4].

Der Erwartungswert der Abweichungen zwischen dem Messsystem und dem Referenzsystem für die Positionsbestimmung der Springer liegt hochsignifikant unter 4 cm ($p < 0,001$; einseitiger Wilcoxon-Rangsummentest; $N = 835$).

Diskussion

Der Mehrwert für die Wettkampfdiagnostik ist in der präzisen und validen Erhebung leistungsrelevanter Einflussgrößen sowie in der direkten Ableitung und Formulierung individueller Zielgrößen für das Training zu sehen. Die Wettkampfdaten können in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden, sie können unterbrechungs- und rückwirkungsfreie sowie kontinuierlich und in hoher Auflösung erhoben werden.

Das HDTS-System kam während der Trampolin WM 2019 in Tokyo offiziell und als Test für Olympia 2021 zum Einsatz.

Literatur

Ferger, K., Hackbarth, M., Mylo, M., Müller, C. & Zentgraf, K. (2019). Measurement of temporal and spatial accuracy in trampolining. *Sports Engineering*, 22 (3), 18. <https://doi.org/10.1007/s12283-019-0310-9>

Validierung einer Web-Applikation zum Fern-Monitoring von Belastungs- und Erholungsparametern

Ronald Burger¹

¹Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Abstract

Simultan zur agilen Entwicklung einer Web-Applikation, die Parameter der Belastungs- und Beanspruchungssteuerung erfasst, wurden die implementierten Belastungs- und Erholungsparameter an freiwilligen Testern/innen in der Praxis überprüft. Um sowohl die Applikation als auch die z.T. selbst entwickelten Kenngrößen auf ihre externe Validität hin zu bewerten, werden diese regressionsanalytisch bearbeitet.

Einleitung

Im letzten Jahr wurde die Web-Applikation *implays* entwickelt. Die Idee war es, Trainern/innen mit einem geringen Budget, unter Verwendung eines Wearables, die Möglichkeit zu geben, den Kunden/innen inkl. kleiner Teams, ein umfängliches Fern-Monitoring zu ermöglichen. Auf der Grundlage der bisherigen Ergebnisse aus dem Projekt REGman (Meyer, Ferrauti, Kellmann und Pfeiffer, 2016, 2020) und weiterer sportpraktischer Erkenntnisse wurden standardisierte Messverfahren (Hohmann, Lahmes und Letzelter 2003) in das Tool eingebaut, die über individualisierte Baseline-Berechnungen und Z-Wert Standardisierungen eine personenbezogene Bewertung von Beanspruchung und Regeneration zu lassen. In diesem Beitrag soll die Funktionalität der Webapplikation dargestellt und auf Grund der ersten Anwenderdaten eine Optimierung der selbstentwickelten Indizes durchgeführt werden.

Forschungsstand

In der Applikation werden in Anlehnung an Kellmann M., Kölling, S. und Hitzschke, B. (2016) subjektive Fragen des Befindens aber auch darüber hinaus gestellt. Es wird der sRPE in Anlehnung an Sanders D., Abt, G., Hesselink, M. K., Myers, T. und Akubat, I. (2017) und Turner A. N., Bishop, C., Marshall, G. und Read, P. (2015) bereitgestellt. Für die Erholungs- und Anpassungsfähigkeit werden zwei Hauptparameter der HRV Messung herangezogen, nämlich der rMSSD und der SDNN. Die Vorteile der Bereitstellung dieser Kenngrößen liegt in der hohen Standardisierung der Erhebung. Diese wird durch eine eigens entwickelte App auf einer Garmin Uhr, mit Hilfe der Schlafzyklenbestimmung vor dem Aufwachen gemessen. Weitere in die Beurteilung einfließende Parameter werden durch das Wearable übermittelt. Durch die lineare Kombination der subjektiven Bewertungen werden im Moment Indizes gebildet, die die Dimension Schlaf, Belastung, Erholung und Aktivität abbilden.

Die cloudbasierte Applikation wurde in Kotlin programmiert und basiert auf dem Angular Front-End-Framework. Die Web-Applikation wird in Deutschland in einem Azure-Stack gehostet und unterliegt somit den entsprechenden Datenschutzrichtlinien.

Methoden

Unter zu Hilfenahme faktoren- und regressionsanalytischer Verfahren, soll eine Verdichtung der Daten erfolgen, die die praktische Evidenz der bisherigen Anwendung um die statistische Komponente erweitert. Dieses methodengeleitete Vorgehen und die daraus resultierenden Ergebnisse werden in diesem Beitrag vorgestellt.

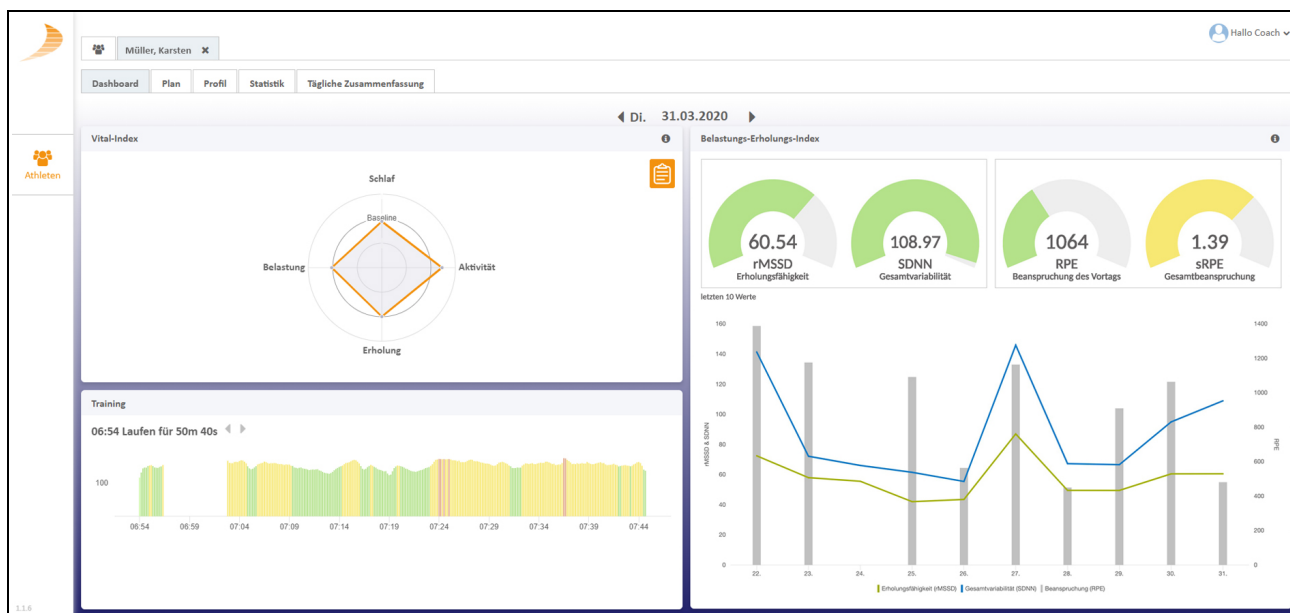


Abb. 1. Aktuelles Dashboard der Web-Applikation implays.

Literatur

- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (3., unveränd. A.). Wiebelsheim: Limpert Verlag.
- Kellmann, M., Kölling, S. & Hitzschke, B. (2016). *Das Akutmaß und die Kurzskaala zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport: Manual* (1. Aufl.). Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M. & Pfeiffer, M. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport: REGman-Ergebnisse und Handlungsempfehlungen*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M. & Pfeiffer, M. (2020). *Regenerationsmanagement im Spitzensport (Teil 2): REGman-Ergebnisse und Handlungsempfehlungen*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Sanders, D., Abt, G., Hesselink, M. K., Myers, T. & Akubat, I. (2017). Methods of monitoring training load and their relationships to changes in fitness and performance in competitive road cyclists. *International journal of sports physiology and performance*, 12 (5), 668–675.
- Turner, A. N., Bishop, C., Marshall, G. & Read, P. (2015). How to monitor training load and mode using sRPE. *Prof Strength Cond*, 39, 15–20.

Einsatzmöglichkeiten und Transfer von Künstlicher Intelligenz im internationalen Spitzensport – zwischen Small und Big Data

Alexander Hagg¹, Alexander Asteroth¹, Mark Pfeiffer², Fabian Hammes³ & Daniel Link³

¹Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, ²Johannes Gutenberg-Universität Mainz, ³Technische Universität München

Abstract

Ausgehend von einer Sichtung aktueller Ergebnisse in der KI werden Faktoren identifiziert, die zur erfolgreichen Anwendung führen. Ein Abgleich mit den Gegebenheiten im Spitzensport führt zur Identifikation potenzieller Handlungsfelder.

Einleitung

Das Fachgebiet *Künstliche Intelligenz* (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik und existiert als solches bereits seit den 1950er Jahren. In den letzten Jahren hat die Anwendung von KI in vielen Bereichen an Bedeutung gewonnen und es wurden teils beeindruckende Ergebnisse erzielt. Als Teil der Expertise *Künstliche Intelligenz für den Spitzensport im Spannungsfeld zwischen Big und Small Data* (Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 2019) wurde ein Überblick über neue Entwicklungen der KI und deren erfolgreiche Anwendung erarbeitet. Ausgehend davon wurden speziell mit Augenmerk auf den Spitzensport wesentliche Faktoren und Empfehlungen abgeleitet. KI beschäftigt sich mit intelligentem Verhalten durch Maschinen. In den führenden Lehrbüchern wird in diesem Zusammenhang heute von intelligenten Agenten bzw. Akteuren gesprochen. Legt man die Definition von Russel und Norvig (Russel und Norvig, 2013) zugrunde, dann können im Wesentlichen vier Teilschritte unterschieden werden: „Wahrnehmung und Sensorik“, „Modellierung, Lernen und Vorhersage“, „Strategie, Planung und Optimierung“ und „Manipulation, Intervention und Interaktion“. Bezogen auf den Sport können ein KI-System und seine Umgebung wie folgt dargestellt werden (vgl. Abb. 1).

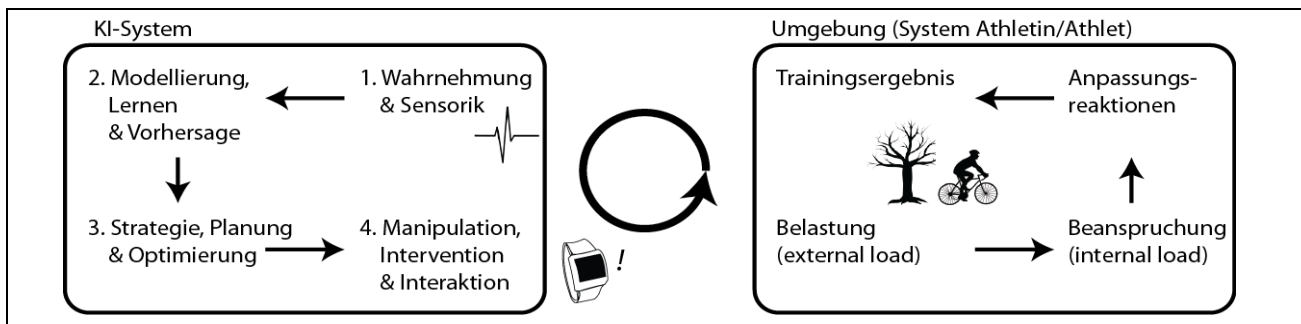


Abb.1. Handlungszyklus und Komponenten eines intelligenten Agenten und Interaktion mit der Umgebung.

Methoden

Für jeden der vier genannten Teilbereiche wurde eine systematische Sichtung der wesentlichen Entwicklungen aus den letzten 10 Jahren vorgenommen. Dazu wurden in jedem Teilbereich relevante Schlagworte identifiziert und es wurde mit Hilfe von Forschungsdatenbanken wie Google Scholar, ResearchGate und Microsoft Academic nach Veröffentlichungen gesucht. Die Entwicklung im Bereich der KI und insbesondere im Teilgebiet „Maschinelles Lernen“ verlief in den vergangenen Jahren so rasant (der Suchbegriff „Machine Learning“ liefert bereits rund 2 Mio. Ergebnisse), dass es nicht möglich ist, alle wesentlichen Publikationen zu sichten. Die Suche wurde daher ausgehend von Übersichtsartikeln begonnen und

von dort im Detail vertieft. Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf erfolgreiche Anwendungsfälle gelegt. Aus diesen Anwendungsfällen wurden Faktoren abgeleitet, die potentiell für die erfolgreiche Anwendung relevant sind. In einem zweiten Part der gleichen Studie fand ein Austausch mit Expert/innen aus Trainingswissenschaften und Sport statt; es wurde ein weiterer Review zu bereits existierenden erfolgreichen Anwendungen von KI im Spitzensport durchgeführt und es wurden Interviews mit internationalen Expert/innen aus 7 Ländern geführt. Dies ermöglicht es, die identifizierten Faktoren mit den Gegebenheiten im Spitzensport abzugleichen und so Empfehlungen abzuleiten.

Ergebnisse und Diskussion

In jedem der vier Teilbereiche (vgl. Abb. 1) wurde eine Vielzahl von Verfahren identifiziert, welche in unterschiedlichen Einsatzgebieten bereits sehr erfolgreich in der Praxis angewendet wurden. Deren große Anzahl lässt eine umfassende Darstellung an dieser Stelle nicht zu. Ein wesentlicher gemeinsamer Faktor scheint die einfache Verfügbarkeit von Daten zu sein, die a) in großer Menge und b) in hoher Vielfalt und Qualität vorhanden sind. In diesem Zusammenhang spricht man oft von *Big Data*. Im Spitzensport und im Sport allgemein ist a) oder b) in der Regel nicht gegeben (*Small Data*). Dies schließt einige sehr erfolgreiche (tiefe) Lernverfahren per se aus. Die einfache Verfügbarkeit der Daten, z.B. in vielen offenen *Benchmark-Databases*, ermöglicht es, neue Verfahren ohne weitere Hürden zu evaluieren. Vergleichbare offene Datenbanken sind im Spitzensport aktuell nicht vorhanden. Aufgrund dieser *Small Data* Situation sollte der Fokus im Sport vor allem auf Verfahren liegen, die zum einen robust gegen verrauschte Daten sind. Mögliche Ansätze sind hier neuere statistische (Lern-)Verfahren, Transferlernen oder generative Modelle. Idealerweise erlauben *White-Box* Modelle hierbei sogar die Interpretation der Modellparameter. Zum anderen ist es notwendig, die Verfügbarkeit und Menge qualitativ hochwertiger Daten zu erhöhen. Durch die immer präsenteren Wearables ist potenziell eine höhere Datenverfügbarkeit gegeben. Eine Lösung könnten hier z.B. quelloffene Hard- und Software bei Wearables, die stärkere Integration von Modellen in die Wearables sowie anonymisiertes *Federated Learning* sein. Als letztes Handlungsfeld bleibt die Akzeptanz von KI im Sport. Während einzelne Teilschritte eines KI Systems bereits umgesetzt werden, fehlt in der Praxis meist der vollständige Schluss des Handlungskreises.

Ausblick

Die Einbindung von Trainer/Sportler/in in die KI-Schleife (vgl. Abb 1, 3. Und 4.) und eine höhere Vielfalt an frei verfügbaren Lösungen z.B. zur Visualisierung von Daten könnte die Akzeptanz erhöhen und so das „Henne-Ei“ Problem (Datenlage/Einsatz von KI versus Akzeptanz) lösen. In vier Einsatzbereichen werden die Ergebnisse aktuell exemplarisch in Form von Use Cases weiter analysiert und evaluiert.

Literatur

Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.). (2019, April). *Ausschreibung einer Expertise: Einsatzgebiete von Künstlicher Intelligenz (KI) im Spitzensport*. Zugriff am 19. Juni 2020 unter https://www.bisp.de/SharedDocs/Downloads/Ausschreibungen/Ausschreibung_Expertise_KI_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Russel, S. & Norvig, P. (2013). *Artificial intelligence: a modern approach*. Boston: Pearson Education.

Einsatz von Künstlicher Intelligenz im internationalen Spitzensport – Eine Erhebung des Status Quo

Fabian Hammes¹, Daniel Link¹, Martin Lames¹, Alexander Hagg², Alexander Asteroth² & Mark Pfeiffer³

¹Technische Universität München, ²Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, ³Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Abstract

Anhand eines Literaturreviews sowie Interviews mit ausgewählten Expert/innen aus 7 Ländern wird der aktuelle Stand der KI im internationalen Spitzensport beschrieben. Die Ergebnisse zeigen primär Aktivitäten in den Bereichen Bilderkennung, Signalverarbeitung und Regelerkennung.

Einleitung

Verfahren der künstlichen Intelligenz kommen in vielen Bereichen der Gesellschaft zum Einsatz. Themen wie Autonomes Fahren, automatische Gesichtserkennung oder Sprachassistenten sind ohne KI nicht denkbar (Russel & Norvig, 2016). Auch im Spitzensport haben Methoden der KI in den letzten Jahren mehr und mehr Einzug erhalten und dabei geholfen zuvor ungenutzte bzw. unentdeckte Potentiale zu nutzen (z.B. im Fußball, Memmert & Raabe, 2019). Als Teil der Expertise *Künstliche Intelligenz für den Spitzensport im Spannungsfeld zwischen Big und Small Data*, die vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) in Auftrag gegeben wurde (Bundesinstitut für Sportwissenschaft, 2019), besteht das Ziel der vorliegenden Arbeit darin, den aktuellen Stand des Einsatzes der KI in Serviceeinrichtungen des internationalen Spitzensports darzustellen. Durch diese Erfassung eines aktuellen Stands soll sichergestellt werden, dass im deutschen Spitzensport keine Entwicklung auf dem Feld der KI verpasst wird und damit langfristig die Konkurrenzfähigkeit deutscher Athlet/innen im internationalen Sport sicherzustellen.

Methode

Zur Identifikation des Standes der KI im Spitzensport wurden sowohl ein Literaturreview, insbesondere aber auch Interviews mit anerkannten internationalen Expert/innen auf dem Gebiet der KI im Spitzensport durchgeführt. Die ausgewählten Expert/innen, die allesamt bereits eine Vielzahl an Projekten mit der Sportpraxis in Bezug auf den Einsatz von Technologien der KI durchgeführt haben, stammen aus den Ländern Australien, China, Deutschland, Kanada, Österreich, Russland und der Schweiz. Die Interviews erfolgten nach einem Leitfaden der unter anderen die folgenden vier Bereiche adressiert:

- Projekte mit Einsatz von Technologien der KI: Gefragt wurde hierbei nach einzelnen KI-Technologien und deren Einsatz in Projekten. Auf Basis des Literaturstandes erfolgte hierbei bereits eine Vorstrukturierung von KI-Technologien in die für den Sport besonders relevanten Bereiche *Signalverarbeitung*, *Bildverarbeitung*, *Regelerkennung* und *Benutzerinteraktion*. Während das Ziel bei der *Signal-* und der *Bildverarbeitung* darin besteht, dass mittels Sensorik bzw. Computer Vision möglichst akkurat Daten erfasst werden, gehen Technologien der *Regelerkennung* wie bspw. das Machine Learning darüber hinaus und versuchen bisher unentdeckte Muster in vorhandenen Daten zu erkennen. Technologien wie die Robotik zählen zur vierten Gruppe und zeichnen sich durch eine wechselseitige *Benutzerinteraktion* zwischen Mensch und Technologie aus.

- Förderliche bzw. hinderliche Bedingungen bei der Projektdurchführung: Die Expert/innen sollten hierbei aus ihren Erfahrungen berichten, was in KI-Projekten besonders zu beachten ist.
- Bedeutung der KI für die sportwissenschaftliche Theoriebildung: Insbesondere die Expert/innen mit einem Forschungshintergrund sollten hier ihre Einschätzung geben.
- Zukunftsperspektiven der KI: Zum Abschluss durften die Expert/innen eine Einschätzung geben, wie sich die KI im Spitzensport in den nächsten 10 Jahren entwickeln wird. Wie wichtig wird sie sein? Welche Trends werden sich ergeben?

Ergebnisse

Die Herausforderung der ausreichenden Sammlung relevanter Daten scheint noch nicht für jede Sportart zufriedenstellend gelöst, sodass insbesondere die Signal- und die Bildverarbeitung im Fokus vieler aktueller KI-Projekte steht. Vermehrt werden jedoch Projekte zur Erstellung von Algorithmen zur Regelerkennung durchgeführt – so wurde ein entsprechendes Projekt von jedem der interviewten Expert/innen genannt. Vorreiterrollen besitzen hierbei insbesondere wirtschaftlich starke Sportarten, wie bspw. Fußball oder Tennis. Anzumerken ist allerdings, dass die Frage nach einer automatisierten Handlungsempfehlung durch den Algorithmus differenziert beantwortet wurde. Tools zur Benutzerinteraktion, bspw. der Robotik, sind bei den ausgewählten Experten bisher nicht verbreitet.

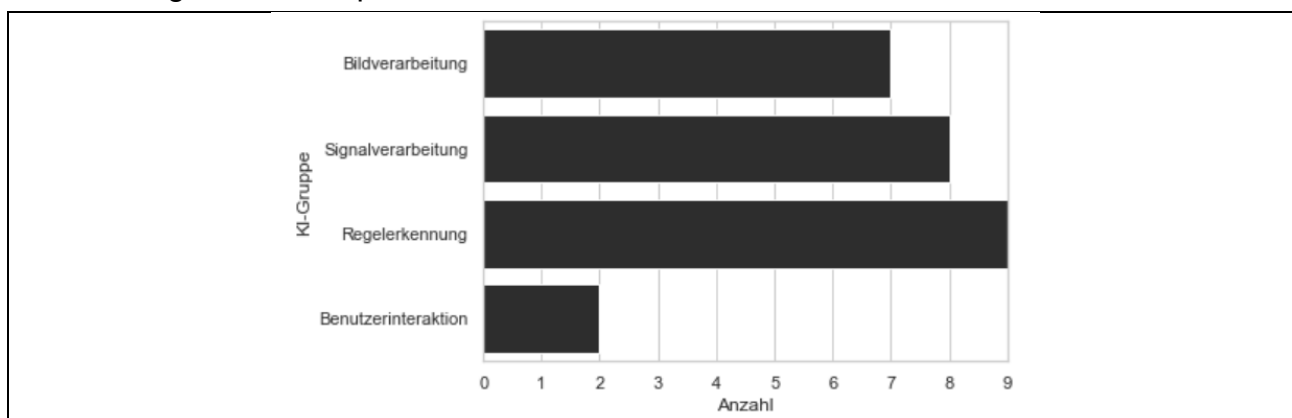


Abb. 1. Quantitative Auswertung des erwähnten Einsatzes von KI-Technologien in Projekten der Interviewpartner.

Schlussfolgerung

Die Relevanz der KI im Spitzensport scheint bereits heutzutage gegeben, wird allerdings in den nächsten Jahren wohl weiter zunehmen. Bei einer erwarteten Lösung des Problems der Datenerfassung für immer mehr Sportarten ist zu erwarten, dass sich auch hier der Schwerpunkt der Aktivitäten in Richtung der Regelerkennung verschieben wird. Sowohl der deutsche Spitzensport als auch die Fördereinrichtungen sind sicherlich gut beraten, Entwicklungen in diesem Bereich im Auge zu halten.

Literatur

- Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.). (2019, April). *Ausschreibung einer Expertise: Einsatzgebiete von Künstlicher Intelligenz (KI) im Spitzensport*. Zugriff am 19. Juni 2020 unter https://www.bisp.de/Shared-Docs/Downloads/Ausschreibungen/Ausschreibung_Expertise_KI_2019.pdf?__blob=publication-File&v=1
- Memmert, D. & Raabe, D. (2019). *Revolution im Profifußball: Mit Big Data zur Spielanalyse 4.0* (2. aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Russel, S. J. & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3. Aufl.). Boston: Pearson.

Darstellung von Informationen im Bereich des Peripheren Sehens bei Sportlern/innen

Aline Püschel¹, Wolfgang Kilian¹, Ann-Christin Woggon¹ & Stephan Odenwald¹

¹Technische Universität Chemnitz

Abstract

Es wird ein Konzept vorgestellt, bei dem Vitalparameter mit Hilfe eines visuellen Feedbacksystems im peripheren Sichtfeld eingeblendet werden. Der Fokus liegt auf einer möglichst ablenkungsfreien Informationsdarstellung.

Einleitung

Im sportlichen Bereich findet sich häufig der Bedarf nach zusätzlichen Informationen, die die eigenen Vitalparameter betreffen können oder Feedback zur Leistungssteigerung beinhalten. Als Ergebnis der hier vorgestellten Studie werden wesentliche Hinweise sowie ein Umsetzungskonzept zur Darstellung von Informationen im Bereich des peripheren Sehens vorgestellt. Dabei grenzt sich das Konzept von Systemen ab, die auf Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) basieren.

Forschungsstand

Der über die Fovea centralis wahrgenommene Bildausschnitt beträgt lediglich ein Winkelgrad (1°) (Hunziker, 2006), d.h. alle weiteren Informationen, die die Retina des Auges erreichen, werden bereits peripher wahrgenommen. Die Hauptaufgabe der retinären Peripherie besteht insbesondere im Erkennen von bewegten Objekten und somit der Gefahrensignalisation (Jaeger, 2013). Effekte und Parameter, die die periphere Sehleistung und das effektive Wahrnehmen von peripheren Reizen beeinflussen, sind u.a. der Crowding-Effekt (Pelli, 2008), die visuelle Aufmerksamkeit (Carrasco, Williams & Yeshurun, 2002), der Kontext-Cueing-Effekt (Geyer, Zehetleitner & Müller, 2010), das Alter (Blackwell & Blackwell, 1971) und die Belastung, die von der primären Aufgabe bei der betreffenden Person hervorgerufen wird (Cao & Händel, 2019).

Methodik

Es erfolgte eine umfangreiche Betrachtung der physiologischen Grundlagen des (peripheren) Sehens unter den Aspekten optische Auflösung, Bewegung, kortikale Vergrößerung, Crowding-Effekt, Farberkennung, Kontrastempfindlichkeit und Formerkennung. Aufbauend auf der Physiologie des Auges wurden allgemeine Gestaltungsrichtlinien zur Nutzung des peripheren Sehfeldes für Feedbacksysteme vorgestellt und ein entsprechendes System entworfen.

Ergebnisse

Die anatomischen und neurologischen Gegebenheiten führen zu folgenden *Gestaltungsrichtlinien* zur Darstellung von Informationen im peripheren Sehfeld:

- Bewegung statt statischer Anzeige, z.B. wiederholtes Aufleuchten
- Primärfarben nutzen (rot, gelb, blau) – nicht mehrere Farben gleichzeitig
- einzelne, einfache Formen (Kreis, Quadrat, Strich)
- Verwendung vordefinierter, bekannter Formen
- Mindestabstand bei mehreren Formen
- hoher Kontrast zur Abgrenzung der Formelemente
- je kleiner die Objekte, desto höher der Kontrast

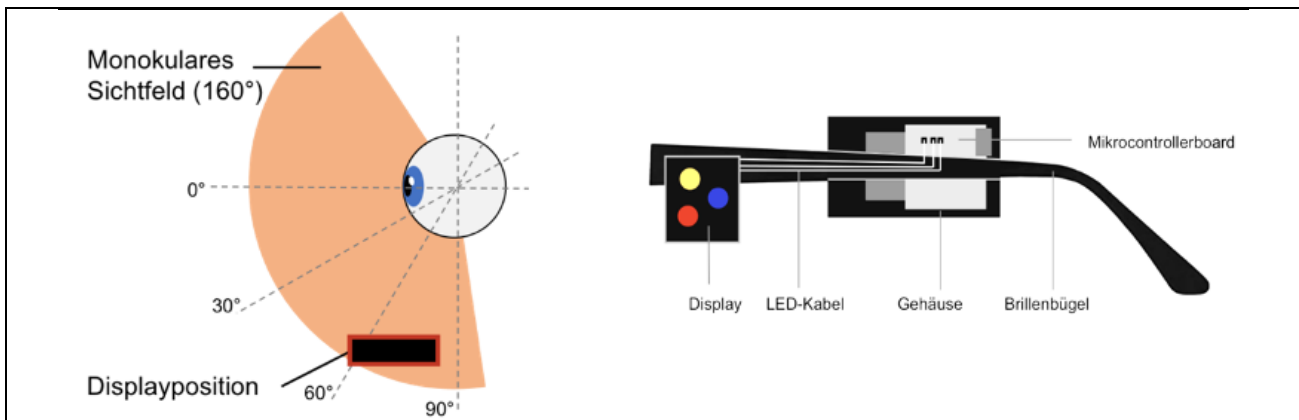


Abb. 1. Links: Schematische Darstellung der Displayposition (linkes Auge, Transversalebene); rechts: schematische Darstellung des konzeptionierten Brillenbügels mit Anzeigesystem.

Technische Umsetzung:

Wie in Abb.1 (links) schematisch dargestellt, wird das Display beidseitig am Brillenbügel befestigt und befindet sich in der fernen Peripherie zwischen 60° und 90°. So werden die Farben und Signale der LEDs, auch bei Blickrichtungsänderungen wahrgenommen.

Eine horizontale Anordnung der LEDs ließe sich gut in den Brillenbügel integrieren. Daraus ergäbe sich aber für jede LED eine unterschiedliche horizontale Peripherie. Eine vertikale Anordnung schränkt das periphere Sichtfeld stärker ein und es befinden sich weniger LEDs in der horizontalen Sichtlinie. Die gewählte Anordnung in Abb. 1 (rechts) bildet dazu einen guten Kompromiss.

Diskussion

Mit Hilfe des konzeptionierten Demonstrators soll gezeigt werden, dass die Nutzung des peripheren Sehens sich für die ablenkungsarme Einblendung von Informationen im Sport eignet. Im Gegensatz zur AR/VR wird die Information am Rand des Sehfeldes eingeblendet und nicht der Bereich des aktiven Sehens überblendet, wobei durch die Datenreduktion Zustände und Grenzwertüberschreitungen und nicht komplexe Daten dargestellt werden. Durch den geplanten Aufbau und die Reduzierung auf die minimal notwendige Technik ist es möglich, unter Beibehaltung der Funktionalitäten, diese Einheit mit einem geringen Gewicht zu realisieren.

Ausblick

Das Prinzip der Darstellung von Informationen kann nicht nur für Vitalparameter sondern auch für andere oder zusätzliche Anwendungen, wie bspw. eine Navigationshilfe genutzt werden.

Literatur

- Blackwell, O. M. & Blackwell, H. R. (1971). Visual performance data for 156 normal observers of various ages. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 1 (1), 3–13.
- Cao, L. & Händel, B. (2019). Walking enhances peripheral visual processing in humans. *PLOS Biology*, 17 (10), 1–23. doi.org/10.1371/journal.pbio.3000511
- Carrasco, M., Williams, P. E. & Yeshurun, Y. (2002). Covert attention increases spatial resolution with or without masks: Support for signal enhancement. *Journal of Vision*, 2 (6), 467–479. doi.org/10.1167/2.6.4
- Geyer, T., Zehetleitner, M. & Müller, H. J. (2010). Contextual cueing of pop-out visual search: When context guides the deployment of attention. *Journal of vision*, 10 (5), 1–11. doi.org/10.1167/10.5.20
- Hunziker, H. W. (2006). *Im Auge des Lesers: Vom Buchstabieren zur Lesefreude: foveale und periphere Wahrnehmung*. Zürich: Stäubli Verlag AG.
- Jaeger, W. (Hrsg.). (2013). *Periphere Retina: 74. Zusammenkunft in Essen 1975*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Pelli, D. G. (2008). Crowding: A cortical constraint on object recognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 18 (4), 445–451. doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.008

Session Messtechnik und Datenanalyse 1

Eignet sich OpenPose zur 3-D-Analyse im Leistungssport?

Ina Fichtner, Holger Jentsch, Michael Bunk, Björn Mäurer & Sebastian Bichler – IAT Leipzig e.V.

Künstliche Intelligenz und Computer Vision in der Bewegungsanalyse von Kanuten

Marc Schuh, Jonas Mayer, Mario Parstorfer & Thomas Endres – TNG Technology Consulting GmbH, Olympiastützpunkt Heidelberg

IMU-based assessment of ground contact time in 100-meter sprints

Patrick Blauburger, Alexander Horsch & Martin Lames – Technische Universität München, University of Tromsø

Understanding the effect of tire pressure and speed on vibrations transmission to the handlebar in road cycling

Giuseppe Sanseverino, Stefan Schwanitz, Dominik Krumm, Stephan Odenwald & Antonio Lanzotti – Chemnitz University of Technology, University of Naples Federico II

Ganzkörper-Schwingungsexposition von Kindern beim Transport in Fahrradanhängern – Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen

Stefan Schwanitz, Arne Stuff & Stephan Odenwald – Technische Universität Chemnitz

Multisensorsystem zur Echtzeitanalyse von Bewegungen im Skilanglauf

Nils Brauckmann & Artur Schütz – Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Comparison of soccer-specific tactical performance of women and men matches in Europe. A focus on notational derived metrics

Marc Garnica Caparrós, Jonas Imkamp & Daniel Memmert – German Sport University Cologne

Eignet sich OpenPose zur 3-D-Analyse im Leistungssport?

Ina Fichtner¹, Holger Jentsch¹, Michael Bunk¹, Björn Mäurer¹ & Sebastian Bichler¹

¹IAT Leipzig e.V.

Abstract

Es wird ein Verfahren gesucht, das den Aufwand zur Erstellung einer 3-D-Videoanalyse im Leistungssport durch Verfahren der Muster- und Bilderkennung verringert, um zeitnah daraus resultierende Interventionen im Training vornehmen zu können.

Einleitung

Die Videoanalyse nimmt aktuell weiterhin einen beständigen und wichtigen Platz in der Bereitstellung von Informationen im Leistungssport ein. Dabei wird in der vorliegenden Arbeit angestrebt, Punkte von Objekten im Raum im Zeitverlauf möglichst automatisiert und ohne Marker zu erfassen (Nakano et al., 2019) sowie Kriterien für die Güte der 3-D-Erfassung festzulegen, um gegebenenfalls manuell zu korrigieren. Die verarbeiteten 3-D-Punktverläufe werden genutzt, um kinematische Analysen zeitnah zu erstellen. Für die automatisierte Erfassung wird OpenPose (Cao, Hidalgo, Simon, Wei, & Sheikh, 2019) eingesetzt und analysiert. Die Berechnung der 3-D-Koordinaten sowie die kinematische Analyse erfolgte über das am IAT etablierte Programm *Mess3D* (Drenk, 1988, Abdel-Aziz & Karara, 1971).

Forschungsstand

Verschiedene Fachgruppen der Sportarten am IAT verwenden die Videoanalyse um kinematische Analysen zu erstellen. Große Datenmengen und das manuelle Erfassen der kinematischen Daten und Parameter sind mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Die Punkte am Körper der Sportlerinnen und Sportler sowie der Geräte werden in der Regel von zwei Kameras erfasst. Das Programm *Mess3D* bietet dafür zwei entsprechende Ansichten. Wird ein Punkt in einer Ansicht erfasst, kann derselbe Punkt in der anderen Ansicht auf der Epipolarlinie ausgewählt werden. Die Körperpunkte der Wahl wurden jeweils in beiden Kameras unabhängig voneinander, d.h. in 2-D mittels *OpenPose* erfasst. *OpenPose* verfährt nach dem Verfahren „*Tracking bei Detection*“, wobei jedes Bild eines Videos (Frame) unabhängig von der Zeit nach den gewünschten Körperpunkten untersucht wird. Aus diesem Grund kann es zu Sprüngen kommen (Jitter).

Methoden

In der Untersuchung zur Validität wurde ermittelt, wie „nah“ die manuell und die automatisiert erfassten Punkte beieinanderliegen und wie stark sie korrelieren. Die Güte der 3-D-Koordinaten wurde über maximal erlaubte Abstände der windschiefen Geraden aus beiden Projektionen der Kameras ermittelt. Der 3-D-Punkt wurde in der Mitte der Lotfußpunkte angesetzt.

Das verfügbare „3-D reconstruction module“ von *OpenPose* ließe sich prinzipiell ebenso einsetzen, erfordert aber ein anderes Vorgehen zur 3-D-Kalibrierung. *OpenPose* verwendet eine Singulärwertzerlegung zur Berechnung von 3-D-Punkten. Die geometrische Interpretation der berechneten Punkte ist dabei nicht direkt übertragbar.

Ergebnisse und Diskussion

In der Mehrheit der Fälle konnte aufgrund der automatisch erfassten 2-D-Punkte von beiden Kameras 3-D-Punkte berechnet werden, welche zu den 2-D-Punkten konsistent sind. Mit dem jetzigen Stand der Entwicklung wird die bisherige Genauigkeit wieder erreicht. Im Gegensatz zum bisherigen Verfahren reduziert der Einsatz von *OpenPose* den zeitlichen Aufwand auf ein Drittel.

Ausblick

Es zeichnet sich ein Nutzen für den Leistungssport aufgrund der automatischen Erfassung der 2-D-Punkte und Integration in *Mess3D* mit Berechnung der 3-D-Punkte ab, sodass das Zusammenwirken der beiden Programme optimiert werden soll. Es gibt weitere Anregungen zur Fortführung der Entwicklungen in verschiedenen Sportarten bzw. Disziplinen (Nakai, Tsunoda, Hayashi & Murakoshi, 2019, Fuchs, Wagner, Bausch & Frenzel, 2018), z.B. Weitsprung, Skisprung, Laufen/Sprint und Boxen. Das wäre im Rahmen einer wissenschaftlichen Unterstützung des Leistungssports im Sinne eines Echtzeitfeedbacks hilfreich.

Literatur

- Abdel-Aziz, Y. & Karara, H. M. (1971). Direct Linear Transformation into Object Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry. In *Proceedings of Symposium on Close-range Photogrammetry* (S. 1-18). Champagne, IL: University of Illinois.
- Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S.-E. & Sheikh, Y. (2019). OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (S. 7291-7299).
- Drenk, V. (1988). *Erarbeitung von photogrammetrischen Auswerteverfahren für den Einsatz schwenkbarer Kameras in der Leistungssportforschung*. Leipzig: Forschungsinstitut für Körperkultur und Sport.
- Fuchs, M., Wagner, P., Bausch, G. & Frenzel, P. (2018). Kamerabasierte Erfassung von Skelettdaten und Vitalparametern. In I. Fichtner (Hrsg.), *Technologien im Leistungssport 3* (S. 62-73). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Nakai, M., Tsunoda, Y., Hayashi, H. & Murakoshi, H. (2019). *Prediction of Basketball Free Throw Shooting by OpenPose*. In K. Kojima, M. Sakamoto, K. Mineshima, & K. Satoh (Hrsg.), *New Frontiers in Artificial Intelligence* (S. 435–446). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31605-1_31
- Nakano, N., Sakura, T., Ueda, K., Omura, L., Kimura, A., Yoichi Iino, Fukashiro, S. & Yoshioka, S. (2019). Evaluation of 3D markerless motion capture accuracy using OpenPose with multiple video cameras. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 1-9. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00050>

Künstliche Intelligenz und Computer Vision in der Bewegungsanalyse von Kanuten

Marc Schuh¹, Jonas Mayer¹, Mario Parstorfer² & Thomas Endres¹

¹TNG Technology Consulting GmbH, ²Olympiastützpunkt Heidelberg

Abstract

Wir konnten durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz und Computer Vision den Aufwand der Technikanalyse von Leistungssport-Kanuten von ca. 20 Minuten auf ca. 2 Minuten pro Athlet/in reduzieren, ohne dabei auf die Verwendung von Motion Trackern angewiesen zu sein.

Einleitung

Um die Technik von Leistungssportkanuten zu analysieren, werden sie während des Trainings von einem parallel fahrenden Boot freihändig gefilmt. Diese Videoaufnahmen werden bis jetzt von Hand ausgewertet. Dabei müssen pro Paddelzug zu insgesamt vier verschiedenen Zeitpunkten die Winkel des Paddels im Video gemessen und mit dem Technikleitbild (siehe Abb. 1) verglichen werden.



Abb. 1. Die vier Phasen eines Paddelzugs im Technikleitbild.

Uns ist es gelungen, diesen Vergleich in einem ersten Proof of Concept erfolgreich mit Hilfe von künstlicher Intelligenz und Computer Vision zu automatisieren.

Methoden

Detektion der Wasserlinie:

Zuerst müssen die verwackelten Videoaufnahmen stabilisiert werden. Dafür wird mittels Vorder-/Hintergrundsegmentierung (Chen, Papandreou, Kokkinos, Murphy & Yuille, 2018) das Kanu vom Rest der Aufnahme abgelöst. Ein Feature Tracking (Shi & Tomasi, 1994) ermöglicht es, die Ausrichtung des Kanus in aufeinander folgenden Aufnahmen zu vergleichen und zu stabilisieren. Durch die Principal Component Analysis können wir zusätzlich den Winkel des Kanus bestimmen und ausgleichen, sodass das Kanu und der Athlet immer horizontal an der gleichen Stelle im Video bleiben. Die Wasserlinie wird als horizontale Linie am unteren Rand des segmentierten Kanus festgelegt.

Detektion des Paddels:

Eine direkte Erkennung des Paddels ist auf Grund fehlender Modelle und annotierter Daten nicht möglich. Daher werden zuerst die Handpositionen des Athleten über OpenPose (Cao, Hidalgo, Simon, Wei & Sheikh, 2018) ermittelt. In einem zweistufigen Prozess wird zunächst die gesamte Körperpose ermittelt. Im Anschluss werden, ausgehend von den vorher ermittelten Handgelenkpositionen, die Fingerglieder pixelgenau erkannt. Da die Hände stets mit dem Paddel verbunden sind, kann durch das Anlegen einer Linie durch die Handmittelpunkte auch die Paddelposition ermittelt werden.

Der Schnittpunkt aus der zuvor bestimmten Wasserlinie und der Geraden durch die Hände, ergibt den gesuchten Paddelwinkel. Zu diesem Zeitpunkt ist eine kontinuierliche Winkeldetektion möglich.

Detektion der Paddelpose:

Für einen Vergleich mit den Technikleitbildern müssen die vier Phasen (siehe Abb. 1) automatisch detektiert werden. Da die vier Phasen jeweils einem Zustandsübergang von komplett über Wasser, halb eingetaucht, komplett eingetaucht gleichkommen, wurde das Problem auf die Erkennung des Paddelzustands reduziert. Hierfür wurde mittels Transfer Learning ein neuronales Netz (Sandler, Howard, Zhu, Zhmoginov & Chen, 2018) trainiert. Dafür musste eine manuelle Annotation von einigen tausend Bildern erfolgen, welche anschließend für das Training der künstlichen Intelligenz verwendet wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Wir konnten den zeitlichen Aufwand einer Kanutechnikanalyse um etwa eine Größenordnung von 20 auf 2 Minuten reduzieren. Unsere Genauigkeit ist in den ersten Testversuchen im Schnitt schlechter als die der menschlichen Auswertung. Jedoch unterliegt die Genauigkeit einer stetigen Entwicklung und Verbesserung. Die aktuellen Probleme, Lösungsansätze sowie die noch ausstehende Validierung werden im Vortrag erörtert.

Ausblick

Wir bieten neben automatisierten Vergleich der Videoaufnahme mit dem technischen Leitbild auch die Möglichkeit, die Paddelbewegung kontinuierlich auszuwerten. Dabei können auch Winkelgeschwindigkeiten und Winkelbeschleunigungen ohne Motion Tracker analysiert werden. Eine naheliegende Weiterentwicklungsmöglichkeit ist, den Athleten während des Trainings direkte Rückmeldung zu geben und so beim Training die Technik kontinuierlich zu verbessern. Zur Motivation der Athleten ist ein Ansatz zur Gamification des Techniktrainings denkbar. Langfristig möchten wir unsere Analyse auch auf andere Sportarten erweitern.

Literatur

- Cao, Z., Hidalgo, G., Simon, T., Wei, S. & Sheikh, Y. (2018) OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43 (1), 172-186. Doi:10.1109/TPAMI.2019.2929257
- Chen, L., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K. & Yuille, A.L. (2018). DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40 (4), 834-848. Doi:10.1109/TPAMI.2017.2699184
- Sandler, M., Howard, A., Zhu, M., Zhmoginov, A. & Chen, L.C. (2018). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Salt Lake City, UT*, 4510-4520. Doi: 10.1109/CVPR.2018.00474
- Shi, J. & Tomasi, C. (1994) Good features to track. *1994 Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Seattle, WA*, 593–600. Doi: 10.1109/CVPR.1994.323794

IMU-based assessment of ground contact time in 100-meter sprints

Patrick Blauburger¹, Alexander Horsch² & Martin Lames¹

¹Technische Universität München, ²University of Tromsø (Norway)

Abstract

This study describes a method for extracting ground contact time (GCT) in sprinting from IMU signals. 576 steps from 26 sprints of elite sprinters are validated with Optogait measurements. Differences of 1.2 ± 8.8 ms or 4.3 % are found. The results show the high potential of IMUs to provide GCTs.

Introduction

The acquisition of running parameters with sensors is a developing topic in recent years for application in sport science and practice. Various studies introduced new or adapted sprint performance metrics, based on data of Inertial Measurement Units (IMUs) (Macadam, Cronin, Neville & Diewald, 2019). Especially GCT is an important parameter in sprinting (Mattes, Habermann, Schaffert & Mühlbach, 2014) but is not commonly available in training and competition settings until now. This study describes an approach of measuring ground contact times in sprinting with shoe-mounted IMUs.

Methods

Four German national sprinters (3 male, 1 female; 2019 100 m-time: 10.76, 10.77, 11.27, 11.65) performed 26 sprints, with IMUs (Physilog 5, Gait Up SA, Switzerland) attached to the shoe, in line with the ankle of the foot. Simultaneously, a 50 meter corridor of photoelectric bars on the ground (Optogait, Microgate, Italy) provided reference data for all sprints. In order to acquire data for the total 100 meter distance, the Optogait corridor was shifted to the second 50 meter sector for 6 of the sprints. Accelerometer and Gyroscope data was acquired at 512 Hz, summarized as Vector Magnitude and filtered with a 2nd order Butterworth low pass filter with a cut-off frequency at 35 Hz. Temporal parameters were determined by an individually developed algorithm, exploiting specific features (bursts, local minima) from accelerometer and gyroscope data. Results are shown as percentage values, averages, standard deviations and Bland-Altman plots.

Results and Discussion

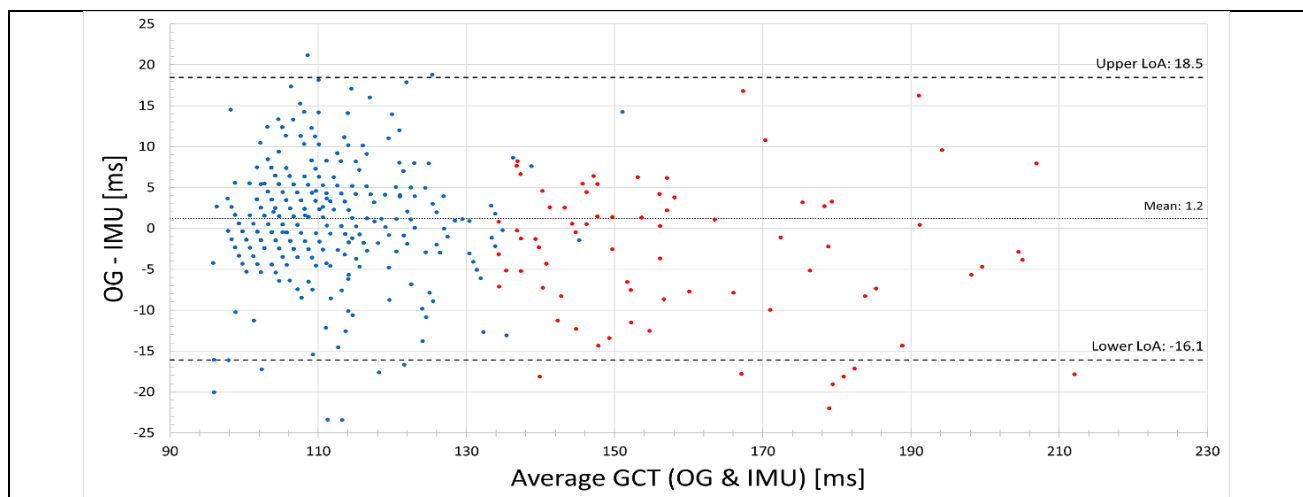


Fig. 1. Bland-Altman-Plot of IMU- and Optogait (OG) measured GCTs. Dashed lines show Limits of Agreement ($2 \times SD$), the dotted line the mean. Red data points represent steps 1-5, blue colour step 6-47.

The algorithm detected 576 of 586 ground contact events correctly. A mean GCT of 118.3 ± 23.9 ms for all steps was measured. The average time difference between IMU- and Optogait GCT was 1.2 ± 8.8 ms, which is 4.3 % of GCT per step and results in a total root mean square error of 8.89 ms. Measurement errors are illustrated in a Bland-Altman plot (Fig. 1). Limits of Agreement ($2 \cdot SD$) were obtained at -16.1 ms and 18.5 ms. As example for an application, GCTs of a female and male athlete during a sprint are shown in Figure 2.

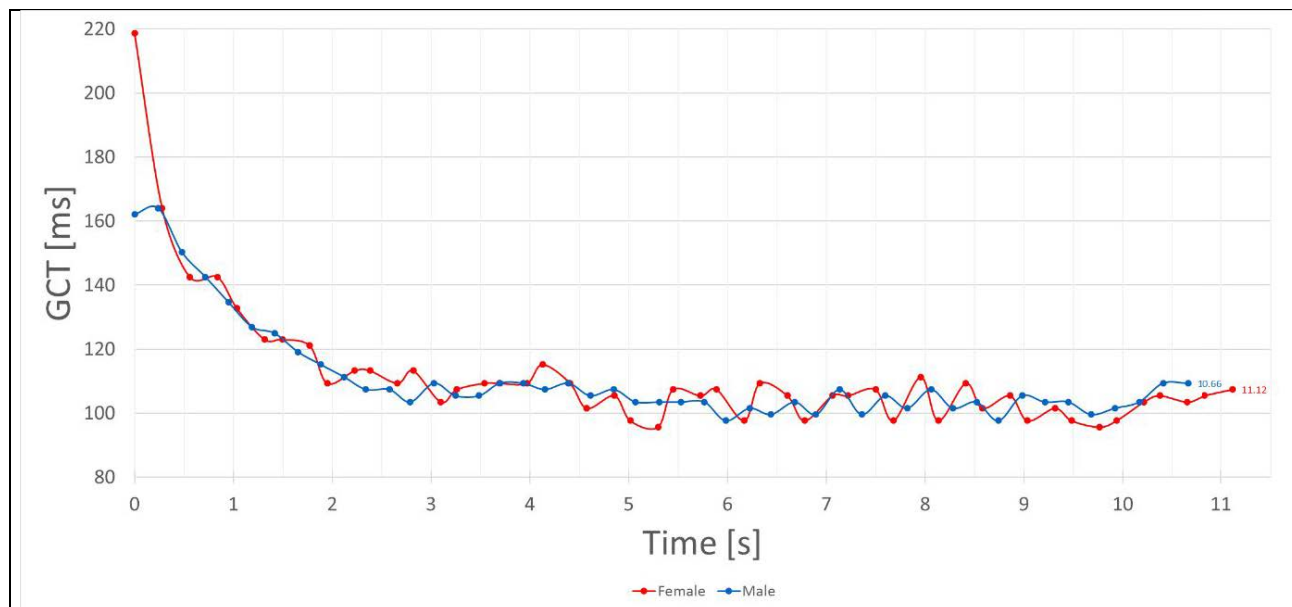


Fig. 2. GCTs of a female (red) and male (blue) sprinter over 100 meter.

This study reports the current state of ongoing research. The results for GCT in Figure 2 are exemplary and must be further compared to inter- and intra-subject results. Improvements of the algorithm need to be achieved, for example regarding early steps of a sprint (see Fig. 1 & Fig. 2).

The results are encouraging towards a use of IMUs as a high potential method for step detection and measurement of ground contact times in sprints. In order to generate more meaningful analyses, all errors need to be further reviewed in more detail.

Outlook

Sensor-based measurements of running parameters allow for detailed analysis in fast and explosive sports such as the 100-meter sprint. At present, the use of these sensors is increasing in commercially distributed systems. Future studies can consider combining sensory data to a more holistic acquisition of running parameters.

References

- Macadam, P., Cronin, J., Neville, J. & Diewald, S. (2019). Quantification of the validity and reliability of sprint performance metrics computed using inertial sensors: A systematic review. *Gait & Posture*, 73, 26-38. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.07.123
- Mattes, K., Habermann, N., Schaffert, N. & Mühlbach, T. (2014). A longitudinal study of kinematic stride characteristics in maximal sprint running. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9 (3), 686-699. doi:10.14198/jhse.2014.93.02

Understanding the effect of tire pressure and speed on vibrations transmission to the handlebar in road cycling

Giuseppe Sanseverino¹, Stefan Schwanitz¹, Dominik Krumm¹, Stephan Odenwald¹ & Antonio Lanzotti²

¹Chemnitz University of Technology, ²University of Naples Federico II (Italy)

Abstract

The aim of this research was to understand how tire pressure and speed affect vibration transmission to the handlebar of a road bicycle. Data acquired in field tests were processed using Analysis of Variance (ANOVA), which showed a significant effect of speed on vibration transmission.

Introduction

Hand-arm vibrations (HAV) in cycling can lead to injuries and diseases such as vascular and neurological disorders, carpal tunnel syndrome and RSI (Repetitive Strain Injuries). Therefore, it is important to know the extent of those vibrations coming to the handlebar of a road bicycle and even to investigate the effect of different possible cycling conditions.

State of the research

There are various studies involving hand-arm vibrations in cycling. Olieman, Marin-Perianu, R. and Marin-Perianu, M. (2012) investigated the effect of different factors on vibration transmission from the road profile to the whole bike. They state that speed, tire pressure and road surface affect vibration transmission. In their research, they used a road bicycle for tire pressure tests and a mountain bike for speed ones.

Drouet, Covill and Duarte (2018) studied vibration transmission to the hand-arm system in road cycling with the aim to comprehend the effect of cycling gloves and handlebar tape. They carried out tests only in laboratory, using a bicycle treadmill and an aluminum dowel to mimic the load condition.

Methods

Tests performed within this research focused on road cycling, and only vibrations transferred to the handlebar were analyzed. Field tests were planned using Design of Experiments (DoE) described by Montgomery and Runger (2010): tire pressure (6; 7; 8 bar) and speed range (8 – 12 km/h; 16 – 24 km/h; 24 – 36 km/h) were control factors. The combination of these factors resulted in a complete test schedule of nine trials. The track chosen for tests had a length of 1.8 km and displayed different surface conditions: paved, cobblestones and rough tarmac.

Test set-up consisted of a full carbon fibre road bike (Martec Industrial Corp.). Accelerations were recorded by ENVISIBLE Dialogg® developed by Hill, Hoena, Kilian and Odenwald (2016) mounted to the right far end of the handlebar. An EDGE 800 device (Garmin Inc.) was used to record lap parameters and to supervise average speed.

$$VDV = \sqrt[4]{\int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (1)$$

For data analysis, the resultant of the three axes accelerations and the corresponding Vibration Dose Values (VDV) was obtained using DIAdem 2017 Professional (National Instruments Inc.).

The choice to use VDV arose from the need to compare different field tests, e.g. stop time (traffic lights etc.) could attenuate the severity of vibrations in the trial, since VDV always accumulates and does not decay during periods of low or zero vibration magnitude.

Analysis of variance (ANOVA), with a level of significance $1 - \alpha = 0.95$, was employed to discover if the above-mentioned factors do affect vibration transmission to the handlebar.

Results and Discussion

Speed range had a strong influence on the variance, in fact, its p -value (0.001) was under the threshold value $\alpha = 0.05$. Figure 1 gives the plot of all vibration dose values.

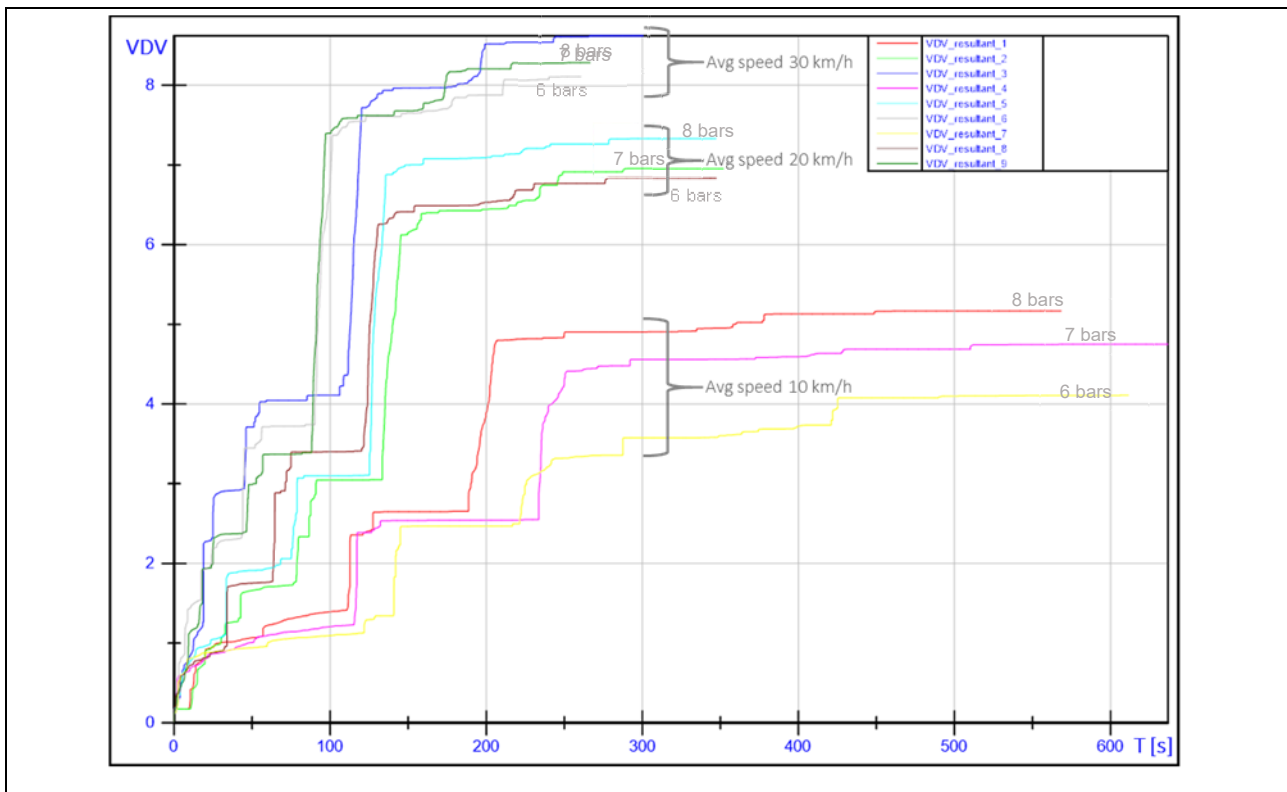


Fig. 1. Plot of vibration dose values.

Conclusions

This research shows that both increasing speed and tire pressure increased VDV and thus vibrations transferred to the handlebar. In any case the effect of speed on VDV was much more significant than the one of tire pressure and this is in line with ANOVA results.

References

- Olieman, M., Marin-Perianu, R. & Marin-Perianu, M. (2012). Measurement of dynamic comfort in cycling using wireless acceleration sensors. *Procedia Engineering*, 34, 568-573.
- Drouet, J. M., Covill, D. & Duarte, W. (2018). On the exposure of hands to vibration in road cycling: an assessment of the effect of gloves and handlebar tape. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 2 (6), 213.
- Montgomery, D. C. & Runger, G. C. (2010). *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons.
- Hill, M., Hoena, B., Kilian, W. & Odenwald, S. (2016). Wearable, modular and intelligent sensor laboratory. *Procedia Engineering*, 147, 671-676.

Ganzkörper-Schwingungsexposition von Kindern beim Transport in Fahrradanhängern – Beurteilung der gesundheitlichen Auswirkungen

Stefan Schwanitz¹, Arne Stuff¹ & Stephan Odenwald¹

¹Technische Universität Chemnitz

Abstract

Bei regelmäßiger Nutzung von Fahrradanhängern als Transportmittel für Babys und Kleinkinder muss mit bionegativen gesundheitlichen Auswirkungen auf die Passagiere durch die dabei auftretenden Ganzkörper-Schwingungen gerechnet werden.

Einleitung

Im Zuge des Klimawandels und der Suche nach alternativen Verkehrsmitteln erlebt besonders das Radfahren in Städten eine Renaissance. Mit dieser Entwicklung werden auch Lösungen für den Transport von Kindern erforderlich. Viele Eltern greifen dabei auf Kindersitze, Lastenräder oder Kinderanhänger zurück (van Driessche, 2018). Dabei haben die Anhänger den Vorteil, dass man sie einfach an ein bereits vorhandenes Fahrrad montieren und die Verbindung auch schnell wieder lösen kann. Zudem können oft bis zu zwei Kinder transportiert werden. Die Passagiere sind dabei aber, wie in allen anderen Transportformaten zu Wasser, Lande oder in der Luft, mechanischen Schwingungen ausgesetzt. Die Übertragung dieser mechanischen Schwingungen vorwiegend über das Gesäß und den Rücken des sitzenden Menschen charakterisiert sie als Ganzkörper-Schwingungen. Diese können das Wohlbefinden stören, die Leistungsfähigkeit verringern oder die Gesundheit beeinträchtigen (Verein Deutscher Ingenieure, 2017).

Forschungsstand

Die vorliegende Studie schließt sich an eine Publikation an, die im Rahmen der 13. Konferenz der Reihe „The Engineering of Sport“ veröffentlicht wurde (Schwanitz, Stuff & Odenwald, 2020). Dabei wurden erstmalig die potentiellen Auswirkungen der Ganzkörper-Schwingungen beim Transport im Kinderanhänger auf das Wohlbefinden der Insassen untersucht. Das methodische Vorgehen orientierte sich stark an der VDI Richtlinie 2057 Blatt 1 (Verein Deutscher Ingenieure, 2017). Als Passagiere kamen sandgefüllte Puppen zum Einsatz. Im Ergebnis stand die Feststellung, dass die ermittelten frequenzbewerteten Effektivwerte in allen Szenarien die subjektiven Wahrnehmungsschwellen deutlich überschritten. Der Schwellwert von $0,315 \text{ m/s}^2$ wurde deutlich überschritten, die Vibration kann somit als subjektiv *sehr stark spürbar* betrachtet werden. Dieser Wert stellt die unterste Stufe der Komfortbewertungsskala nach ISO 2631-1 dar (International Organization for Standardization, 1997). Gemäß dieser Einordnung sind die ermittelten Ganzkörper-Schwingungen als *sehr unkomfortabel* bis *extrem unkomfortabel* einzuschätzen (Schwanitz et al., 2020).

Offen blieb jedoch, inwiefern sich aus den erhobenen Schwingungsbelastungen potentielle Auswirkungen auf die Gesundheit der in Kinderanhängern beförderten Säuglinge und Kleinkinder ableiten lassen.

Methoden

In dieser Studie wurde ein zweirädriger Fahrradanhänger der Firma Hamax AS (Moss, Norwegen) verwendet. Das Modell Outback bietet zwei Sitze für Säuglinge (Mindestalter sechs Monate) und/oder Kleinkinder mit einer maximalen Körpergröße von 1,17 m bzw. einem Ma-

ximalgewicht von 22 kg. Die Tragfähigkeit beträgt 42 kg. Der Anhänger wurde mit einem Pe-delec, Modell Multiroad Carbon (Storck Bicycle GmbH, Idstein, Deutschland), gezogen. Zwei sandgefüllte EURO 112 PLUS Rettungspuppen (HELPI, Zirndorf, Deutschland) imitierten die Passagiere, sie stellten ein Baby (Größe 0,7 m, Gewicht 5 kg) und ein Kleinkind (Größe 1,3 m, Gewicht 10 kg) dar. Detaillierte Angaben zur Untersuchungsmethodik finden sich bei Schwanitz et al. (2020).

Der Schwingungsgesamtwert der frequenzbewerteten Beschleunigungen a_v wurde für Klein-kind- und Babydummy als Vektorsumme der frequenzbewerteten Beschleunigungen in x-, y- und z-Richtung unter Anwendung einer Achsengewichtung berechnet ($k = 1,4$ für die hori-zontalen Achsen x und y, $k = 1,0$ für die vertikale z Achse). Damit soll eine stärkere Auswir-kung der horizontal wirkenden mechanischen Schwingungen auf die Gesundheit berücksich-tigt werden.

$$a_v = \sqrt{k_x^2 \cdot a_{wx}^2 + k_y^2 \cdot a_{wy}^2 + k_z^2 \cdot a_{wz}^2} \quad (1)$$

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die wesentlichen Ergebnisse für den Einfluss des Fahrbahnbelags auf die Antwortvariable a_v exemplarisch dargestellt. Beim Fahren auf Asphalt bestehen geringere Gesundheitsrisiken als beim Befahren von Schotter oder Kopfsteinpflaster. In jedem Szena-rio ist das Baby größeren Ganzkörper-Schwingungen ausgesetzt als das deutlich schwerere Kleinkind.

Tab. 1. Schwingungsgesamtwert der frequenzbewerteten Beschleunigungen a_v in m/s^2 an Kleinkind und Baby auf unterschiedlichen Fahrbahnbelägen als Mittelwert verschiedener Fahrgeschwindigkeiten, Reifen-drücke und Beladungszustände des Anhängers

Passagier	Asphalt	Schotter	Kopfsteinpflaster
Kleinkind	1,65 ± 0,44	3,90 ± 0,35	5,46 ± 0,59
Baby	1,74 ± 0,52	4,78 ± 0,70	6,69 ± 1,21

Nach ISO 2631-1 liegt der unterste Schwellwert für eine potentielle Gesundheitsgefährdung bei einer täglichen Exposition von lediglich $1,4 m/s^2$ über zehn Minuten. Nach dieser Lesart wäre also bereits das Befahren von Asphalt für beide Passagiere nach kurzer Dauer gefährlich, zu-mindest im Falle der täglichen Wiederholung, beispielsweise auf dem Weg in die Kita. Anderer-seits kann derselbe Schwellwert als obere Grenze einer Expositionsdauer von drei Stunden pro Tag abgelesen werden, oberhalb derer die Wahrscheinlichkeit einer Gesundheitsgefährdung sehr hoch ist. Hier bleiben die normativen Vorgaben vage, insbesondere für regelmäßige Expo-sitionsdauern unterhalb von vier Stunden. Es ist in jedem Fall notwendig, die Fahrwerke derarti-ger Kinderanhänger grundlegend zu überarbeiten, um eine einstellbare Federsteifigkeit und eine sinnvolle Vibrationsdämpfung zu gewährleisten.

Literatur

Schwanitz, S., Stuff, A. & Odenwald, S. (2020). Exposure of Children in a Bicycle Trailer to Whole-Body Vibration. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 49 (1), 114.

Van Driessche, B. (2018). *Improving health aspects and comfort of infants during travel by cargo bike*. Graduation Master Thesis, Delft University of Technology.

Verein Deutscher Ingenieure. (2017). *VDI 2057 Blatt 1:2017:8 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Men-schen – Ganzkörper-Schwingungen*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

Verein Deutscher Ingenieure. (2017). *Berichtigung zu VDI 2057 Blatt 1:2017-8*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

International Organization for Standardization. (1997). *ISO 2631-1:1997-05 Mechanical vibration and shock – Evalua-tion of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

Multisensorsystem zur Echtzeitanalyse von Bewegungen im Skilanglauf

Nils Brauckmann¹ & Artur Schütz¹

¹Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Abstract

Zur echtzeitfähigen Analyse der (Gelenk)Kinematik des Skilanglaufs wird ein Multisensorsystem konzipiert. Trainer/innen und Sporttreibende erhalten ein leistungsdiagnostisches Analysesystem zur Bewegungsoptimierung im Trainingsbetrieb.

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojektes fast athletics entwickelt das Fraunhofer IFF sportartspezifische Messplätze, die sich integrieren in ein Netzwerk aufeinander abgestimmter Multisensorsysteme für den Echtzeit-Broadcast und die Selbststeuerung der physiologischen und kinematischen Sportlerleistung für die Outdoor-Sportarten Kanu-Rudern und Skilanglauf. Dem Sporttreibenden als auch dem/der Trainer/in soll ein leicht einsetzbares Messsystem für den alltäglichen Trainingsbetrieb konzipiert werden. Mittels markerlosem Multisensorsystem in Kombination mit Auswerteeinheiten wird den Sporttreibenden ein Echtzeitfeedback und somit eine Optimierung der Bewegungsaufgabe über sensorische Integration ermöglicht.

Forschungsstand

Die Analyse leistungsdiagnostischer Parameter im Sport gestaltet sich oft sehr aufwändig und ist für den alltäglichen Trainingsbetrieb kaum nutzbar. Der Sporttreibende bekommt zudem in der Regel kein unmittelbares Feedback in der Bewegungsausführung, sodass eine Bewegungsoptimierung über sensorische Integration ausgeschlossen ist. Herkömmliche Messplätze benötigen umfangreiche Infrastrukturen und sind zudem meist ortsgebunden. Hinzu kommt, dass Sporttreibende teilweise mit körpernahen Markern und Sensoren ausgestattet werden müssen, um Bewegungen messbar zu machen. Der Sporttreibende wird zu meist durch die zu tragende Sensorik (bspw. Xsens/Niederlande) stark in seinem natürlichen Bewegungsverhalten beeinflusst. Zudem kommen zeitaufwändige Kalibrierrouninen, sodass der Trainingsprozess des Sporttreibenden oftmals unterbrochen werden muss.

Methoden

In Hinblick auf die Sportart Skilanglauf wurden verschiedene Konzepte für ein markerloses Multisensorsystem entwickelt und evaluiert. Die Konzeption begann mit ersten Tests auf einem Skilauflaufband mit einzelnen Sporttreibenden bis hin zur Integration des Systems in einer Skihalle zur Evaluierung mit Referenzsystemen auf der Datengrundlage mehrerer Kader-Athleten/innen. Die Sporttreibenden absolvierten die Tests in diskreten Geschwindigkeitsabstufungen verschiedener klassischer Techniken, mitunter Doppelschub- und Skating-Technik.

Das Messplatzkonzept für die Untersuchung in Abb.1 umfasst das Multisensorsystem (KS 1 und KS 2 vgl. Abb. 1), sowie Referenzsysteme (Xsens/Niederlande und dem KINEXON/München Ortungssystem vgl. Abb.1) zur späteren Evaluierung des Multisensorsystems. Das konzipierte Multisensorsystem besteht lediglich aus zwei diametral an verschiedenen Raumpositionen angeordnete Kamerasysteme, jeweils bestehend aus Lidar- und Tiefenbildsensoren. Das Zielsystem ermöglicht sowohl temporal-spatiale Bewegungsanalysen über die Lidar Sensoren, als auch (gelenk)kinematische Analysen über die Intel-RealSense Kameras.

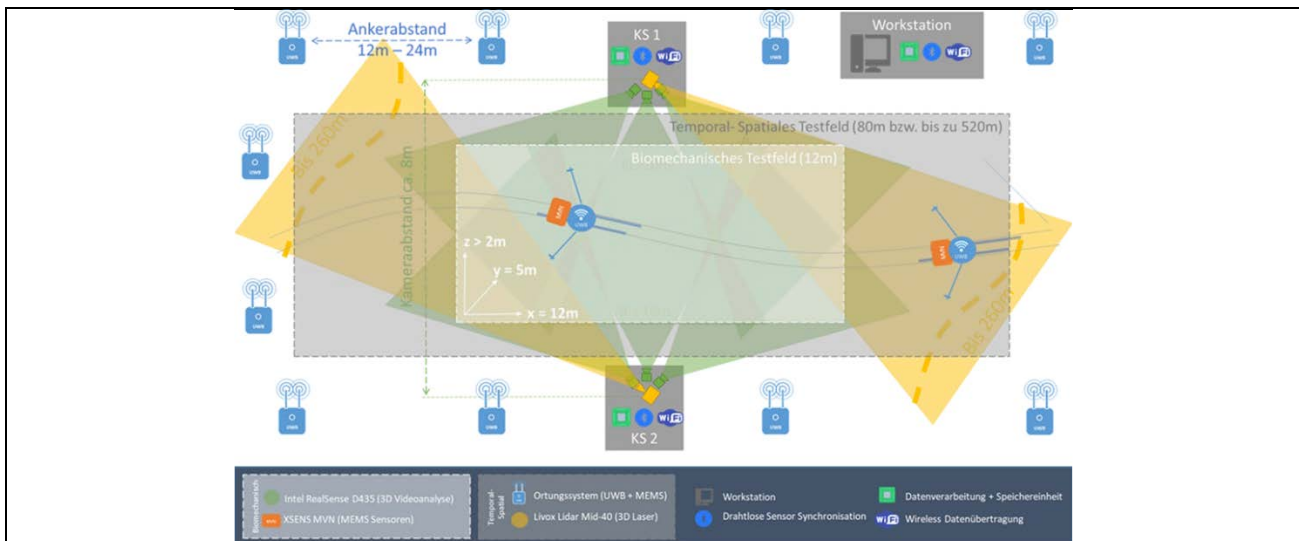


Abb. 1. Konzept Skilanglauf – Aufbau Messplatz (Quelle: Fraunhofer IFF).

Ergebnisse und Diskussion

Der Messbereich wird durch den Einsatz des Multisensorsystems optimiert, sodass die Aufnahme eines Bewegungszyklus beim Skilanglauf sichergestellt wird. Neben der Kalibrierung der Multisensor-Teilsysteme bestand die Herausforderung bei der Datenaufnahme in der echtzeitfähigen Synchronisation der Teilsysteme. Ein nach Capuni et al. (2019) NTP-basierter proprietärer Hardware-Software Lösungsansatz wurde für die Synchronisierung in einem Netzwerk auf 1 ms genau realisiert, sodass eine Fusion aller Kamerabilder für die Analyse ohne Versatz möglich ist. Die Algorithmen wurden mittels GPU-Unterstützung parallelisiert und auf Echtzeitfähigkeit optimiert. Als Ergebnis benötigt die Verarbeitung der Daten für sechs Kameras 5–6 ms. Aufgrund der erzielten Ergebnisse ist, nach ersten Einschätzungen im Bezug zu den Referenzsystemen, das Multisensorsystem in der Lage vergleichbare Ergebnisse bzgl. Temporal-spatialer- und (gelenk)kinematischer Parameter zu erzielen.

Ausblick

Auf Grundlage der Entwicklungen und Untersuchungen soll das Multisensorsystem mit etablierten Referenzsystemen algorithmisch weiterentwickelt und evaluiert werden. Die Evaluation des Multisensorsystems hinsichtlich (gelenk)kinematischer Parameter, mithilfe der im Rahmen der Untersuchungen eingesetzten Referenzsysteme von Xsens/Niederlande und KINEXON/München, soll einen objektiven Vergleich verschiedener KI-basierter Human-Pose-Estimation Methoden nach Clark et al. (2019) zur leistungsdiagnostischen Analyse ermöglichen. Mittels Edge Computing soll zukünftig die Signalverarbeitung von der Datenaufnahme über die Daten-Vorverarbeitung und Weiterleitung an eine Workstation hinsichtlich der Echtzeitfähigkeit optimiert werden. Eine zentrale Workstation übernimmt die Aufgaben der Datenfusion, Aufnahme- und Kamera-Steuerung sowie Visualisierung. Ferner soll sowohl ein Feedback als auch ein Broadcast über geeignete Hardwareeinheiten an Sporttreibenden, Trainer/innen und Zuschauer/innen erfolgen.

Literatur

- Capuni, I., Zhuri, N. & Dardha, R. (2019). TimeStream: Exploiting video streams for clock synchronization. *Ad Hoc Networks*, 91, 101878. Doi:10.1016/j.adhoc.2019.101878
- Clark, R., Mentiplay, B., Hough, E. & Pua, Y. (2019). Three-dimensional cameras and skeleton pose tracking for physical function assessment: A review of uses, validity, current developments and Kinect alternatives. *Gait Posture*, 68, 193-200.

Comparison of soccer-specific tactical performance of women and men matches in Europe. A focus on notational derived metrics.

Marc Garnica Caparrós¹, Jonas Imkamp¹ & Daniel Memmert¹

¹Institute of Exercise Training and Sport Informatics, German Sport University Cologne

Abstract

This study aims to investigate the main features of European male and female soccer focusing on match actions data. A framework for objective and unbiased feature extraction and comparison is presented focusing on explainable algorithms. Match technical attributes by player were collected from event data and categorized by game period and player position. Supervised learning methods were used to induce the differences between male and female data points and the results were obtained using machine learning interpretability methods to understand the underlying mechanics of the models implemented.

Introduction

In the last years, research and industry experts have claimed that tactics are not receiving enough attention despite their great potential (Williams & Jackson, 2019). Even though gender inequalities emerge from a variety of aspects in sport, we focused on the game and evaluated the main differential features of European male and female football players' actions. The present study aims to use one of the most popular data sources for performance analysis, event data, in modern soccer from female matches along with male samples. Significant differences are directly extracted from machine learning models trained to classify match actions by gender. The interpretations and the complete methodology can also be used for country and region-based analysis in European soccer.

State of the research

Soccer analytics has attracted the scientific community for a long time. Different tracking technologies based on sensor devices and video analysis tools stream at high-frequency detailed attributes of each action of a soccer match. Event data or also known as notational data or soccer-logs (Pappalardo, et al., 2019) contains all possible actions occurring in a soccer game in a time sequence format. Previous studies have compared match performance characteristics by gender in elite European football, however, their main focus remained in the physical load (Bradley, Dellal, Mohr, Castellano, & Anna Wilkie, 2014) or they only extracted data from broadcast recordings (Althoff, Kroiher, & M. Henning, 2010). To our knowledge, there is no previous work comparing strictly technical and tactical detailed aspects of football between male and female games from unbiased streams. Interpretability methods for machine learning problems are increasingly being implemented in the recent years (Došilović, Brčić, & Hlupić, 2018). Decision trees have been studied to express their logic through gain ratio and logic-based rules (Quinlan, 1986). Moreover, Neural Networks classifiers have also been proved to show robust explanations (Che, Purushotham, & Khemani, 2015)

Methods

This study is divided into three main components: Data gathering from several data sources, features extraction to retrieve the desired attributes from each match logs, and a final comparison of male and female features based on machine learning techniques. The data sources are event logs from all the 51 and 31 matches of the Men's European Championship

2016 (Pappalardo, et al., 2019) Women's European Championship 2017 respectively, data obtained through a collaboration with the Leuphana University of Lüneburg. Match actions' data is used to extract performance indicators at the player, team, and game section level. The list of variables was selected taking into consideration previous research on key technical indicators related to match performance (Pappalardo, et al., 2019) and (Ajmol, 2011). We trained three representative binary classification models; A logic-based algorithm Decision Trees (DT), a statistic-based Quadratic Discriminant Analysis (QDA), and a multi-layer perceptron Neural Network (NN). The analysis compares the feature importance vector of the QDA model with the classification rules of the DT model with a 10 % gain ratio. Finally, we crossed the results with the Shapley values (Susmit, et al., 2019) of the NN model.

Outlook

This study focuses on presenting a novel framework for comparison interpreting the black box of machine learning. The comparison results aim to provide an initial data-driven description of the difference between male and female tactical behavior in European soccer as well as a baseline for cross-country tactical soccer comparison. The results could serve for better and customized design of trainings and match strategies.

References

- Ajmol, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21 (2), 170-183. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01256.x
- Althoff, K., Kroiher, J. & M. Henning, E. (2010). A soccer game analysis of two World Cups: playing behavior between elite female and male soccer players. *Footwear Science*, 2 (1), 51-56. doi:10.1080/19424281003685686
- Bradley, P. S., Dellal, A., Mohr, M., Castellano, J. & Anna Wilkie. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Human Movement Science*, 33, 159-171. doi:10.1016/j.humov.2013.07.024
- Che, Z., Purushotham, S. & Khemani, R. (2015). Distilling Knowledge from Deep Networks with Applications to Healthcare Domain. *ArXiv*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1512.03542>
- Došilović, F. K., Brčić, M. & Hlupić, N. (2018). Explainable artificial intelligence: A survey. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 210-215. doi:10.23919/MIPRO.2018.8400040
- Pappalardo, L., Cintia, P., Rossi, A., Massuco, E., Ferragina, P., Pedreschi, D. & Giannotti, F. (2019). A public data set of spatio-temporal match events in soccer competitions. *Sci Data*, 6, 236.
- Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, 1 (1), 81-106. doi:10.1007/BF00116251
- Susmit, J., Sunny, R., Steven, F., Sumit, J., Somesh, J., Brian, J. & Ananthram, S. (2019). Attribution-Based Confidence Metric For Deep Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32, 11826-11837. doi:1903.10992
- Williams, A. M. & Jackson, R. C. (2019). *Anticipation and decision making in sport*. New York: Routledge.



Session Messtechnik und Datenanalyse 2

Innotramp – Pilot zur automatisierten single-sensor Sprungklassifizierung im Turnen

Michel Hackbarth, Paul Rausch & Katja Ferger – Justus-Liebig Universität Gießen, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Entwicklung eines Machine-Learning-Tools zur automatisierten Erkennung und Klassifikation von Kopfballereignissen auf der Basis von 3D-Beschleunigungsdaten eines am Kopf getragenen Inertialsensors

Jan Kern, Thomas Lober, Satoshi Endo & Joachim Hermsdörfer – Technische Universität München

Collective tactical behaviours in football from positional data

Zhi Wei Benedict Low, Robert Rein & Daniel Memmert – Deutsche Sporthochschule Köln

Messtechnische Erfassung zeitlich-räumlicher Parameter beim Gehen

Dominik Krumm & Stephan Odenwald – Technische Universität Chemnitz

Analyse von Gangparametern oberschenkelamputierter Menschen hinsichtlich der existierenden Einteilung in eine Mobilitätsklasse

Katja Orlowski, Kai-Uwe Mrkor, Harald Loose, Stefanie John & Kerstin Witte – Technische Hochschule Brandenburg, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Using sentiment analysis tools to analyze sports-related Twitter communication

Fabian Wunderlich & Daniel Memmert – German Sport University Cologne

Innotramp – Pilot zur automatisierten single-sensor Sprungklassifizierung im Turnen

Michel Hackbarth¹, Paul Rausch² & Katja Ferger²

¹Justus-Liebig Universität Gießen, ²Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, ²Justus-Liebig Universität Gießen

Abstract

Zur Leistungskontrolle in technisch-kompositorischen Sportarten wurde ein Algorithmus zur Sprungerkennung entwickelt. IMU-Daten sollen Aufschlüsse über das technische Training und Fortschritte im Fähigkeitserwerb geben. Gemessene Sprungelemente aus dem Trampolinturnen werden mit Trainingsprotokollen abgeglichen.

Einleitung

Im Gegensatz zu konditionellen Fertigkeiten gibt es kein Modell für den Fertigkeitserwerb innerhalb des motorischen Lernprozesses, das Aussagen über den Umfang und die Häufigkeit des Trainings im Trampolinturnen im Hinblick auf den Automatisierungsgrad und die Bewegungsqualität der motorischen Fertigkeiten macht (Feger & Trabert, 2018). Dies erschwert die Leistung der technisch-motorischen Teile innerhalb des Trainingsprozesses im Hinblick auf das Erreichen eines Zielwertes für eine solche Fähigkeitskombination (z.B. Schwierigkeitswert einer Kür) zu steuern. Im Trampolinturnen können Trainingsinhalte (Einzelsprünge, Sprungkombinationen sowie Gesamtübungen) bisher wenig detailliert erfasst werden (Feger & Trabert, 2018). Die Datendokumentation beschränkt sich daher auf den Trainingsumfang und berücksichtigt derzeit keine Aufzeichnungen über die Ausführungsqualität der technischen Elemente. Ziel ist es in einem ersten Schritt über eine einfache automatisierte Dokumentation die geturnten Sprünge sowie die Rotation um Breiten- und Längsachse für quantitative Analysen zu erfassen.

Methoden

Die Trainingseinheiten von Nachwuchsathletinnen und -athleten ($N = 4$, 2 weiblich, Alter 14-18 Jahre) werden mit inertialen Messeinheiten (IMU) aufgenommen. Die Aktiven trainieren am Landesstützpunkt Trampolinturnen des HTV in Frankfurt. Die eingesetzte IMU (ESC-Unit, 2D Datarecording, Karlsruhe, Deutschland) erfasst dreiaxiale Beschleunigungen und Winkelgeschwindigkeiten in einem Bereich bis 16 g und 2000 °/s bei einer Abtastrate von 1 kHz. Die Messeinheit wird in einem speziellen Oberteil während der gesamten Trainingseinheit am oberen Rücken getragen (Abb. 1, links). Die Rohdaten werden in Sprungfolgen, Sprünge und Flug-/Tuchphasen unterteilt. Durch die Integrale der Gyroskopdaten werden die geturnten Rotationen der Sprünge erfasst und eine Klassifizierung der Sprünge vorgenommen (Abb. 1, rechts). Parallel zu den Aufnahmen dokumentieren die Athleten für den Erhebungszeitraum selbstständig ihre absolvierten Sprungfolgen. Durch den Abgleich der Trainingsprotokolle mit den Ergebnissen der IMU-Daten wird die Häufigkeitsverteilung in den Klassen LR und BR, sowie 1RS und 2RS mit einem Chi-Quadrat Goodness of Fit Test ermittelt ($p < 0,5$).

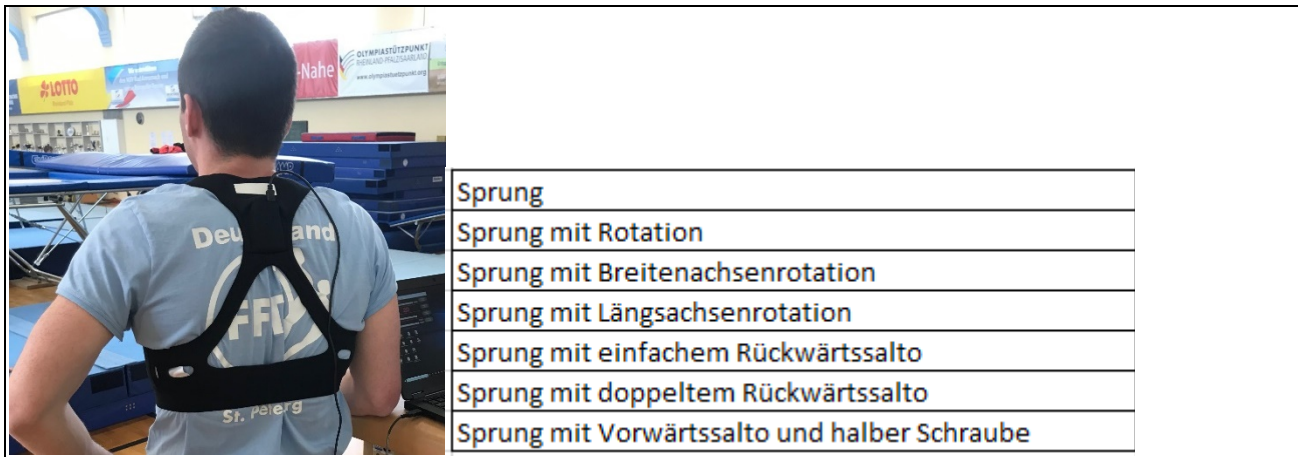


Abb.1. Platzierung des Sensors und Sprungklassifizierung.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt haben die Aktiven laut Sensoren insgesamt 4762 Sprünge (S) geturnt ($MW = 317$, $sD = 118$). Der Sensor hat dabei 1189 Rotationssprünge (RS) erfasst mit 1163 protokollierten RS (97,8 %). Weiterhin wurden 463 Breitenachsenrotationen (BR) erfasst, wovon 410 als einfache Rückwärtssalti (1 RS) und 47 als doppelte Rückwärtssalti (2 RS) erkannt wurden. Protokolliert wurden in dieser Kategorie 456 BR (98,4 %), davon 408 1RS (99,5 %) und 47 2RS (100 %). Es wurden vom Sensor 678 Sprünge mit Längsachsenrotation (LR) erfasst. Davon waren 253 Vorwärtssalti mit halber Schraube (Barani, BA). Protokolliert wurden in diesen Kategorien 673 LR Sprünge (99,2 %). Für die Verteilung von BR und LR konnte kein Unterschied zwischen Protokoll und Sensor festgestellt werden ($p = 0,119$). Bei der Verteilung der Salti konnte ebenfalls kein Unterschied festgestellt werden ($p = 0,774$).

Die Sprungerkennung kann als annehmbar bezeichnet werden, da in allen Kategorien statistisch kein Unterschied in der Häufigkeitsverteilung festgestellt wurde. Auffällig ist, dass die Sensorik in jedem Fall zu viele Sprünge erkannt hat. Die falsch positiv erkannten Sprünge gilt es einzeln zu betrachten. Gleichwohl kann die Protokollierung der Turner nicht kontrolliert werden. In Anbetracht der über 100 gelisteten Sprünge in der Liste der numerischen Wettkampfkarten ist die momentane Sprungerkennung nur auf sehr einfache Klassen und Sprünge programmiert, erlaubt allerdings eine leichtere Auswertbarkeit mit weniger Aufwand im Gegensatz zu händig verfassten Trainingsprotokollen. Weiterhin ist das System in der Lage die Rotationsgeschwindigkeit im Verlauf der Sprungzeit und die Landewinkel in Vor- und Rücklage sowie Seitneigung anzuzeigen. Diese Erweiterung ermöglicht eine qualitative Trainingsanalyse.

Ausblick

Für einen Einsatz in der Trainingspraxis muss die Darstellung der Ergebnisse angepasst werden. Ein nächster Schritt wäre die Übereinstimmung der Einzelsprünge. Weiterhin soll die Rotationsberechnung über Quaternionen, die Berechnung von Sprüngen mit mehraxialen Rotationen erlauben.

Literatur

Ferger, N. & Trabert, K. (2019). Fliffis, Triffis, Rudy - Sprungerkennung im Trampolinturnen. In G. Thienes, D. Glage & K. Randl (Hrsg.), *Turnen trainieren und vermitteln* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 287, S. 61–66). Hamburg: Feldhaus, Czwalina.

Entwicklung eines Machine-Learning-Tools zur automatisierten Erkennung und Klassifikation von Kopfballereignissen auf der Basis von 3D-Beschleunigungsdaten eines am Kopf getragenen Inertialsensors

Jan Kern¹, Thomas Lober², Satoshi Endo² & Joachim Hermsdörfer¹

¹Lehrstuhl für Bewegungswissenschaft, TU München, ²Lehrstuhl für Informationstechnische Regelung, TU München

Abstract

Mittels NN-DTW, LSTM und CNN wurden Beschleunigungsdaten anhand ihrer 3D-Zeitverläufe als Kopfball bzw. Nicht-Kopfball klassifiziert. Hierbei zeigte sich, dass die datengestützten Machine-Learning-Verfahren Kopfballereignisse mit einer hohen Genauigkeit klassifizieren konnten.

Einleitung

Die mögliche Gefahr neurodegenerativer Langzeitschäden durch wiederholte Kopfbälle im Fußball wird bereits seit längerer Zeit kontrovers diskutiert. Die Erhebung von dringend benötigten Langzeitdaten zu Kopfballhäufigkeit und -intensität erfolgt bislang hauptsächlich über die aufwendige Erstellung und Analyse von Videoaufzeichnungen. Allerdings stehen hierfür zunehmend auch moderne Sensortechnologien und Wearables zur Verfügung, deren Einsatz nicht zuletzt aufgrund des reduzierten Analyseaufwands sowie der zusätzlichen Erfassung kinematischer Informationen eine vielversprechende Alternative darstellt.

Forschungsstand

Ungeachtet des Potentials sensorbasierter Lösungen zeigen bisherige Studienergebnisse, dass sowohl die tatsächliche Zahl an Kopfballereignissen (Nevins, Hildenbrand, Kensrud, Vasavada & Smith, 2018) als auch deren Intensität (Wu et al., 2016) mit Hilfe der eingesetzten Wearables nur unzureichend genau erfasst werden. Zudem sind die internen Klassifikationsalgorithmen der Sensoren nicht in der Lage, tatsächliche Kopfbälle zuverlässig von anderen Beschleunigungsereignissen (z.B. Sprünge, Sprints, etc.) abzugrenzen (Patton, Huber, McDonald, Margulies, Master & Arbogast, 2020). Da Kopfbälle im Vergleich zu anderen Beschleunigungsereignissen jedoch ein durchaus charakteristisches Beschleunigungsprofil aufweisen, könnte die Anwendung geeigneter Verfahren zur Analyse dieser 3D-Zeitverläufe zu einer verbesserten Klassifikation der Sensordaten beitragen. Entsprechend bestand das Ziel der Arbeit in der Entwicklung eines Machine-Learning-Tools zur automatisierten Erkennung und Klassifikation von Kopfballereignissen anhand von 3D-Beschleunigungsprofilen, die mit Hilfe eines am Kopf getragenen Inertialsensors gemessen wurden.

Methoden

Zur sensorbasierten Erfassung der Kopfbälle wurden 23 weibliche Fußballspielerinnen (Durchschnittsalter: 22,2 Jahre, SD: 3,9) mit xPatch-Inertialsensoren (X2 Biosystems, USA) ausgestattet. In insgesamt 27 Saisonspielen wurde der xPatch-Sensor mit einem Klebestreifen auf dem Processus mastoideus der Spielerinnen fixiert, wo er die lineare Beschleunigung des Kopfes mit Hilfe eines triaxialen Akzelerometers (1000 Hz) registrierte. Ab einer gemessenen Kopfbeschleunigung von 8 g wurde der Zeitverlauf des jeweiligen Beschleunigungsereignisses über eine Dauer von 100 ms intern gespeichert. Zusätzlich wurden alle Spiele mit Hilfe zweier Full-HD Videokameras (Sony Corp., Japan) aufgezeichnet.

Die eindeutige Identifikation der Kopfbälle erfolgte durch den manuellen Abgleich von Video- und Sensordaten. Als valide (valid header, VH) galt ein Kopfball, wenn er im Video als solcher erkannt und zudem ein zeitlich entsprechendes Beschleunigungsereignis durch den xPatch-Sensor registriert wurde. So konnten 898 VHs sowie 23361 Beschleunigungsereignisse, die nicht mit einem Kopfball assoziiert waren (invalid headers, IVH), gelabelt werden.

Die erfassten und manuell gelabelten 3D-Zeitverläufe der VHs und IVHs dienten als Input für drei verschiedenen Machine-Learning-Algorithmen: Nearest Neighbor Dynamic Time Warping (NN-DTW), Long-Short-Term Memory (LSTM) und Convolutional Neural Network (CNN). Für eine unabhängige Einschätzung der Lernleistung eines jeden Machine-Learning-Ansatzes wurde die Holdout-Methode verwendet. Während 70 % des gesamten Datensatzes für das Training bzw. die Validierung verwendet wurden, dienten die übrigen 30 % dem finalen Test des jeweiligen Algorithmus. Zur Evaluation der jeweiligen Klassifikationsleistung wurden die Gütekriterien Sensitivität, Spezifität, Präzision und Treffergenauigkeit sowie als kombiniertes Maß der F1-Score herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Für den proprietären xPatch-Algorithmus zur Erkennung und Klassifikation von Kopfbällen lagen die Werte für Sensitivität, Spezifität, Präzision, Treffergenauigkeit und F1-Score bei jeweils 77,3 %, 88,8 %, 20,9 %, 88,3 % und 32,8 %. Im Vergleich hierzu lassen erste Ergebnisse darauf schließen, dass die Machine-Learning-Verfahren NN-DTW, LSTM und CNN durchweg hohe Klassifikationsleistungen erzielen, wobei in dieser ersten Analyse sowohl der LSTM- als auch der CNN-Algorithmus die besten Kennwerte aller Verfahren lieferten.

Analog zu den Erkenntnissen von Nevins et al. (2018) zeigen die vorliegenden Ergebnisse, dass der interne Klassifikationsalgorithmus des xPatch nur teilweise zwischen tatsächlichen Kopfbällen und anderen Beschleunigungsereignissen unterscheiden kann, weshalb eine rein sensorbasierte Quantifizierung der Kopfballanzahl mit Hilfe des proprietären Sensoralgorithmus zu merklich fehlerhaften Ergebnissen führen kann. Gleichwohl deuten unsere vorläufigen Ergebnisse darauf hin, dass datengestützte Machine-Learning-Tools das Potential besitzen, Kopfballereignisse anhand ihres 3D-Beschleunigungsprofils mit einer hohen Genauigkeit klassifizieren zu können. Vor allem Deep-Learning-Verfahren wie LSTM und CNN scheinen in diesem Zusammenhang ein enormes Potential zu besitzen.

Ausblick

Der Einsatz geeigneter Machine-Learning-Algorithmen kann zukünftig die Möglichkeit bieten, auf mühsame und zeitintensive videobasierte Verifizierungsverfahren zur Quantifizierung von Kopfballereignissen zu verzichten. In diesem Zusammenhang können dringend benötigte prospektive Ansätze zur Untersuchung möglicher neurodegenerativer Auswirkungen von wiederholten Kopfbällen, aber auch die direkte Quantifizierung von Kollisionen zwischen Spieler/innen sowohl effektiver als auch effizienter gestaltet werden.

Literatur

- Nevins, D., Hildenbrand, K., Kensrud, J. Vasavada, A. & Smith, L. (2018). Laboratory and field evaluation of a small form factor head impact sensor in un-helmeted play. *Journal of Sports Engineering and Technology*, 232 (3), 242-254.
- Patton, D. A., Huber, C. M., McDonald, C. C., Margulies, S. S., Master, C. L. & Arbogast, K. B. (2020). Video Confirmation of Head Impact Sensor Data From High School Soccer Players. *The American Journal of Sport Medicine*, 48 (5), 1246-1253.
- Wu, L. C., Nangia, V., Bui, K., Hamoor, B. Kurt, M., Hernandez, F., Kuo, C. & Camarillo, D. B. (2016). In vivo evaluation of wearable head impact sensors. *Annals of Biomedical Engineering*, 44 (4), 1234-1245.

Collective tactical behaviours in football from positional data

Benedict Low¹, Robert Rein¹ & Daniel Memmert¹

¹Deutsche Sporthochschule Köln

Abstract

Positional data has been used in football to improve our understanding of players' tactical behaviours (Memmert & Raabe, 2018). This study presents an overview of some collective tactical variables used in this body of research, and their translations to applied practice, based on a recent review (Low, Coutinho, Gonçalves, Rein, Memmert & Sampaio, 2020).

Introduction and state of research

Technology from player tracking systems has provided researchers and practitioners with dynamic positional data of footballers' movements during matches. This huge increase in available data holds potential for understanding the spatiotemporal patterns of play behind players' tactical behaviours. Based on theoretical perspectives from system complexity and ecological psychology, many studies have examined tactical behaviours in footballers through analysis of their positional data. This presentation reviews empirical research in this body of sports science, and presents some tactical variables that researchers have used, and their applications to practice.

Methods

A systematic review of relevant English-language articles was performed on Web of Science Core Collection and PubMed databases, based on PRISMA guidelines (Low et al., 2020). Using relevant keywords and criteria, empirical studies that were related to tactical analyses were included and reviewed.

Results and Discussion

A total of 77 studies were reviewed, showing numerous tactical variables related to players positions, distances, spaces, and numerical relations. The present study identified three variables, and their possible usage in applied practice: the team centroid, distances to opponents, and individual areas. The team centroid is calculated as the mean x- and y-coordinates of players on a team, and provides a measure of the central position of a team. Measuring the distance between the centroids of two confronting teams can reflect how close two teams are to each other. Centroids can also be computed for groups of defenders, midfielders, and forwards, and their consequent distances can determine the respective inter-line distances. Players' distances to their nearest opponents reflect how closely players are marking their opponents, and who is performing the marking. Individual areas are computed using the Voronoi computation, and can reflect the ability of players to find space.

Overview

For effective translation from research to practice, tactical variables need to be contextualised, which can be achieved through analysis at match, group, dyadic, and individual levels, and distinguished between different phases of play.

References

- Low, B., Coutinho, D., Gonçalves, B., Rein, R., Memmert, D. & Sampaio, J. (2020). A Systematic Review of Collective Tactical Behaviours in Football Using Positional Data. *Sports Medicine*, 50 (2), 343-385.
- Memmert, D. & Raabe, D. (2018). *Data Analytics in Football: Positional Data Collection, Modelling and Analysis*. London: Routledge.

Messtechnische Erfassung zeitlich-räumlicher Parameter beim Gehen

Dominik Krumm¹ & Stephan Odenwald¹

¹Technische Universität Chemnitz

Abstract

Anhand eines gemeinsamen Datensatzes wird der Einfluss verschiedenster Auswertemodelle auf die Genauigkeit der Events, d.h. den Zeitpunkten des ersten (FC) und des letzten Bodenkontaktes des Fußes (FO) beim Gehen, und den daraus abgeleiteten zeitlich-räumlichen Parametern (TSPs) untersucht.

Einleitung

Die messtechnische Erfassung von TSPs bei sportlicher Bewegung ist zwingender Bestandteil des Prozesses zur Entwicklung einer mechanischen Simulation zur Messung der Funktionalitäten eines Sportschuhs. Eine fehlerhafte Erfassung der TSPs hätte in letzter Konsequenz eine fehlerhafte Einschätzung der Funktionalität des Sportschuhs zur Folge.

Forschungsstand

Zur Gewinnung von TSPs werden meistens die Events während des Bewegungszyklus mittels Kraftmessplatten (KMP) erhoben. Hierzu wird ein Grenzwert festgelegt, um sowohl den Zeitpunkt des FC als auch des FO auf der KMP automatisch detektieren zu können (Eckardt & Kibele, 2017). Da das kinetische Verfahren mittels KMP jedoch mitunter nicht praktikabel ist, kann es von Vorteil sein, die Kontaktzeiten anhand kinematischer Messwerte vorherzusagen (Maiwald, Sterzing, Mayer & Milani, 2009). In der Literatur finden sich hierzu zahlreiche Modelle, welche auf unterschiedlichsten Ansätzen basieren (Desailly, Daniel, Sardain & Lacouture, 2009; Hreljac & Marshall, 2000; Maiwald et al., 2009; O'Connor, Thorpe, O'Malley & Vaughan, 2007). Diese wurden in der Regel durch die Autoren/-innen selbst auf ihre Messunsicherheit im Vergleich zum kinetischen Verfahren mittels KMP geprüft. Es finden sich aber auch Untersuchungen, welche mehrere aus der Literatur bekannte Verfahren an einem gemeinsamen Probandenkollektiv getestet haben (Banks, Chang, Xu & Chang, 2015; Eckardt & Kibele, 2017).

Methoden

Als Auswertemodelle wurden neben dem kommerziellen Auswertemodell „Detect Events From Forceplate“ (FPA) vier aus der wissenschaftlichen Literatur bekannte Algorithmen sowie ein selbstentwickelter Algorithmus ausgewählt. Der FPA greift auf kinetische Daten einer oder mehrerer KMPs zurück. Aus der Literatur stammen die auf kinematische Eingangsgrößen basierenden Auswertemodelle Foot Contact Algorithm (FCA) (Maiwald et al., 2009), Foot Velocity Algorithm (FVA) (O'Connor et al., 2007), Hreljac-Marshall Algorithm (HMA) (Hreljac & Marshall, 2000) sowie High Pass Algorithm (HPA) (Desailly et al., 2009). Das eigens für diese Untersuchung entwickelte Auswertemodell wird als Plantar Pressure Algorithm (PPA) bezeichnet und basiert auf den kinetischen Daten einer Druckmesssohle.

Zur Erfassung der *wahren Werte* wurde eine KMP mit einer Abtastrate von 1000 Hz eingesetzt. Zur Erhebung der kinematischen Eingangsgrößen wurden ein Bewegungsanalysesystem mit einer Abtastrate von 250 Hz, zwei Druckmesssohlen sowie ein Datenlogger mit einer Abtastrate von 100 Hz verwendet. Alle Eingangsgrößen wurden zeitlich synchronisiert. Zur Bestimmung der Events (FC und FO) und den daraus abgeleiteten TSPs Doppelschrittzeit (STR) sowie Standphasendauer (STA) absolvierten 14 Testpersonen mehrmals eine Strecke

von 10 m, in deren Mitte eine KMP eingelassen war. Für jede Testperson wurden zwölf gültige Messungen aufgezeichnet. Zur Datenauswertung wurden mittels FPA die *wahren Werte* von FC und FO bestimmt. Die Auswertemodelle PPA, FCA, FVA, HMA sowie der HPA wurden mittels MATLAB implementiert. Anhand der ermittelten Events wurden die Parameter STR und STA berechnet. Neben den absoluten Größen wurden auch die zugehörigen absoluten Messabweichungen (F) bzw. relativen Messabweichungen (f) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl die Messabweichungen für die Events als auch für die daraus abgeleiteten TSPs variierten zwischen den einzelnen Auswertemodellen sehr stark. Für STR wurde die größte absolute Messabweichung mit 0,864 s für den Algorithmus FVA entdeckt (Abb. 1a). Im Mittel besaß FVA jedoch mit 0,006(0,094) s die geringste absolute Messabweichung. Die größte mittlere absolute Messabweichung wurde mit 0,080(0,215) s für HPA gemessen. Die geringste maximale Messabweichung und somit am präzisesten hat FCA gemessen (0,092 s). Für STA besaß HMA mit -36,2(24,9) % die größte und FCA mit 0,2(2,4) % die geringste mittlere absolute Messabweichung (Abb. 1b).

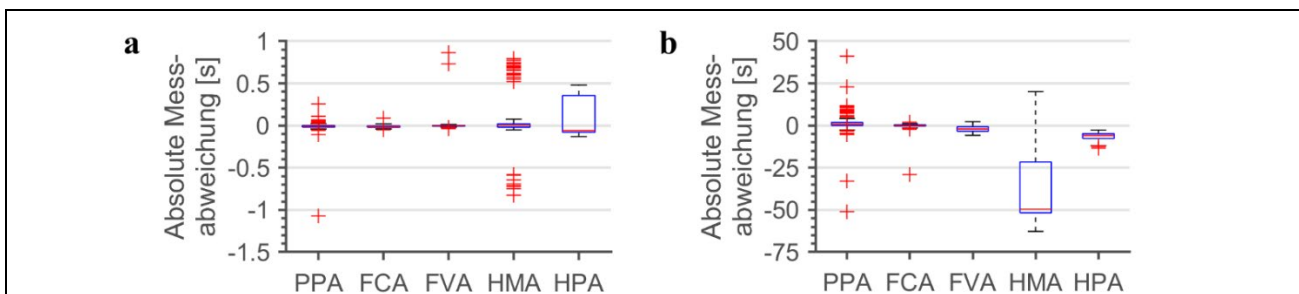


Abb. 1. Boxplot der absoluten Messabweichung (F) der mittels den Auswertemodellen Foot Contact Algorithm (FCA), Foot Velocity Algorithm (FVA), Hreljac-Marshall Algorithm (HMA) und High Pass Algorithm (HPA) bestimmten (a) Doppelschritzeit (STR) und (b) Standphasendauer (STA).

Zusammenfassend lässt sich auf Basis der Messabweichungen der fünf getesteten Auswertemodelle im Vergleich zum etablierten Verfahren mittels Kraftmessplatte (FPA) festhalten, dass sich die Messwerte für STR und STA nur für einzelne Auswertemodelle um mehr als 2 % unterschieden. Das Auswertemodell FCA wies hingegen sowohl für STR als auch STA Messabweichungen von weniger als 2 % auf. Die im Rahmen dieser Studie miteinander verglichenen Auswertemodelle haben einen Einfluss auf die TSPs.

Ausblick

Die Präzision des PPA soll optimiert und dessen Eignung für Feldtests untersucht werden.

Literatur

- Banks, J. J., Chang, W.-R., Xu, X. & Chang, C.-C. (2015). Using horizontal heel displacement to identify heel strike instants in normal gait. *Gait & Posture*, 42 (1), 101-103. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.03.015
- Desailly, E., Daniel, Y., Sardain, P. & Lacouture, P. (2009). Foot contact event detection using kinematic data in cerebral palsy children and normal adults gait. *Gait & Posture*, 29 (1), 76-80. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.06.009
- Eckardt, N. & Kibele, A. (2017). Automatic identification of gait events during walking on uneven surfaces. *Gait & Posture*, 52, 83-86. doi:10.1016/j.gaitpost.2016.11.029
- Hreljac, A. & Marshall, R. N. (2000). Algorithms to determine event timing during normal walking using kinematic data. *Journal of Biomechanics*, 33 (6), 783-786. doi:10.1016/S0021-9290(00)00014-2
- Maiwald, C., Sterzing, T., Mayer, T. A. & Milani, T. L. (2009). Detecting foot-to-ground contact from kinematic data in running. *Footwear Science*, 1 (2), 111-118. doi:10.1080/19424280903133938
- O'Connor, C. M., Thorpe, S. K., O'Malley, M. J. & Vaughan, C. L. (2007). Automatic detection of gait events using kinematic data. *Gait & Posture*, 25 (3), 469-474. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.05.016

Analyse von Gangparametern Oberschenkelamputierter Menschen hinsichtlich der existierenden Einteilung in eine Mobilitätsklasse

Katja Orłowski¹, Kai-Uwe Mrkor¹, Harald Loose¹, Stefanie John² & Kerstin Witte²

¹Technische Hochschule Brandenburg, ²Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abstract

Es wurde untersucht, inwiefern sich Gangparameter von Oberschenkelamputierten (OA) der verschiedenen Mobilitätsklassen (MobK) unterscheiden. Dabei wurde festgestellt, dass die Ganggeschwindigkeit und die (Doppel-)Schrittlänge charakteristisch für die MobK sind.

Einleitung

Amputierte der unteren Extremität werden in MobK (0 bis 5, steigender Anspruch an die Mobilität) eingeteilt, von der die Versorgung mit Prothesenpassteilen usw. abhängt (Greitemann, 2017). Diese Einteilung erfolgt größtenteils subjektiv mittels Profilerhebungsbogen (PEB) (MDS, 2008). Lediglich die Bewegungsamplitude des Hüftgelenks wird in allen Bewegungsrichtungen (Flex., Ext., Ab-/Adduktion) mittels Goniometer objektiv bestimmt.

In Zeiten moderner Technologien, wie z.B. mobile Sensoren, sollte es das Ziel sein, den Prozess der Einteilung in die MobK zu objektivieren. Ein entscheidungsunterstützendes System kann Ärzt/innen und/oder Orthopädietechniker/innen auf Basis biomechanischer Daten eine Empfehlung für die Einteilung in die MobK geben.

Der Gang könnte als ein wesentliches Bewertungskriterium herangezogen werden, um die Klassifizierung in die MobK vorzunehmen. Dazu wurden die Gangparameter von OA der verschiedenen MobK zunächst deskriptiv gegenübergestellt (Orłowski, Mrkor, Loose, John & Witte, 2020). Es stellte sich heraus, dass es einige Gangparameter gibt, die charakteristisch für den OA-Gang der jeweiligen Klasse sein könnten. Dazu zählen die Ganggeschwindigkeit sowie die Schritt- und Doppelschrittlänge. Ergänzend könnten die Parameter Doppelschrittdauer (s), Schwung- und Standphase (%) sowie Einbeinstand- und Doppelstandphase (%) zur Charakterisierung herangezogen werden (Orłowski et al., 2020).

Die vorliegende Arbeit untersucht, inwiefern es Zusammenhänge zwischen den Gangparametern (Geschwindigkeit, Doppel-/Schrittlänge) und der subjektiv festgestellten MobK gibt. Ziel ist es, objektive Parameter zu identifizieren, die die bislang subjektive Einteilung in die MobK ergänzen.

Methoden

Der Gang von 20 OAs (18 m, 2 w, 57,2 (\pm 16,2) Jahre, 180,2 (\pm 10,2) cm, 88,0 (\pm 17,1) kg) wurde mit dem InvestiGAIT-System (Orłowski, Eckardt, Herold, Aye, Edelmann-Nusser & Witte, 2017) erfasst. Die Analyse des Zusammenhangs zwischen den Gangparametern und der MobK (MobK_1_2 ($n = 3$), MobK_3 ($n = 5$), MobK_4 ($n = 11$)) erfolgte mittels bivariater Regression hinsichtlich ihres linearen Zusammenhangs. In SPSS 19 wurde auf Basis einer linearen Regression das Bestimmtheitsmaß R^2 und die Korrelation r (Spearman-Rho, Daten nicht-normalverteilt) bestimmt und jeweils nach Cohen (1988) bewertet. Die Auswahl der Parameter basiert auf der deskriptiven Analyse (Orłowski et al., 2020).

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 1 stellt die Ergebnisse der durchgeführten bivariaten Regression sowie der Korrelation dar. Die Werte des Bestimmtheitsmaßes R^2 liegen für die untersuchten Parameter im Bereich von 0,41 bis

0,69. Die Analyse des linearen Zusammenhangs lieferte zudem signifikante ($p < 0,01$) Korrelationskoeffizienten von 0,65 bis 0,80, die als stark eingestuft werden können (vgl. Cohen, 1988).

Tab. 1. Zusammenhang der Gangparameter mit der gegebenen Mobilitätsklasse in Form des Bestimmtheitsmaßes R^2 und des Korrelationskoeffizienten (** $p < 0,01$)

	Bestimmtheitsmaß R^2		Korrelationskoeffizient r	
	Prothese	Gesund	Prothese	Gesund
Doppelschrittlänge	0,69	0,59	0,80**	0,74**
Schrittlänge	0,41	0,55	0,65**	0,71**
Ganggeschwindigkeit	0,64		0,74**	

Die Korrelationskoeffizienten zeigen den vermuteten Zusammenhang der gewählten Parameter mit der MobK, wobei Doppelschrittlänge und Ganggeschwindigkeit einen größeren Zusammenhang aufweisen. Aufgrund der Bestimmtheitsmaße, die eine Varianzaufklärung kleiner 70% bedeuten, kann trotz der signifikanten Korrelation nicht eindeutig davon ausgegangen werden, dass sich die MobK durch die gewählten Gangparameter objektiv bestimmen lassen. Ein möglicher Grund können die relativ kleinen Stichproben der einzelnen MobK sein. Zudem wurden die MobK durch eine subjektive Einteilung mit dem PEB ermittelt (vgl. (MDS, 2008)). Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden diese MobK nicht von einem Arzt/Orthopädietechniker überprüft. Ein einheitlicher Standard liegt der subjektiven Einteilung somit nicht zugrunde. Nach Gailey (2006) sollte zudem die subjektive Einteilung kritisch betrachtet werden, da sich nach einer Untersuchung ergab, dass sich die Einteilung der Patient/innen in die MobK innerhalb eines Klinik-Teams signifikant unterschied, obwohl gleiche Standards gelten sollten. Die hier verwendete MobK wurde zumeist in der Rehapphase bestimmt, die bei den in dieser Studie untersuchten Proband/innen 19,3 ($\pm 19,5$) Jahre zurückliegt. Die MobK bleibt ein Leben lang bestehen und wird nicht nach einer gewissen Zeit neu festgestellt oder an die aktuellen Bedürfnisse der Betroffenen angepasst. Auch dies sollte ein Ziel der Bestrebungen der Objektivierung sein, da dies nach Aussagen von Ärzt/innen wichtig und relevant ist.

Ausblick

Um die Objektivierung bei der Einstufung von Amputierten der unteren Extremität weiter voranzutreiben, muss eine größere Anzahl an Probanden mittels Ganganalyse untersucht werden. Dies ist notwendig, um die Stichprobe insgesamt, vor allem aber die unteren Mobilitätsklassen (MobK_1_2 und MobK_3) zu vergrößern, so dass eine vollständige Einschätzung und Bewertung der Ergebnisse möglich wird. Auch ist es denkbar, weitere Gangparameter in die Analyse einzubeziehen. Auch wäre es vielleicht sinnvoll, die Doppel-/Schrittlänge auf die Körpergröße oder Beinlänge zu normieren, um den Einfluss zu korrigieren.

Literatur

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Gailey, R.S. (2006). Predictive Outcome Measures Versus Functional Outcome Measures in the Lower Limb Amputee. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 18 (6), 51-60.
- Greitemann, B. (2017). Technische Orthopädie: Prothetik an der unteren Extremität am Beispiel der Oberschenkelamputation. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, 155 (6), 737-749. doi:10.1055/s-0043-110774
- MDS Essen (Hrsg.) (2008). *Profilerhebungsbogen für die Versorgung mit Beinprothesen*. Zugriff unter <http://docplayer.org/70503155-Profilerhebungsbogen-fuer-die-versorgung-mit-beinprothesen.html>
- Orlowski, K., Eckardt, F., Herold, F., Aye, N., Edelmann-Nusser, J. & Witte, K. (2017). Examination of the reliability of an inertial sensor based gait analysis system. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, 62 (6), 615-622. doi:10.1515/bmt 2016 0067
- Orlowski, K., Mrkor, K.-U., Loose, H., John, St. & Witte, K. (2020). Investigating the Gait of Lower Limb Amputees Regarding the Present Classification of Mobility Grades. *Proceedings of BIOSTEC 2020*, 336-341.

Using sentiment analysis tools to analyze sports-related Twitter communication

Fabian Wunderlich¹ & Daniel Memmert¹

¹Institute of Exercise Training and Sport Informatics, German Sport University Cologne

Abstract

This validation study investigates the application of sentiment analysis to sports-related textual data. While the categorization of individual tweets remains challenging, the sentiment of large sets of tweets can be categorized with a sufficient accuracy by simple tools.

Introduction

The ability to algorithmically extract sentiments from unstructured textual data is appealing and challenging at the same time and makes sentiment analysis a very current field of research. While other approaches of Big Data analysis have been transferred to the domain of sports, this appears not to be the case for sentiment analysis, yet. The present study (Wunderlich, & Memmert, 2020) aims at answering the question to what extent existing lexicon-based methods of sentiment analysis are capable to be transferred to football-related tweets from Twitter.

State of research

Sentiment analysis refers to the algorithmic extraction of subjective information from textual data and has become one of the fastest growing research areas in computer science with applications in several domains including politics, finance, society, security and travel. Recent reviews cover a few hundred (Piryani, Madhavi, & Singh, 2017) or even a few thousand (Mäntylä, Graziotin, & Kuuttila, 2018) articles, outlining the enormous relevance and diversity of this field of research. Sentiment analysis with regard to sports-specific data, however, does not yet seem to be of major interest to researchers which comes as a surprise given that the increasing amount of online communication includes a significant amount of sports-related content.

Methods

A total of 10,000 English language tweets (i.e. short text messages) related to 10 football matches in national and international competitions have been analyzed both manually by human annotators and algorithmically by means of publicly available sentiment analysis tools. Data were collected in the time period between February and May 2019 via the real-time streaming API of Twitter using the software R. Tweets were manually annotated by human annotators classifying each tweet into one of the following four categories: *positive*, *negative*, *neutral* or *nonsense*. Lexicon-based sentiment analysis tools were then used to assign a sentiment score to each tweet. Three different tools based on the QDAP dictionary (Rinker, 2013), the commercial LIWC software (Pennebaker, Boyd, & Jordan, 2015) and the SentiNet4 dictionary (Cambria, et al., 2016), denoted as *QDAP*, *LIWC* and *SN* as well as a combined score (*COMB*) were used and evaluated by two different accuracy measures. Only tweets manually labeled as positive and negative were considered and a binary classification was performed based on the algorithmically calculated sentiment scores. Accuracy was then defined as the percentage of tweets correctly classified. Moreover, random sets of tweets were constructed by maintaining the actual proportion of tweets labelled as neutral or nonsense, while including a predefined percentage of one polarity in the remaining tweets. The

polarity of the random sets was then classified algorithmically and the set accuracy was defined as the percentage of sets correctly classified.

Results and Discussion

Qualitative observations suggest that the analysis of sports related-content contains its own difficulties. The average tweet length in our database was shorter compared to tweets including common hashtags from other domains (football: 13.3 words; politics: 20.8 words; finance: 18.0 words) making classification more challenging. Moreover, we are not aware of any lexicon that specifically considers the connotation of football-related vocabulary. Accuracies with regard to individual tweets were 61.0 % for LIWC, 63.6 % for QDAP, 62.6 % for SN and 67.4 % for COMB. Accuracies are significantly higher than 50 % according to one-sided binomial tests ($p < 0.001$ for all four), but still far from satisfactory given that 50 % would be expected from guessing. However, in most real-world applications the number of tweets is large and thus set accuracy is more meaningful. Figure 1 illustrates set accuracies for COMB and shows that set accuracy highly depends on the number of tweets and degree of polarity. The tools are capable of classifying the polarity of realistic sets of tweets (e.g., 1000 tweets, with a proportion of 60 % having the same polarity) with an accuracy of more than 95 %, thus being accurate enough in real-world applications.

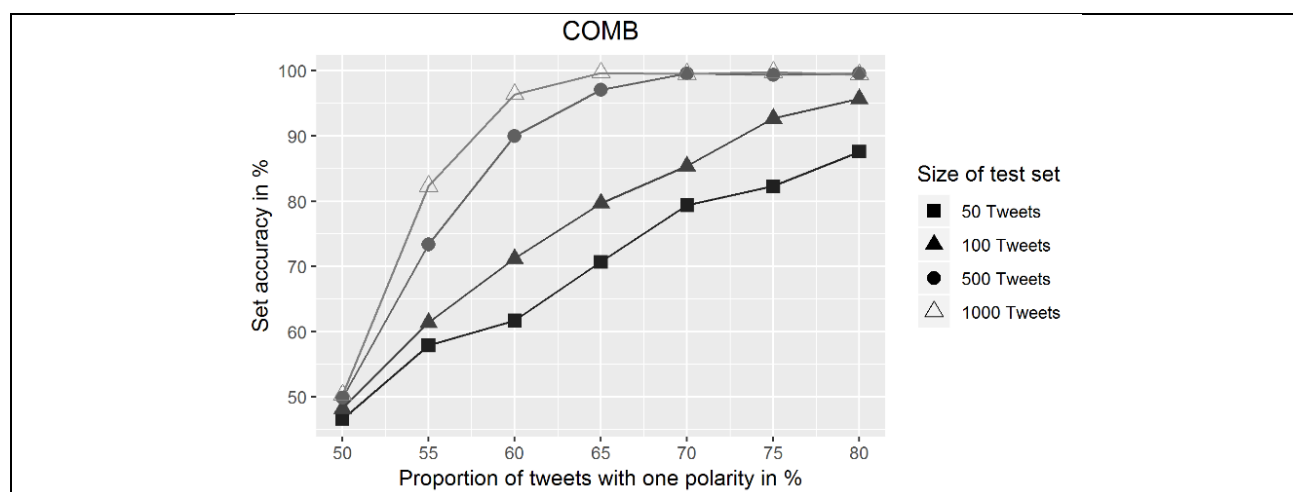


Fig. 1. Set accuracy for various proportions of polarity and sizes of test sets using the method COMB.

Outlook

We hope that our approach will stimulate discussion on as well as the increased use of sentiment analysis as a tool in sports science.

References

- Cambria, E., Poria, S., Bajpai, R. & Schuller, B. (2016). SenticNet 4: A semantic resource for sentiment analysis based on conceptual primitives. *Proceedings of COLING 2016, the 26th international conference on computational linguistics*, 2666-2677.
- Mäntylä, M. V., Graziotin, D. & Kuutila, M. (2018). The evolution of sentiment analysis—A review of research topics, venues, and top cited papers. *Computer Science Review*, 27, 16-32.
- Pennebaker, J. W., Boyd, R. L., Jordan, K. & Blackburn, K. (2015). *The development and psychometric properties of LIWC2015*. Austin, TX: University of Texas at Austin.
- Piryani, R., Madhavi, D. & Singh, V. K. (2017). Analytical mapping of opinion mining and sentiment analysis research during 2000–2015. *Information Processing & Management*, 53 (1), 122-150.
- Rinker, T. W. (2013). *qdap: Quantitative discourse analysis package*. Buffalo, NY: University at Buffalo.
- Wunderlich, F. & Memmert, D. (2020). Innovative Approaches in Sports Science—Lexicon-Based Sentiment Analysis as a Tool to Analyze Sports-Related Twitter Communication. *Applied Sciences*, 10 (2), 431.



13:30



LIFT 2

RESTAURANT

JOHN

SPEED

15

SKI SLOPE 1

POG VARNING



Session Sportgeräteentwicklung, neue Materialien im Sport

Hat der Beckengurt am Radrucksack eine lastenaufnehmende Funktion?

Lars Timm, Sarah Campos & Frank I. Michel - VAUDE Sport GmbH & Co. KG, *i*-team, Germany

Wann setzen sich leistungsverbessernde technische Entwicklungen nicht durch? Erkenntnisse aus Akteur-Netzwerk-theoretischer Forschung

Michael Staack - Goethe-Universität Frankfurt am Main

Verbesserung des thermischen Komforts von Winter-Radschuhen – Beispiel eines industriellen FuE-Ansatzes

Frank I. Michel, Sarah Campos, Wouter Remmerie & Fredrik Fuhrmann - *i*-team, VAUDE Sport GmbH & Co. KG, AirShaper, Belgium, Footwear, VAUDE Sport GmbH & Co. KG

Kann der Beckengurt die Eigenbewegungen des Rucksacks beim Radfahren im Wiegetritt reduzieren?

Sarah Campos, Lars Timm, Frank I. Michel & Mathias Bankay - VAUDE Sport GmbH & Co. KG, *i*-team, Germany, menios GmbH

Hochpräzises Passen durch Wurfmaschinen im American Football

Bernhard Hollaus & Jan Eisenbraun - Department Mechatronik am MCI, Innsbruck, Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig

Hat der Beckengurt am Radrucksack eine lastenaufnehmende Funktion?

Lars Timm¹, Sarah Campos¹ & Frank I. Michel¹

¹VAUDE Sport GmbH & Co. KG, i-team, Germany



Abstract

Evaluation der lastenaufnehmenden Funktion von Beckengurten an Radrucksäcken zur Entlastung des Schulterbereichs durch Lastenumverteilung beim Fahren in Aufrechter- und Brakehood-Position.

Einleitung

Die moderne Rucksackforschung konnte in den letzten Jahrzehnten wichtiges Wissen generieren, um Militär- und Trekkingrucksäcke komfortabler zu machen und somit das Auftreten häufiger Überlastungsreaktionen zu minimieren. Generell gilt die Nutzung von Beckengurten zur Entlastung des verletzungsanfälligen Schulterbereichs bei größeren Wanderrucksäcken als unumstritten (Knapik, Reynolds & Harman, 2004). Neben den Trekkingrucksäcken weisen aber auch moderne Radrucksäcke häufig Beckengurtkonstruktionen auf. Inwiefern die Erkenntnisse, welche durch Untersuchungen an Trekkingrucksäcken evaluiert wurden, direkt für Radrucksäcke übernommen werden können, ist unklar. Gründe dafür sind u. a. Unterschiede in der Konstruktion, eine veränderte Körperhaltung und abweichende Bewegungsmuster. Das Ziel dieser Studie bestand in der Evaluierung der lastenaufnehmenden Funktion des Beckengurts von Radrucksäcken beim Radfahren.

Forschungsstand

Der aktuelle Forschungsstand im Bereich der Radrucksäcke beschränkt sich ausschließlich auf die populärwissenschaftliche Literatur. Dort wird analog zu den Trekkingrucksäcken das Verschließen des Beckengurts über dem Beckenkamm und die anschließende Fixierung der Schultergurte bei leichter Vorlage des Oberkörpers empfohlen, sodass die hauptsächliche Rucksacklast durch den Beckengurt auf das Becken übertragen werden kann (Zimtec, 2019). Für gute Trekkingrucksäcke wurde eine Lastenaufnahme des Beckens von ca. 70 % und des Oberkörpers von ca. 30 % ermittelt (Paldauf, Stämflü, Emrich & Michel, 2018).

Methoden

Dreizehn männliche sportliche Probanden (Alter: $36,2 \pm 9,1$ Jahre, Körpergewicht: $77,9 \pm 7,3$ kg, Körpergröße: $180,3 \pm 2,5$ cm) ohne orthopädische Vorerkrankungen bzw. Verletzungen wurden in die Studie einbezogen. Zur Erfassung der Lastenaufnahme wurden den Probanden sowohl im Schulterbereich als auch über den Rücken piezoelektrische Druckmessmatten (Tactilus, Sensor Products Inc.) mit einer Messfrequenz von 50 Hz und einer Sensorgröße von 2 cm^2 angelegt. Das Fahren in Brake-Hood Position (ca. 50° Torsowinkel, z.B. Gravelbike) und in aufrechter Position (ca. 90° Torsowinkel, z.B. Hollandrad) wurde durch Sitzen auf einem Tacx-Rollentrainer simuliert. Über eine Dauer von 30 Sekunden wurde jeweils mit geschlossenem und geöffnetem Rucksackbeckengurt (Vaude Bracket 22 I) getestet. Das Füllgewicht des Rucksacks betrug 4 kg. Für die Auswertung der Druckverteilung wurden aus den Aufnahmen die mittleren 10 Sekunden für die Erzeugung eines Durchschnitts-Druckbildes herangezogen. Hierfür wurden mit Hilfe von Matlab (R2018b, The MathWorks Inc.) die Matrizen der Oberflächendrucke aller Frames addiert und durch die Anzahl der Frames dividiert. Anschließend wurden die Daten durch einen t-Test für gepaarte Stichproben auf statistische Unterschiede untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Durch das Anlegen des Beckengurts kommt es in der aufrechten Sitzposition zu einer sehr signifikanten Druckentlastung im Schulterbereich (Abb. 1a). Jedoch ist auch eine signifikante Druckerhöhung im Rücken festzustellen (Abb. 1b). Dem gegenüber kann in der Brakehood-Position trotz ebenfalls signifikant erhöhtem Druck im Rückenbereich keine signifikante Entlastung im Schulterbereich festgestellt werden. Die erhöhten Drücke in der Brakehood-Position lassen sich im Schulterbereich durch die geänderte Armhaltung und im Rückenbereich durch die größeren wirkenden Anteile der Gewichtskraft des Rucksacks aufgrund der Beugung des Oberkörpers erklären. Auffällig ist zudem eine sehr signifikante Druckzunahme im ventralen Schulterbereich in der Brakehood-Position gegenüber dem aufrechten Sitz.

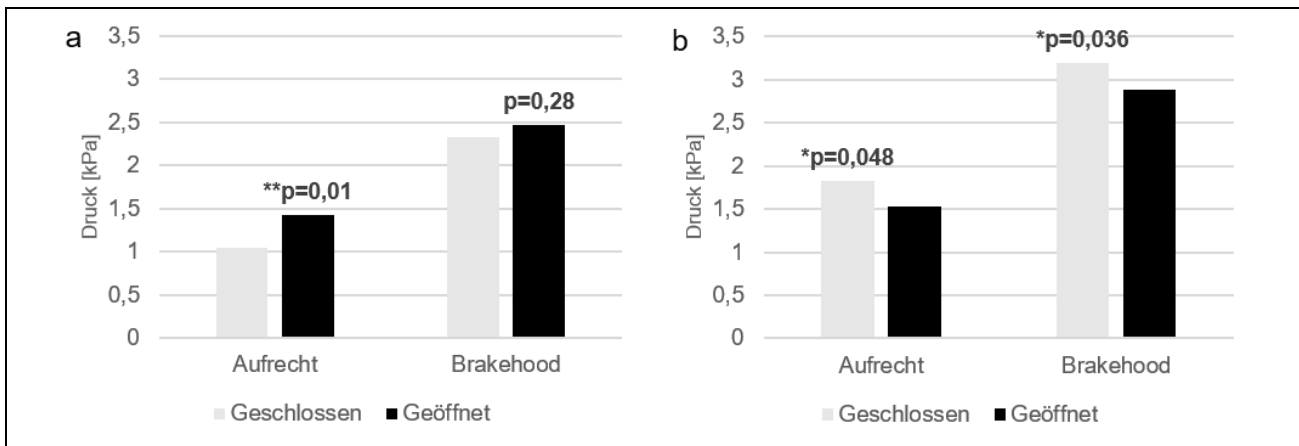


Abb. 1. Mittelwerte der Druckbelastung im Schulterbereich (a) und des Rückenbereichs (b).

Unter den gegebenen Testbedingungen darf von keiner lastenaufnehmenden Funktion des Beckengurts in der Brakehood-Position ausgegangen werden. Es ist nicht davon auszugehen, dass es zu einer mit Trekkingrucksäcken vergleichbaren Lastumverteilung (ca. 70 % Becken/ ca. 30 % Schulterbereich) kommt (Paldauf et al., 2018). Ergänzend muss berücksichtigt werden, dass eine vergleichbare Gurtspannung des Beckengurts beim Radrucksack gegenüber Trekkingrucksäcken die Atmung in der Brakehood-Position deutlich limitieren kann.

Ausblick

Die Ergebnisse der lastenaufnehmenden Funktion des Beckengurts in der Brakehood-Position geben Anlass für mögliche Modifikationen der Beckengurtkonstruktion bei Radrucksäcken. Zudem können die Resultate der Druckzunahme im ventralen Schulterbereich in der Brakehood-Position Indikationen für mögliche Neuerungen bei der Konstruktion von Schultergurten darstellen. Um die Ergebnisse dieser Studie zu verifizieren, sollte zudem eine direkte Überprüfung der Lastenaufnahme des Beckengurts vergleichbar zu Paldauf et al. (2018) durchgeführt werden.

Literatur

- Knapik, J. J., Reynolds, K. L. & Harman, E. (2004). Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Military medicine*, 169 (1), 45-56.
- Zimek, C. (2019). TEST: 10 Rucksäcke für Tagestouren - Der Eine für Alle(s). *MountainBIKE*, 5, 34-39.
- Paldauf, S., Stämpfli, R., Emrich, F. & Michel, F. I. (2018). Load distribution between upper body and pelvis in different load carriage systems. In D. Link, A. Hermann, M. Lames and V. Senner. (Hrsg.), *Sportinformatik XII* (S.114-115). Hamburg: Feldhaus Verlag GmbH & Co. KG.

Wann setzen sich leistungsverbessernde technische Entwicklungen nicht durch? Erkenntnisse aus Akteur-Netzwerk-theoretischer Forschung

Michael Staack¹

¹Institut für Sportwissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt am Main

Abstract

Mein Vortrag stellt den technik-/sportsoziologischen Forschungsstand zum Thema technische Entwicklungen im Sport dar. Er zeigt auf, welche fördernde Rahmenbedingungen sind, aber insbesondere auch, wie technische Entwicklungen im Sport gehemmt werden.

Beitrag

Im 21. Jahrhundert technisiert sich insbesondere der Spitzensport fortlaufend weiter. Im Trainingskontext verflechten sich Sport und Technik z.B. durch Motion Capture Technologien (Yunwei & Shiwei, 2019) und ständiges Körperdaten-Self-Tracking der Sportler/innen (Ajana, 2018). Im Wettkampfkontext geschieht diese Verflechtung durch Entwicklung und Einsatz neuer Messmethoden (z.B. des Video Assistent Referees im Fußball) und insbesondere neuer Sportgeräte (z.B. der Competition Swimsuits, oder jüngst des Vapor Fly Elite). Bisher forschte die Sportsoziologie kaum zu diesem Themenkomplex. Fruchtbare Diskurse zwischen Soziologie und Trainingswissenschaft fanden daher nur vereinzelt statt.

Dies ändert sich derzeit mit der Etablierung der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT) in der Sportsoziologie. Die ANT ist keine typische soziologische ‚Grand Theory‘, sondern ein empirisches Forschungsprogramm. ANT-Wissenschaftler/innen erforschen Zusammenhänge zwischen Sport und Technik in dezidiert empirischen Einzelfallstudien.

Ein zentrales Ergebnis bisheriger ANT-Studien ist, dass es mitnichten der Regelfall ist, dass leistungsverbessernde technische Weiterentwicklungen von Sportler/innen angenommen und genutzt werden können, um in ihren Disziplinen bessere Leistungen zu erzielen. Stattdessen scheint es mindestens ebenso der Fall zu sein, dass technische Weiterentwicklungen nicht zur Anwendung kommen, obwohl sie Leistungen deutlich verbessern würden.

Die Gründe dafür, dass leistungsverbessernde technische Weiterentwicklungen keine Anwendung in der Praxis finden, sind vielfältig. Die drei wirkmächtigsten sind:

1. *Soziale Pfadabhängigkeiten*: Institutionelle und kulturelle Pfadabhängigkeiten des Leistungssportsystems verhindern oft, dass Ingenieure, Trainer/innen und Sportler/innen so miteinander kommunizieren, dass sich die beste technische Entwicklung durchsetzen kann (Butryn, 2003; Butryn & Masucci, 2009; Magdalinski, 2009). Mehr noch: In einigen Fällen wird bereits die Entwicklung der besten technischen Entwicklung durch solche Pfadabhängigkeiten blockiert (Kerr, 2016; Trabal, 2008).
2. *Mangelnde Passung von erlernten Bewegungsmustern mit technischen Entwicklungen*: Sportler/innen müssen ihre antrainierten hochspezialisierten Bewegungsmuster anpassen, um Vorteile neuer technischer Entwicklungen nutzen zu können. Diese Anpassung kann sich als sehr schwierig gestalten (Craik, 2011; Crouse, 2010). In diesen Fällen sind Sportler gerade *aufgrund* ihrer hochspezifischen eingeübten Bewegungsmuster habituell unfähig, leistungsverbessernde technische Weiterentwicklungen in ihr körperliches Handeln zu integrieren – oder diese technischen Weiterentwicklungen überhaupt erst als leistungsverbessernd zu erkennen.

3. *Ständige Veränderungen sportlicher Disziplinen*: Technisch weiterentwickelte Sportgeräte ermöglichen Sportler/innen oft ganz neue taktische Vorgehensweisen. Diese wiederum können somit grundsätzlich verändern, was eine spezifische Sportdisziplin ‚ist‘ (Loland, 2002; van Hilvoorde, Vos & de Wert, 2007). Das bedeutet, Technikentwickler/innen operieren potenziell immer mit einer veralteten Vorstellung von der sportlichen Disziplin, für die sie Technik entwickeln (ähnlich wie Anti-Doping-Agenturen den Doping-Laboren immer einen Schritt hinterher sind).

Der Vortrag bereitet diese sozialen Zusammenhänge von Technik-Entwicklung und Technik-Anwendung in der sportlichen Praxis systematisch auf. Hierfür gibt er zunächst in Form eines systematischen Literaturreviews einen Überblick über existierende sportsoziologische Forschung mit der ANT. Hieraus destilliert er die erforschten Gründe dafür, dass leistungsverbessernde technische Weiterentwicklungen keine Anwendung in der Praxis finden. Schließlich skizziert er ein interdisziplinäres Forschungsprogramm, das die Frage vertiefend bearbeiten soll, wann sich leistungsverbessernde technische Entwicklungen nicht durchsetzen.

Literatur

- Ajana, B. (2018). *Metric Culture. Ontologies of Self-Tracking Practices*. Bingley: Emerald Group Publishing.
- Butryn, T. (2003). Posthuman podiums. Cyborg narratives of elite track and field athletes. *Sociology of Sport Journal*, 20 (1), 17-39.
- Butryn, T. & Masucci, M. A. (2009). Traversing the matrix: cyborg athletes, technology, and the environment. *Journal of Sport and Social Issues*, 33 (3), 285-307.
- Craik, J. (2011). The fastskin revolution: from human fish to swimming androids. *Culture Unbound*, 3, 71-82.
- Crouse, K. (22. August 2010). A breaststroke that is hard to imitate and all but impossible to beat. *The New York Times*, 8.
- Hilvoorde, I. v., Vos, R. & de Wert, G. (2007). Flopping, klapping and gene doping: dichotomies between ‘natural’ and ‘artificial’ in elite sport. *Social Studies of Science*, 37 (2), 173–200.
- Kerr, R. (2016). *Sport and technology. An actor-network theory perspective*. Manchester: Manchester University Press.
- Loland, S. (2002). Technology in sport: three ideal-typical views and their implications. *European Journal of Sport Science*, 2 (1), 1–11.
- Magdalinski, T. (2009). *Sport, Technology and the Body: The Nature of Performance*. London and New York: Routledge.
- Trabal, P. (2008). Resistance to technological innovation in elite sport. *International Review for the Sociology of Sport*, 43 (3), 313–330.
- Yunwei, L. & Shiwei, J. (2019). Video Analysis Technology and Its Application in Badminton Sports. *Training Journal of Physics: Conference Series* 1213 022009.

Verbesserung des thermischen Komforts von Winter-Radschuhen – Beispiel eines industriellen FuE-Ansatzes

Frank I. Michel¹, Sarah Campos¹, Wouter Remmerie² & Fredrik Fuhrmann³



¹i-team, VAUDE Sport GmbH & Co. KG, ²AirShaper, Belgium, ³Footwear, VAUDE Sport GmbH & Co. KG

Abstract

Das Ziel des FuE-Projektes bestand darin, einen bestehenden Winter-Radschuh hinsichtlich seiner Isolationseigenschaften unter besonderer Berücksichtigung des Fahrtwinds mittels CFD-Analysen zu optimieren. In einem zweiten Schritt wurde der thermische Komfort basierend auf objektiven und subjektiven Daten evaluiert.

Einführung

Markttrends weisen darauf hin, dass sich der Radsport zu einer „Ganzjahressportart“ entwickelt. „Bike-Commuting“ gewinnt aus ökologischen Gründen immer mehr an Bedeutung und sollte bei schlechter Wetterlage nicht an unzureichender Ausrüstung scheitern. Allerdings mussten Sears, Flynn, Aultman-Hall und Dana (2012) feststellen, dass insbesondere kaltes Wetter und starker Wind die Wahrscheinlichkeit mit dem Rad zu fahren, stark verringert. Kalte Füße stellen ein Symptom für den generellen thermischen Diskomfort dar (Kuklane, 2013). Wenn die Isolationseigenschaften des Bekleidungssystems unzureichend sind, wird die Kälte über die Füße als erstes wahrgenommen.

Das Ziel des FuE-Projektes bestand darin, einen bestehenden Winter-Radschuh hinsichtlich seiner Isolationseigenschaften bei Temperaturen um den Gefrierpunkt unter besonderer Berücksichtigung des Fahrtwinds zu optimieren.

Methode

In einem ersten Schritt wurde eine Analyse zur numerischen Strömungsmechanik (CFD) für drei verschiedene Fuß-Pedal-Stellungen durchgeführt (Abb. 1). Die Winkelstellungen wurden von Broker (2003) abgeleitet. Die Bestimmung der aerodynamischen Parameter erfolgte mittels der Online-Plattform von AirShaperTM.

Basierend auf den CFD-Erkenntnissen wurde der bestehende VAUDE-Winterradschuh optimiert und mit dem am Markt befindlichen sowie zwei weiteren Benchmark-Modellen mittels Thermografie verglichen. An dieser Studie nahmen 4 männliche Radpendler ($\bar{\Delta} 37 \pm 10$ Jahre; $176 \pm 0,1$ cm; 76 ± 11 kg) teil. Die Bestimmung der Oberflächentemperatur erfolgte mit einer Infrarotkamera (FLIR E85) vor, während und nach einer 30 -minütigen moderaten Radbelastung (120 W) in einer Klimakammer ($0 \pm 1^\circ\text{C}$, $\sim 90\%$ relative Luftfeuchtigkeit). Zudem wurde der subjektiv wahrgenommene thermische Komfort basierend auf der DIN 7730 -Skalierung abgefragt.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der CFD-Analyse zeigen deutlich, dass insbesondere der Zehenbereich sowie der Fußrist aufgrund des Fahrtwinds von einem besonders hohen Oberflächendruck betroffen sind (Abb. 1). Bei einem ungenügenden Windschutz besteht das Risiko, dass der Wind das Schaftmaterial penetriert und substanziiell zum Abkühlen des Fußes beiträgt.

Mittels der IR-Bilder wurde die Hauttemperatur des Fußristes unmittelbar vor und nach der Radbelastung quantifiziert. Der Temperaturverlust zwischen diesen beiden Messzeitpunkten fällt mit durchschnittlich ca. 2°C für das weiterentwickelte VAUDE-Modell und den Shimano

MW7 am geringsten aus. Die beiden anderen Modelle zeigen nach 30 min Radfahren einen Temperaturverlust von ca. 5 °C. Diese objektiven Ergebnisse werden durch das subjektive Feedback bestätigt.

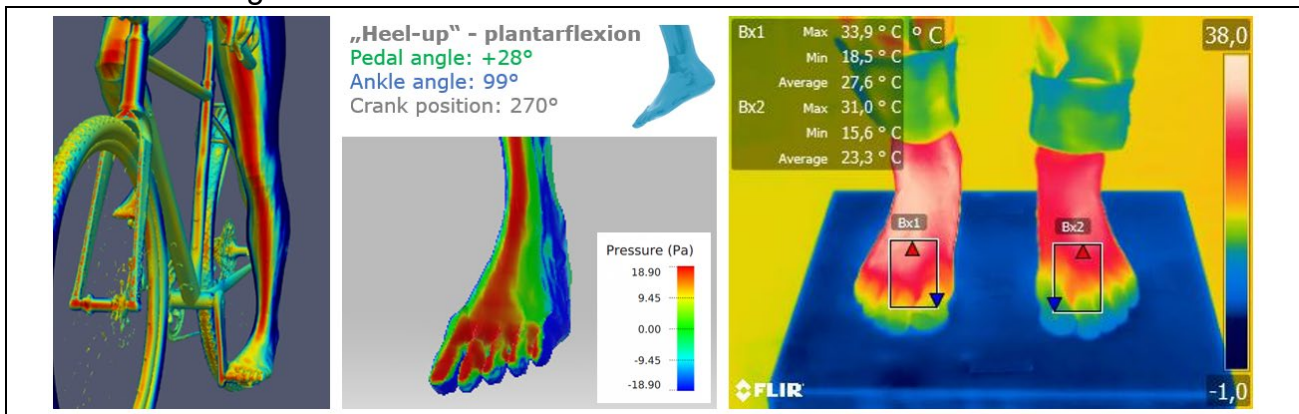


Abb. 1. Bild links & Mitte: CFD-Oberflächendruck abhängig vom Pedal-Fuß-Winkel; Bild rechts: Infrarot-Aufnahme der Hauttemperatur nach dem Radfahren (links: VAUDE-neu/optimiert, rechts: VAUDE-alt).

Diskussion und Fazit

Auch Hofe, Hasler, Fauland, Bechtold und Nachbauer (2014) kommen bei der Analyse von alpinen Skischuhen zu dem Schluss, dass der Zehenbereich die sensibelste Region für den thermischen Komfort bei kalten Umgebungsbedingungen darstellt und hierbei der Windeinfluss – neben den Isolationseigenschaften - eine bedeutende Rolle spielt. Defraeye, Blocken, Koninckx, Hespel und Carmeliet (2011) heben ebenfalls – basierend auf einer umfangreichen CFD-Analyse zum Einfluss des Fahrtwindes beim Radsport auf den konvektiven Wärmeaustausch - die Rolle des Fahrtwindes hervor. Insbesondere sind hier der Unterschenkel sowie der Fuß in der „heel-up“-Position am stärksten betroffen. Diese Erkenntnisse decken sich mit den Ergebnissen des vorgestellten FuE-Projektes und verdeutlichen die Wichtigkeit, Notwendigkeit und den daraus entstehenden Mehrwert für funktionelle Sportartikel.

Literatur

- Broker, J.P. (2003). Cycling biomechanics: Road and mountain. In E.R. Burke (Ed.), *High-Tech cycling* (S.119-145). Human Kinetics.
- Defraeye, T., Blocken B., Koninckx, E., Hespel, P. & Carmeliet, J. (2011). Computational fluid dynamics analysis of drag and convective heat transfer of individual body segments for different cyclist positions. *Journal of Biomechanics*, 44 (9), 1695-701.
- Hofer, P., Hasler, M., Fauland, G., Bechtold, T. & Nachbauer W (2014). Microclimate in ski boots – Temperature, relative humidity, and water absorption. *Appl Ergon*, 45 (3), 515-520.
- Kuklane, K. (2013). Footwear for cold weather conditions. In A. Luximon (Ed.), *Handbook of Footwear Design and Manufacture* (S. 283-317). Woodhead Publishing.
- Sears, J., Flynn, B.S., Aultman-Hall, L. & Dana, G.S. (2012). To bike or not to bike: Seasonal factors for bicycle commuting. *Transportation Research Record*, 2314 (1), 105-111.

Kann der Beckengurt die Eigenbewegungen des Rucksacks beim Radfahren im Wiegetritt reduzieren?

Sarah Campos¹, Lars Timm¹, Frank I. Michel¹ & Mathias Bankay²

¹VAUDE Sport GmbH & Co. KG, *i*-team, Germany, ²menios GmbH



Abstract

Untersucht wurde der Einfluss des Beckengurts eines Fahrradricksacks hinsichtlich der Stabilität des Rucksacks im Wiegetritt. Mithilfe von Beschleunigungssensoren wurden die Bewegungen des oberen und unteren Rucksackbereichs in Relation zum Torso evaluiert.

Einleitung

Rucksäcke sind sowohl für Pendler/innen, Hobbyfahrradfahrer/innen als auch für ambitionierte Radfahrer/innen eine unkomplizierte Transportmöglichkeit. Laut einschlägigen Konsumentenmagazinen wird der Becken- bzw. Hüftgurt als gängiges Hilfsmittel für die Lastaufnahme gesehen und soll Eigenbewegungen des Rucksacks verhindern. Bei Fahrradricksäcken, welche durch ein geringes Volumen ausgezeichnet sind, steht insbesondere die Stabilisation des Rucksacks im Vordergrund (Zimek, 2019). Inwiefern der Beckengurt eine Relevanz für die Rucksackstabilität und den damit einhergehenden Tragekomfort darstellt, wurde in der vorliegenden Studie untersucht.

Forschungsstand

Während bei Wander- oder Trekkingricksäcken bereits eine Vielzahl technischer Ausstattungen in der Forschung evaluiert wurden, können in der öffentlich zugänglichen Literatur keine wissenschaftlichen Studien zu Fahrradricksäcken gefunden werden. Insbesondere die Funktion des Beckengurts verbirgt noch einige offene Fragen in der Bewegungsanalyse. Beim Gehen konnte gezeigt werden, dass mit zunehmendem Rucksackgewicht eine stärkere Oberkörperneigung einhergeht, welche mit erhöhten Inertialmomenten und Peakkräften am Lumbosakralgelenk verbunden sind. Hierdurch können Gleichgewichtsstörungen leichter kompensiert werden (Goh, Thambyah & Bose, 1998; Goodgold, Mohr, Samant, Parke, Burns & Gardner, 2002). Eine Neigung des Oberkörpers kann ebenfalls beim Fahrradfahren beobachtet werden. Wird nun in einer dynamischen Bewegung wie dem Wiegetritt der Torso vermehrt bewegt, kann es zu Instabilitäten bzw. einem Wackeln des Rucksacks und damit des Fahrers führen. Hierdurch können zum einen der Tragekomfort negativ beeinflusst und zum anderen Belastungen am Lumbosakralgelenk erhöht werden.

Methoden

Fünf männliche sportliche Probanden (Alter: $36,2 \pm 9,1$ Jahre, Körpergewicht: $77,9 \pm 7,3$ kg, Körpergröße: $180,3 \pm 2,5$ cm) ohne orthopädische Vorerkrankungen bzw. Verletzungen wurden in die Studie eingeschlossen. Insgesamt wurden drei 3D Inertialmesseinheiten (IMU's) (myon AG) mit einer Aufnahmefrequenz von 286 Hz verwendet, welche per Funk mit einem Empfänger verbunden und synchronisiert wurden. Befestigt mit doppelseitigem Klebeband wurde eine IMU am C7 des Probanden (IMU: VP C7) positioniert. Am Rucksack (RS) wurde jeweils eine IMU am oberen und unteren Ende der Rückenplatte des Rucksacks befestigt (RS oben, RS unten). Alle Probanden fuhren auf einem Tacx-Rollentrainer für 20 s bei 220 W im Wiegetritt, während sie den Rucksack Vaude Bracket 22 I mit einem Füllgewicht von 4 kg trugen. Untersucht wurden die Beschleunigungen des Rucksacks und des Probanden bei geöffnetem und geschlossenem Beckengurt. Hierfür wurden 10 s des Datensatzes extrahiert und in die weitere Analyse eingeschlossen. Es wurde ein Moving Average von 50 angewendet und mithilfe der Resultierenden der drei Achsen die

Amplitude sowie die Zeitverschiebung der IMU's am Rucksack mit dem IMU am Probanden anhand ihrer Hoch- bzw. Tiefpunkte berechnet. Darüber hinaus diente die Berechnung einer Ratio (Ratio = 100 – (IMU: VP C7/IMU: RS oben bzw. unten)) zum Vergleich der Testbedingungen. Für die statistische Analyse wurde der Friedman- bzw. Wilcoxon-Test herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Konditionen Beckengurt geöffnet und Beckengurt geschlossen ermittelt werden. Allerdings konnte innerhalb der einzelnen Testkonditionen ein signifikanter Unterschied zwischen den drei IMU's festgestellt werden ($p = 0,043$). Diese zeigten sich bei der weiteren Analyse der Amplitude zwischen IMU: VP C7 und IMU: RS unten ($p = 0,005$). Ein ähnliches Ergebnis konnte für die zeitliche Phasen-verschiebung dieser beiden IMU's berechnet werden ($p = 0,043$).

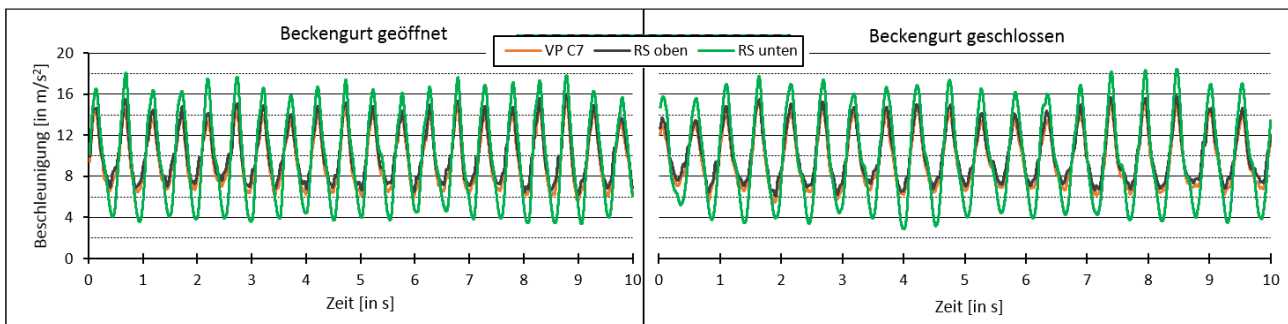


Abb. 1. Beispielhafter Vergleich der Resultierenden eines Probanden anhand zweier Einzelversuche mit Beckengurt geöffnet und geschlossen.

Unter den gegebenen Testbedingungen im Wiegetritt konnte der Beckengurt nicht zu einer Reduktion der Rucksackbewegungen beitragen (Abb. 1). Grundsätzlich deuten die Ergebnisse darauf hin, dass im Wiegetritt auf ebenem Untergrund nur geringe Rucksackbewegungen im Sinne eines Wackeln zu registrieren sind. Allerdings konnte die Untersuchung zeigen, dass der untere Anteil des Rucksacks mehr wackelt als der obere. Es wird davon ausgegangen, dass die Rucksackbewegungen in Abhängigkeit zu den gefahrenen Untergründen stehen. So könnte beim Fahren auf anspruchsvollem Gelände z.B. auf Wurzeltrails oder auch bei Sprüngen der Beckengurt eine elementare Rolle bei der Stabilisation des Rucksacks und damit des Fahrers spielen (Zimek, 2019).

Ausblick

Die vorliegende Studie konnte erste Ergebnisse im Bereich des mechanischen Komforts von Radrucksäcken liefern. Der Beckengurt und dessen Auswirkungen auf das Rucksackwackeln sowie den Tragekomfort sollten zukünftig bei Radsportarten mit anspruchsvollen Bodenbeschaffenheiten wie beispielsweise dem Mountainbiken untersucht werden. Darüber hinaus sollte im Studiendesign ein weiterer IMU am Sacrum berücksichtigt werden um die Hüfte als Referenzsystem zum unteren Anteil des Rucksack zu setzen.

Literatur

- Goh, J.-H., Thambyah, A. & Bose, K. (1998). Effects of varying backpack loads on peak forces in the lumbosacral spine during walking. *Clinical Biomechanics*, 13 (1), 26-31.
- Goodgold, S., Mohr, K., Samant, A., Parke, T., Burns, T. & Gardner, L. (2002). Effects of backpack load and task demand on trunk forward lean: Pilot findings on two boys. *Work*, 18, 213–220.
- Zimek, C. (2019). TEST: 10 Rucksäcke für Tagestouren - Der Eine für Alle(s). *MountainBIKE*, 5, 34-39.

Hochpräzises Passen durch Wurfmaschinen im American Football

Bernhard Hollaus¹ & Jan Eisenbraun²

¹Department Mechatronik am MCI, Innsbruck, Österreich,

²Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig, Deutschland



Abstract

In dieser Arbeit wurde eine hochpräzise American Football Wurfmaschine entwickelt. Mit dem Ziel 90 % aller Würfe unter 1 % Abweichung der jeweiligen Wurfweite zu werfen, wurden 225 Pässe vermessen. Mit 96,9 % der Würfe unter dem Präzisionslimit von 1 % wurde die Präzision verifiziert.

Einleitung

Im American Football ist Passen eine der üblichen Methoden um Raumgewinn zu erzielen, zu punkten und schlussendlich zu gewinnen. Ein entscheidender Teil bei Pass-Spielzügen ist das Fangen des Balls, da nur bei einem erfolgreichen Fangversuch auch Raumgewinn erzielt werden kann. Deshalb wird das Fangen im Training explizit trainiert. Die Zusammensetzung des Teams (wenige Quarterbacks, viele Passempfänger/innen) führt zu einer limitierten Anzahl an Pässen im Training, was wiederum bedeutet, dass die Passempfänger i.d.R. weniger als 30 Pässe pro Tag fangen können.

Forschungsstand

Um die Anzahl der Pässe zu erhöhen kommen Wurfmaschinen zum Einsatz, wie jene von Boehner (2015). Feedback von Trainern und Athleten hat aber gezeigt, dass die Performance solcher Maschinen, speziell wegen der geringen Präzision, nicht den Ansprüchen im Training genügt und daher die Maschinen nicht zum Passtraining verwendet werden.

In den letzten Jahrzehnten wurde die Flugphase beim Pass beforscht. U.a. hat Rae (2003) einen Beitrag geleistet, um die Aerodynamik des Passes besser zu verstehen. Speziell für Wurfmaschinen ist aber die Phase vor der Flugphase entscheidend, da nur in dieser Phase auf den Ball eingewirkt werden kann. Deshalb hat Hollaus, Raschner und Mehrle (2019) ein Modell erstellt, um die Anfangsbedingungen der Flugphase des Balles anhand von Maschinenparametern vorherzusagen.

Methoden

Ziel des Experiments war es die Präzision der von Hollaus et al. (2019) entwickelten Maschine in verschiedenen Konfigurationen nachzuweisen. Dabei wurde eine Wand in der Entfernung d platziert und darauf geworfen (Abb. 1). Durch Einfärben der Ballspitze wurden die Auftreffpunkte aller Pässe über farbliche Rückstände des Balles auf der Wand bestimmt. Da speziell kürzere Pässe eine höhere Präzision erfordern, wurde der Fokus auf die Wurfdistanzen $d/m \in \{7, 10, 13, 16, 19\}$ gelegt. Bei der Trajektorie wurden durch die Abwurfwinkel $\alpha/^\circ \in \{11, 18, 25\}$ sowohl flach, als auch bogenförmig geworfene Pässe berücksichtigt. Jede Konfiguration wurde 15-mal getestet womit sich insgesamt 225 Pässe ergeben. Innerhalb einer Konfiguration wurde der durchschnittliche Auftreffpunkt an der Wand bestimmt. Die Differenzen zu diesem konnten für jeden Wurf einer Konfiguration durch Δa abgeleitet werden. Um die Präzision zu erhalten werden diese Differenzen durch die Wurfweite d normalisiert ($\frac{\Delta a}{d}$).

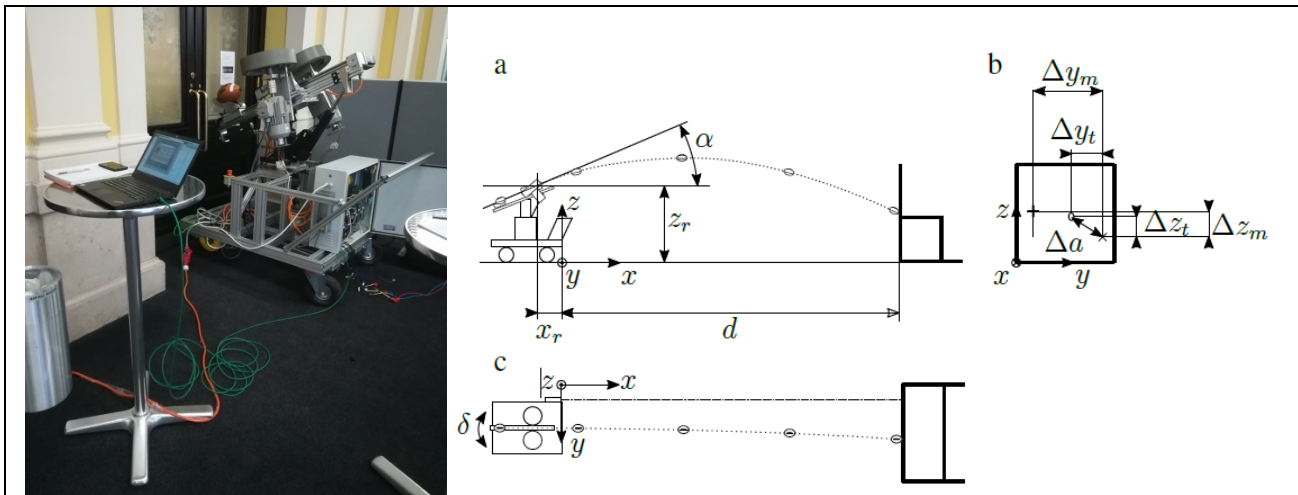


Abb. 1. Der Aufbau des Experiments (rechts) und die entwickelte Wurfmaschine (links).

Ergebnisse und Diskussion

Die gemessenen Differenzen mit Δa werden in Abb. 2 in normierter und polarer Form dargestellt. Die Normierung erfolgt mit der geworfenen Distanz d . Das Experiment ergibt, dass 218 von 225 Pässen (96,9 %) unter dem Präzisionslimit von 1 % liegen. Die größere Streuung im horizontalen Bereich ist durch den Aufbau der Maschine zu erklären. Die Einstellung des Azimut δ erfolgt über einen Getriebemotor mit leichtem Spiel. Dies fördert diese Art der Streuung.

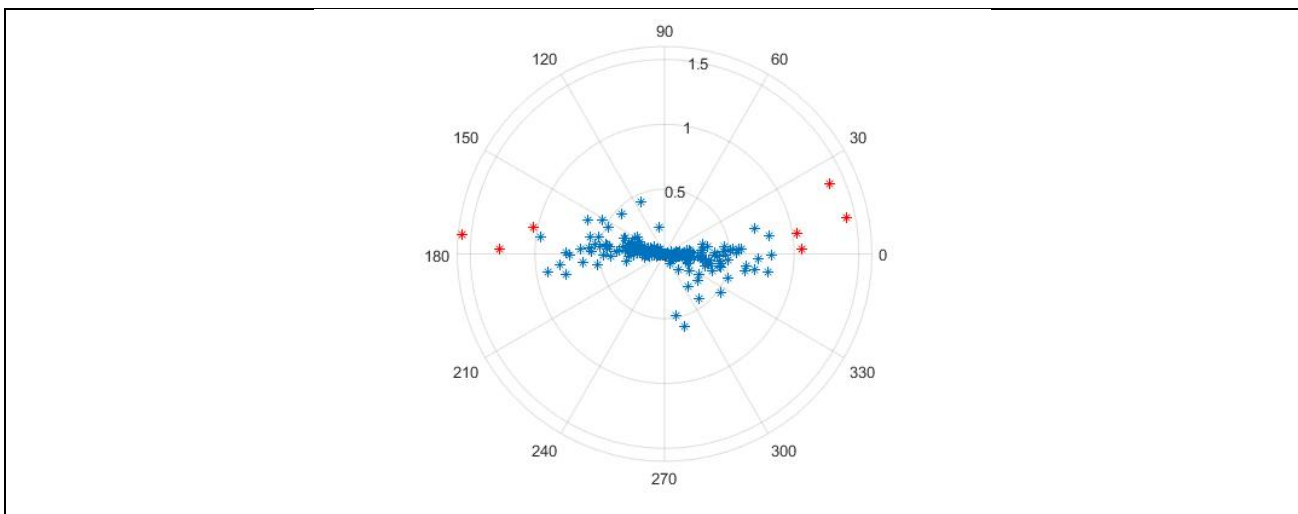


Abb. 2. Die normierte Präzision der Wurfmaschine $\frac{\Delta a}{d}$ in Polarkoordinaten für alle 225 Pässe des Experiments. Blau eingezeichnet sind die Pässe unter dem 1 % Limit der Präzision. Rot eingezeichnet sind die Pässe die über dem Limit liegen.

Ausblick

Da die Präzision nachgewiesen wurde, soll nun ein Passvorhersagemodell entwickelt werden. Dabei geht es um die Vorhersage der Trajektorie in Abhängigkeit der Maschinenkonfiguration.

Literatur

- Boehner, D.L. (2015). System and method to pitch footballs. *United States Patent*, US 8,932,156 B2
- Rae, W.J. (2003). Flight dynamics of an American football in a forward pass. *Sports Engineering*, 6 (3), 149–163.
- Hollaus, B., Raschner, C. & Mehrle, A. (2019). Development of release velocity and spin prediction models for passing machines in American football. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 233 (1), 27-33.



Session Modellbildung und Simulation + varia

The influence of running performance on scoring the first goal in a soccer match

Maximilian Klemp, Daniel Memmert & Robert Rein - Deutsche Sporthochschule Köln

FOUL PLAY: Exploring fouling behavior as an indicator of success in European Elite Football Leagues

Ashwin Phatak, Robert Rein & Daniel Memmert - German Sport University Cologne

11 gegen 11 Positionsdaten-Experimente zur Untersuchung taktischer Unterschiede zwischen Spielformationen

Dominik Raabe, Daniel Memmert, Robert Rein & Sebastian Schwab - Deutsche Sporthochschule Köln

Orientierungsfähigkeit in der realen und virtuellen Umgebung

Stefan Pastel, Dan Bürger, Nicole Bandow & Kerstin Witte - Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

Vergleich von beobachteter und gemessener Rotationszahl bei Snowboard-Freestyle-Tricks auf dem Trampolin

Christian Merz & Axel Schüler - Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig

The influence of running performance on scoring the first goal in a soccer match

Maximilian Klemp¹, Daniel Memmert¹ & Robert Rein¹

¹Deutsche Sporthochschule Köln

Abstract

This study aimed at examining the influence of a team's running performance on its probability of scoring the first goal in a soccer match. A predictive study design was used, controlling for contextual variables, especially score line.

Introduction

Amongst those metrics which are commonly reported post-game, running distance has a prominent role in soccer. However, while running distance is mostly used to assess external load and efforts, its relation to game success is unclear at present.

State of Research

Previous studies on running distance and success have led to contradictory evidence (Asian Clemente, Requena, Jukic, Nayler, Hernandez, & Carling, 2019; Modric, Versic, Sekulic, & Liposek, 2019). Potential reasons for the ambiguous findings could be the use of comparative instead of predictive analyses, ignoring contextual information, and aggregating data over matches and seasons. Furthermore, previous studies suggest that overall running performance may be not as meaningful for success in a football match as high-intensity running (Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009) or in-possession running (Hoppe, Slomka, Baumgart, Weber, & Freiwald, 2015). Therefore, the present study aimed to investigate the relationship between running distance (total, high-intensity and in-possession) and game success in high performance association football. It was the first one to examine the relationship between running performance and success in a football match using predictive analyses. The success in scoring the first goal in a match was examined as a function of the teams' running performance, while controlling for contextual information.

Methods

Spatiotemporal data of a random sample of 122 matches from the German Bundesliga between 2011 and 2015 was analyzed. The relationship between running performance and success was modelled using logistic regression. The ratio of both teams' running distances as well as the team strength were used as independent variables and the team scoring the first goal was used as a dependent variable. The first goal was chosen to ensure a standardized score line. Team strength was derived from the betting odds for a team winning the match. Three models were fit, using total distance, high-intensity running distance and in-possession running distance as independent variables, respectively. Running distance was normalized to minutes played before the first goal and time in possession. Only running distance and possession rates before the first goal were considered. The models' predictive accuracy was evaluated using threefold cross-validation.

Results and Discussion

The main finding of the study was that the ratio of running distances could predict the team scoring the first goal. The model of total running distance and team strength yielded a prediction accuracy of $71 \pm 2\%$ in the three runs of cross validation. The models for high-intensity

running and in-possession running predicted 66 ± 6 % and 68 ± 6 % of matches correctly, respectively. While team strength alone could predict only 56 ± 1 % matches correctly, adding running distance improved the prediction significantly. It is furthermore interesting to note that total distance showed a higher prediction accuracy than high-intensity running or in-possession running.

In summary, the team scoring the first goal in a soccer match can well be predicted by the difference in running performance. Although previous studies suggested a higher importance of high-intensity or in-possession running than overall running, these measures did not show a higher association with success in the present study. From a methodological point of view, in previous studies, the effect for in-possession running might have been due to a lack of normalization and therefore a confounding effect of ball possession rates. High-intensity running, on the other hand, has been shown to be more prone to between-match variations in general (Gregson, Drust, Atkinson, & Salvo, 2010) and may therefore not be suitable as a predictive variable.

We propose three possible mechanisms explaining the positive relationship between running and success. First, a better running performance may result in a higher participation of players in the match and a stronger involvement in actions with the ball. Helgerud, Engen, Wisløff, and Hoff (2001) could show that an exercise-induced improvement in running performance was accompanied by an increase in involvements of the players with the ball. Second, if a team runs more than the opponent, this could be the consequence of fatigue effects in the opposing team. Fatigue has been shown to negatively affect technical performance (Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisloff, 2009) and could therefore lead to an advantage for the less fatigued team. Third, running might be related to reaching tactical aims. Fernandez and Bornn (2018) have proposed a model of space control and have shown how players can generate space by moving. If a movement is necessary to either generate a “free” space in offense or “close” a space in defense, more efforts to generate or close spaces may be reflected in the distance covered.

Future Implications

The present study revealed a positive relationship between running performance and success. The ways in which running affects the probabilities of goal scoring have yet to be elucidated. Further research should clarify the responsible mechanisms for this correlation.

References

- Asian Clemente, J. A., Requena, B., Jukic, I., Naylor, J., Hernandez, A. S. & Carling, C. (2019). Is Physical Performance a Differentiating Element between More or Less Successful Football Teams? *Sports (Basel)*, 7 (10).
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30 (3), 205-212.
- Fernandez, J. & Bornn, L. (2018). Wide Open Spaces: A statistical technique for measuring space creation in professional soccer. *Sloan Sports Analytics Conference*.
- Gregson, W., Drust, B., Atkinson, G. & Salvo, V. (2010). Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *International Journal of Sports Medicine* 31 (04), 237-242.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U. & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (11), 1925-1931.
- Hoppe, M. W., Slomka, M., Baumgart, C., Weber, H. & Freiwald, J. (2015). Match Running Performance and Success Across a Season in German Bundesliga Soccer Teams. *International Journal of Sports Medicine*, 36 (7), 563-566.
- Modric, T., Versic, S., Sekulic, D. & Liposek, S. (2019). Analysis of the Association between Running Performance and Game Performance Indicators in Professional Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (20), 4032.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J. & Wisloff, 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*, 12 (1), 227-233.

FOUL PLAY: Exploring fouling behavior as an indicator of success in European Elite Football Leagues

Ashwin Phatak¹, Robert Rein¹ & Daniel Memmert¹

¹Institute of Exercise Training and Sport Informatics, German Sport University Cologne

Abstract

Fouling in football has been studied from the standpoint of ethics. The present study investigates fouling as an indicator of performance. Normalized fouling (Fouls and cards) from top European leagues were compared to end of season performance. The results suggested that fouling out of possession seems to be positively correlated to success across leagues but is the most effective in the English premier league.

Introduction

'Ball or the man' is a term commonly associated with rough tackling teams in contemporary football. The phrase suggests that any strategy (legal or illegal) which stops an attacker is admissible to ensure game success. Fouls and cards are a measure of evaluating fairness of play in football. They have been examined from an ethical standpoint as methods for evaluating aggression in soccer players (Gümüřdađ, Yıldiran, Yamaner, & Kartal, 2011; Sapp, Spangenburg, & Hagberg, 2018; Tanamati Soares, 2016).

Few studies have investigated the influence of fouls on game success. The majority of studies are focused on correlating attacking KPI's (Key Performance Indices) with performance. There seem to be few studies focusing on defensive KPI's (Sarmiento, Marcelino, Anguera, Campaniço, Matos and Leitão, 2014) especially on fouling. Furthermore, none of the studies so far have accounted for time out of possession when measuring defensive performance. Hence the aim of the present study is to analyze fouling behavior normalizing for out of possession time.

Methods

End of season statistics from the EPL, SA, BL, LaLiga and FL were obtained for the seasons ranging from 2009-10 to 2018-19. Notational statistics for Fouls per game (FPG), fouls which received yellow cards, average possession for the whole season (Percent Possession) and final table performance stats were obtained from www.whoscored.com/

The fouling behavior was coded into three variables after normalizing for time out of possession as follows

$$FPGNorm = FPG / (1 - PercentPossession/100)$$

$$YCFNorm = YC(\text{for fouls}) / (1 - PercentPossession/100)$$

$$YCPFPG = YCF / FPG$$

All the above variables were used to predict end of season points (Pts) and goals conceded (GA) using the following models along with 5-fold cross validation for out of sample validity:

$$Pts \text{ or } GA = Season + (FPGNorm * League)$$

$$Pts \text{ or } GA = Season + (YCFNorm * League)$$

$$Pts \text{ or } GA = Season + (YCPFPG * League)$$

Results and Discussion

The present study confirms that out of possession fouls and the ratio of yellow cards to fouls seem to significantly predict success i.e. low GA and high Pts. YCFNorm predicts success but with low reliability and further research with bigger and more detailed datasets needs to be performed. All models in the present study predict defensive performance better than overall performance (see table 1). Furthermore, all leagues seem to be getting stricter each year. In summary, foul play works best in EPL as compared other leagues. The present study provides a normalization procedure to account for the phase play which is a crucial factor while prediction of success. The results further depict that with large datasets the p-value and R^2 can be an unreliable measure of out of sample validity. Hence the present study uses cross validation for improving the reliability of the results.

Tab. 1. Regression & 5-fold cross validation results for models predicting Pts & GA

Linear Regression Model	P – Value	R^2 Training	R^2 CV ± SD
Pts = Season + FPGNorm*League	1.379e-13	0.082	0.054 ± 0.033
GA = Season + FPGNorm*League	4.922e-13	0.078	0.056 ± 0.011
Pts = Season + YCFNorm*League	6.745e-06	0.042	0.012 ± 0.013
GA = Season + YCFNorm*League	1.439e-05	0.041	0.011 ± 0.015
Pts = Season + YCPFPG*League	3.466e-14	0.084	0.061 ± 0.041
GA = Season + YCPFPG *League	2.28e-14	0.085	0.062 ± 0.043

References

- Gümüşdağ, H., Yıldiran, İ., Yamaner, F. & Kartal, A. (2011). Aggression and fouls in professional football. *Biomedical Human Kinetics*, 3 (1), 67–71. <https://doi.org/10.2478/v10101-011-0015-4>
- Sapp, R. M., Spangenburg, E. E. & Hagberg, J. M. (2018). Trends in aggressive play and refereeing among the top five European soccer leagues. *Journal of Sports Sciences*, 36 (12), 1346–1354. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1377911>
- Sarmiento, H., Marcelino, R., Anguera, M. T., Campaniço, J., Matos, N. & Leitão, J. C. (2014). Match analysis in football: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32 (20), 1831–1843. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.898852>
- Tanamati Soares, J. (2016). Quantitative Analysis of Penalty Kicks and Yellow Card Referee Decisions in Soccer. *American Journal of Sports Science*, 4 (5), 84–89. <https://doi.org/10.11648/j.ajss.20160405.12>

11 gegen 11 Positionsdaten-Experimente zur Untersuchung taktischer Unterschiede zwischen Spielformationen

Dominik Raabe¹, Daniel Memmert¹, Robert Rein¹ & Sebastian Schwab¹

¹Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, Deutsche Sporthochschule Köln

Abstract

Ein experimentelles Positionsdaten-Paradigma erlaubt die kontrollierte Untersuchung taktischer Zusammenhänge im Mannschaftssport. Mit Hilfe eines Feldexperiments können so die Unterschiede zwischen dem 4-2-3-1 und 3-5-2, zwei bekannten Formationen im Fußball, ermittelt werden.

Einleitung

Zahlreiche Spielsysteme sind heutzutage im Profifußball verbreitet, von denen das 4-2-3-1 und das 3-5-2 zu den Prominentesten gehören. Ziel dieser Arbeit ist es, erstmals beide Formationen im Rahmen eines Querschnittsexperiments hinsichtlich Effektivität in taktischer Dimension zu vergleichen (Rein & Memmert, 2016). Der verwendete Versuchsaufbau ermöglicht es, theoriegeleitet Hypothesen über den Effekt von taktischen Maßnahmen auf die Spielleistung aufzustellen und zu überprüfen.

Forschungsstand

Ähnliche Vergleiche zwischen Spielformationen wurden bislang ausschließlich auf physiologischer Ebene (Tierney, Young, Clarke & Duncan, 2016) oder bei Spielen auf Kleinfeld gezogen (Lutz, Memmert, Raabe, Dornberger, & Donath, 2020). Darüber hinaus scheinen Experimente, welche eine Basis für Inferenzaussagen darstellen, im Vergleich zu explorativen post-hoc Analysen offizieller Spieldaten hinsichtlich der Evaluation von taktischen Spielleistungen im 11 gegen 11 Großfeldfußball deutlich unterrepräsentiert (Rein & Memmert, 2016).

Methoden

Beide Spielsysteme wurden von Spielern (62 männliche Teilnehmer im Alter von 23 +/- 3 Jahren mit 14 +/- 7 Jahren Spielerfahrung) auf Amateur- und semiprofessionellem Niveau im 11 gegen 11 auf Großfeld getestet. In insgesamt 144 Durchläufen wurde das Spiel in einer geordneten Grundformation durch die jeweils angreifende Mannschaft mit dem Ziel des Torerfolgs eröffnet und bei Beendigung des Angriffs unterbrochen. Die verteidigende Mannschaft hingegen versuchte in einem 4-4-2 mit Mittelfeldpressing den jeweiligen Angriff zu unterbinden. Positionsdaten aller Spieler und des Balls wurden mit Hilfe eines portablen Trackingsystems von der Firma Kinexon© erhoben. Die taktische Leistung wurde mit mehreren Variablen zur taktischen Spielleistung gemessen und anschließend statistisch ausgewertet. Hier wurde zum einen das Passspiel der angreifenden Mannschaft hinsichtlich der resultierenden Raumkontrollgewinne (Memmert & Raabe, 2018) sowie der Druckeffizienz, der Anzahl von überspielten Gegenspielern unter Berücksichtigung des Gegnerdrucks (Rein, Raabe, & Memmert, 2017), untersucht. Zum anderen kamen literaturtypische Variablen zur Bemessung der effektiv genutzten Fläche (konvexe Hülle über alle aktiven Feldspieler), dem Länge-Breite-Verhältnis (Ausbreitung dieser Hülle in x- und y-Dimension) und dem mittleren Teamabstand (Abstände zum jeweils nächststehenden Gegenspieler) zum Einsatz.

Ergebnisse und Diskussion

Für Parameter der Raumkontrolle konnten keine Unterschiede zwischen beiden Spielformationen gefunden werden ($W = 7433,5$, $p = 0,32$), jedoch zeigten die Spielszenarios im Spielsystem 3-5-2 höhere Werte beim Überspielen gegnerischer Spieler in Drucksituationen ($W = 685$, $p = 0,019$) sowie ein höheres Längen-Breite-Verhältnis ($W = 1141,5$, $p = 0,012$). Die Ergebnisse geben ein Indiz für Vorteile der 3-5-2 Formation hinsichtlich taktischer Aspekte wie der Tiefenstaffelung im Angriffsspiel einer Mannschaft. Der Versuch zeigt insbesondere, dass experimentelle Manipulation von Spielsystemen im 11 gegen 11 zu signifikanten Unterschieden der resultierenden taktischen Dynamik und Leistung führt. Die Resultate sollten daher sowohl in der Leistungsüberwachung als auch in der Trainingssteuerung beachtet werden. Des Weiteren erweist sich der genutzte Versuchsaufbau zum praktischen Vergleich von taktischen Maßnahmen hinsichtlich ausgewählter Parameter als wirkungsvoll.

Ausblick

Das vorgestellte, experimentelle Positionsdaten-Paradigma ist in der Lage, theoriegeleitet taktische Änderungen hinsichtlich erprobter Leistungsindikatoren zu untersuchen. Es bietet dementsprechend eine Möglichkeit, reproduzierbar kausale Zusammenhänge hinsichtlich taktischer Aspekte in den Sportspielen zu untersuchen. Dies ermöglicht die Nutzung zur Evaluation sportlicher Leistung sowohl im wissenschaftlichen als auch sportpraktischen Kontext.

Literatur

- Lutz, J., Memmert, D., Raabe, D., Dornberger, R. & Donath, L. (2020). Wearables for integrative performance and tactic analyses: Opportunities, challenges, and future directions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (1), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010059>
- Memmert, D. & Raabe, D. (2018). *Data Analytics in Football. Positional Data Collection, Modelling and Analysis*. Abingdon: Routledge.
- Rein, R. & Memmert, D. (2016). Big data and tactical analysis in elite soccer: future challenges and opportunities for sports science. *SpringerPlus*, 5 (1), 1410. doi: 10.1186/s40064-016-3108-2
- Rein, R., Raabe, D. & Memmert, D. (2017). "Which pass is better?" Novel approaches to assess passing effectiveness in elite soccer. *Human movement science*, 55, 172-181.
- Tierney, P. J., Young, A., Clarke, N. D. & Duncan, M. J. (2016). Match play demands of 11 versus 11 professional football using Global Positioning System tracking: Variations across common playing formations. *Human movement science*, 49, 1-8.

Orientierungsfähigkeit in der realen und virtuellen Umgebung

Stefan Pastel¹, Dan Bürger¹, Nicole Bandow¹ & Kerstin Witte¹

¹Bereich: Sportwissenschaft, Lehrstuhl für Sport und Technik/

Bewegungswissenschaft, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg



Abstract

Gegenstand der Studie ist die räumliche Orientierung zu Objekten in einer virtuellen Umgebung im Vergleich zur realen Umgebung. Es konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Differenz zwischen Standpunkt der Proband/innen und dem Objekt zwischen beiden Umgebungen gefunden werden.

Einleitung

Virtuelle Realität (VR) wird zunehmend als Trainingstool im Sport eingesetzt (Rojas Ferrer, Shishido, Kitahara, & Kameda, 2020). Trotz des technischen Fortschrittes und verbesserter Implementierung virtueller Welten ist es unklar, ob die menschliche Wahrnehmung in VR vergleichbar ist mit der in der realen Umgebung. Ein wesentlicher Bestandteil, sich im Raum gezielt zu Objekten bewegen bzw. orientieren zu können, ist die richtige Einschätzung der notwendigen Körperdrehung zum Objekt. Um zu überprüfen, ob die Orientierungsfähigkeit in der VR vergleichbar zu der in der realen Welt ist, sind gezielte Studien notwendig.

Forschungsstand

Die meisten Studien haben sich hauptsächlich mit der räumlichen Navigierung beschäftigt, welche die Fähigkeit prüft, sich in neuen Umgebungen, wie beispielsweise einem Häuserkomplex oder fremden Gebäude zu orientieren (Carbonell-Carrera & Saorin, 2018; Rüdell, Ganser & Koschke 2018). Das Ziel dieser Studie ist es zu überprüfen, ob die Orientierung zu vorgegebenen Objekten in unterschiedlichen Distanzen und Richtungen zum Körper in der virtuellen Welt sich ähnlich verhält wie in der realen Welt. Zu klären ist weiterhin, ob das aktive und zielgerichtete Bewegen in beiden Bedingungen gleichermaßen erfolgen kann und ob sich die Qualität der Orientierungsfähigkeit in VR im zeitlichen Verlauf aufgrund der Gewöhnung an die VR verbessert.

Methoden

18 Proband/innen mussten sich sowohl in der realen als auch in der virtuellen Realität zu vier räumlich unterschiedlich platzierten Objekten (Pylone, Ball, Ergometer und Stange) hinbewegen. Zunächst durften die Proband/innen von einer vordefinierten Startposition 15 Sekunden lang das jeweilige Objekt anschauen und somit die Entfernung und Richtung abschätzen. Danach wurde die Sicht blockiert und sie sollten sich zu dem Objekt bewegen. Um das Signal der Basisstationen der VR-Anwendung aufrecht zu erhalten, waren die Objekte zur Startposition unterschiedlich entfernt (0 ° bei 1,56 m, 45 ° bei 2,98 m, 180 ° bei 2,16 m und 225 ° bei 2,05 m). Mit Hilfe des Vicon-Nexus-Trackingsystems wurden die Bewegungen der Proband/innen aufgezeichnet. Die Proband/innen sollten sich zuerst zum Objekt hinbewegen und dann mit ihrer präferierten Hand angeben, wo sie das Objekt in der Szene vermuten. Hierzu wurde auf dem Mittelhandknochen des Zeigefingers ein Marker platziert, mit dessen Hilfe die radiale Abweichung (in cm) hin zu dem Objekt, auf dem sich ebenfalls ein Marker befand, berechnet wurde. Mit Hilfe des Trackingsystems wurde der Abstand zwischen der Hand und dem Objekt bestimmt. Da sich die Proband/innen in beiden Umgebungen zu den Objekten orientieren sollten, wurde die Anordnung der Objekte über verschiedene Positionen

variiert, um den Lerneffekt zu reduzieren und die Konzentrationsfähigkeit der Proband/innen zu fördern. Die Anordnung der Objekte erforderte verschiedene Ganzkörperdrehungen. Um einen möglichen Gewöhnungseffekt der Einschätzungen über die Zeit in der VR ermitteln zu können, erfolgten zwei Durchgänge.

Der Shapiro-Wilk Test hat gezeigt, dass keine Normalverteilung innerhalb des Datensatzes vorliegt. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test wurde genutzt, um die Abstände zwischen den verschiedenen Bedingungen zu vergleichen. Mit Hilfe des Friedman-Tests wurde der Vergleich zwischen den Körperrotationen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Es existieren keine Unterschiede zwischen virtueller und realer Umgebung in Bezug auf die verschiedenen Körperrotationen zu den Objekten ($p > 0,05$).

Der Friedman-Test zeigte, dass es keinen Unterschied innerhalb der Abweichungen zwischen den Körperrotationen in der VR (45 °, 180 ° und 225 °) gibt ($\chi^2(5) = 9,111, p = 0,105$). Bei der 0 °-Rotation musste im Gegensatz zu den anderen nur die Distanz zu dem jeweiligen Objekt geschätzt und durch geradlinige lokomotorische Bewegung überwunden werden, weshalb die Abweichungen hierbei am geringsten waren. Die Distanzeinschätzungen innerhalb der VR sind aufgrund der hochwertigen Qualität der head-mounted Displays (HMDs) und der hohen Rechenleistung heutiger Computer ohne Probleme möglich.

Sowohl in der realen als auch in der virtuellen Umgebung ergaben sich bei allen Objekten mit unterschiedlichen Körperrotationen keine Unterschiede zwischen den beiden Durchgängen ($p > 0,05$), womit kein Lerneffekt nachgewiesen werden konnte. Jede/r Proband/in absolvierte die Testreihe unter 15 Minuten inklusive Unterbrechungen, was dafür gesorgt haben könnte, dass noch keine Gewöhnung an die Umgebung stattfand, aber auch so Cybersickness vermieden werden konnte.

Ausblick

Um weitere Aussagen über die Qualität der Abweichung hin zu den Objekten treffen zu können, sollten die Über- oder Unterschätzungen in Betracht gezogen werden. Im Sport sind die Entfernungen der Gegner oder der Mitspieler deutlich größer. Hinzu kommt, dass in der vorliegenden Studie nur statische Objekte berücksichtigt wurden. Außerdem erhielten die Proband/innen Informationen über den Standort der Objekte lediglich von der reinen visuellen Betrachtung. Weitere Untersuchungen mit realitätsnäheren Bedingungen könnten mehr Aufschluss über die Orientierungsfähigkeit in der VR hinsichtlich sportbezogener Szenarien geben.

Literatur

- Carbonell-Carrera, C. & Saorin, J. L. (2018). Virtual Learning Environments to Enhance Spatial Orientation. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14 (3), 709-719. <https://doi.org/10.12973/ejmste/79171>
- Rojas Ferrer, C. D., Shishido, H., Kitahara, I. & Kameda, Y. (2020). Read-the-game: System for skill-based visual exploratory activity assessment with a full body virtual reality soccer simulation. *PLoS One*, 15 (3), e0230042. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230042>
- Rüdel, M.-O., Ganser, J. & Koschke, R. (2018). A Controlled Experiment on Spatial Orientation in VR-Based Software Cities. *2018 IEEE Working Conference on Software Visualization (VISSOFT)*, 21–31. <https://doi.org/10.1109/VISSOFT.2018.00011>

Vergleich von beobachteter und gemessener Rotationszahl bei Snowboard-Freestyle-Tricks auf dem Trampolin

Christian Merz¹ & Axel Schüler¹

¹Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig

Abstract

Mittels kinematischer Analyse konnte die Rotationszahl bei 33 von 40 Videoaufnahmen von Snowboard-Freestyle-Tricks mit einer maximalen Abweichung von 70° zur beobachteten Rotationszahl gemessen werden. Die relative Abweichung lag bei 37 der 40 Tricks unter 10 %.

Einleitung

Snowboard-Freestyle-Tricks sind akrobatische Sprünge mit Rotationen um mindestens eine Körperachse (Bacik et al., 2020; Muñoz, García-Rubio, Ramos, León & Collado-Mateo, 2018). Die Rotationszahl eines Tricks entspricht der Summe der Rotationen um alle drei Körperachsen (Harding, Mackintosh, Hahn & James, 2008; Muñoz et al., 2018) und ist Teil der Trickbezeichnung. Dabei ist entscheidend, welche Rotationszahl das Snowboard vollführt. Diese muss nicht identisch mit der Rotationszahl der Athleten/innen sein. Die gemessene Rotationszahl kann in der Trainingspraxis als Kriterium zur Bewegungsqualität, zur Trickbestimmung und im Zusammenhang mit der gemessenen Rotationszahl des Athleten zur Bewegungsoptimierung dienen. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, ein Messverfahren zu entwickeln, welches die beobachtete Rotationszahl möglichst genau bestimmt. Des Weiteren sollen Tricks mit starker Abweichung herausgefiltert werden, um spezifische Bewegungen zu charakterisieren, die zu abweichenden Messungen führen.

Forschungsstand

In der aktuellen Literatur gibt es von Harding et al. (2008) eine Untersuchung zur Flugzeit und zur Rotationszahl in der Halfpipe, die mithilfe eines Gyroskops ermittelt wird. Trabert und Ferger (2019) nutzen ein Gyroskop und einen Beschleunigungssensor im Trampolinturnen, um anhand der Rotationsbewegung das Element erfolgreich zu bestimmen. Von Kurpiers, McAlpine und Kersting (2017) gibt es eine Untersuchung zur Landeposition, bei der die Rotationszahl aus dem Videobild in 45°-Kategorien abgeschätzt wird.

Methoden

Die Snowboard-Freestyle-Tricks ($N = 40$; Halfpipetricks: $n = 18$; Kickertricks: $n = 22$) mit 540° – 1260° Rotation wurden auf dem Off-Snow Trainingsgerät Trampolin (Eurotramp „Freestyle“) am Bundesstützpunkt Berchtesgaden von vier Bundeskaderathleten der deutschen Snowboard-Freestyle-Nationalmannschaft (männlich, Perspektivkader; Alter: $19 \pm 2,2$ Jahre; Größe: $174,5 \pm 2,5$ cm; Gewicht: $66,7 \pm 4,4$ kg; ein Regular- und drei Goofy-Fahrer) ausgeführt und mit acht Kameras (150 Hz) aufgezeichnet. Aus den Videoaufzeichnungen wurden mit dem markerlosen Trackingsystem Simi Shape 3D (Simi Reality Motion Systems GmbH, Unterschleißheim) die Gelenkpunkte erfasst, aus denen die Gesamtrotation wie folgt bestimmt wurde: Den drei Punkten Knöchel rechts, Knöchel links und Körperschwerpunkt wurde Bild für Bild ein normiertes orthogonales Koordinatensystem (Dreibein) zugeordnet. Die jeweiligen Drehwinkel zweier aufeinanderfolgender Dreibeine, welche auch die momentane Winkelgeschwindigkeit definieren, werden zur *gemessenen Rotationszahl* summiert. Dagegen wurde von vier erfahrenen Auswertern die Gesamtrotation mithilfe des Videobildes

in Anlehnung an Kurpiers et al. (2017) bestimmt und deren Mittelwert als *beobachtete Rotationszahl* definiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die gemessene Rotationszahl liegt im Durchschnitt um $40,3^\circ \pm 30,6^\circ$ unterhalb der beobachteten Rotationszahl (siehe Abb. 1). Bei 33 von 40 Tricks ist die Differenz kleiner als 70° ; bei 37 von 40 Tricks ist der relative Fehler kleiner als 10 %. Dies bestätigt das Messverfahren als geeignetes Mittel zur Bestimmung der Rotationszahl. Bei den sieben Tricks (in Abb. 1 rot markiert) mit Abweichungen größer als 70° handelt es sich um Corks; Tricks mit Rotationen um mehrere Körperachsen, bei denen die Körperlängsachse „kreiselt“ und dabei einfache oder mehrfache Kippbewegungen vollführt. Diese Bewegungscharakteristik spiegelt sich im Verlauf der drei Drehwinkelkomponenten wieder. Reine Schraubensprünge (Rotation um die Körperlängsachse) und reine Saltosprünge (Rotation um die Körperbreiten- oder -tiefenachse) zeigen einen monotonen Verlauf der drei Drehwinkelkomponenten. Diese Tricks werden durch die gemessene Gesamttotation gut erkannt. Bei Corks hingegen haben zwei der drei Komponenten einen sinusartigen, schwingenden Verlauf.

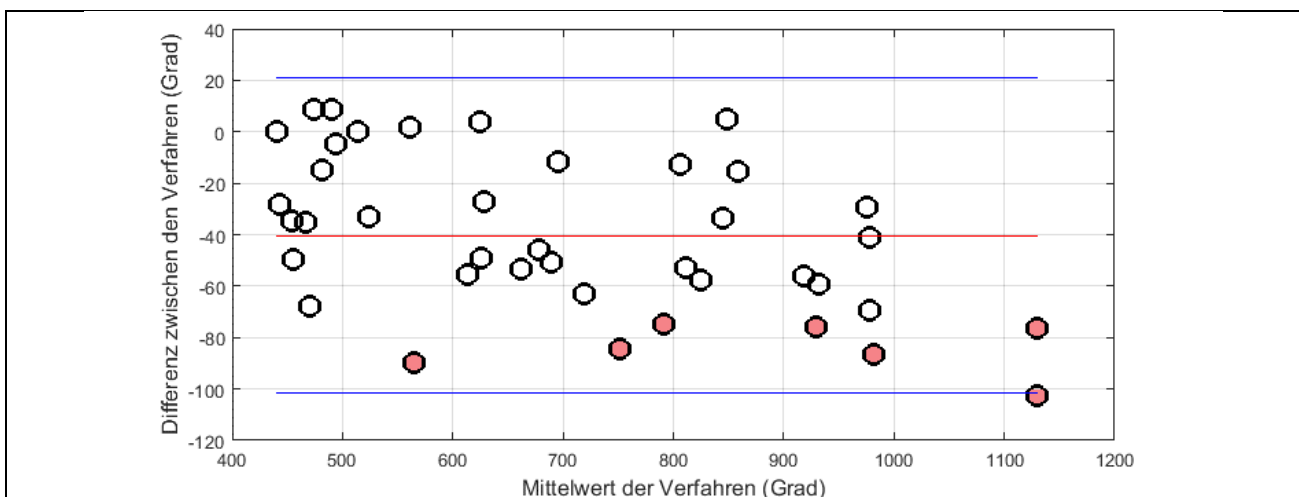


Abb. 1. Bland-Altman-Diagramm zur gemessenen und beobachteten Rotationszahl bei Snowboard-Freestyle-Tricks auf dem Trampolin. Rot markiert sind die Tricks mit mehr als 70° Abweichung.

Ausblick

In Folgeuntersuchungen soll die Berechnung so optimiert werden, dass diese auch die Gesamttotation bei Cork-Sprüngen verlässlich wiedergeben kann.

Literatur

- Bacik, B., Kurpas, W., Marszałek, W., Wodarski, P., Sobota, G., Starzyński, M. & Gzik, M. (2020). Movement Variability During the Flight Phase in a Single Back Sideflip (Wildcat) in Snowboarding. *Journal of human kinetics*, 72, 29–38.
- Harding, J. W., Mackintosh, C. G., Hahn, A. G. & James, D. A. (2008). Classification of aerial acrobatics in elite half-pipe snowboarding using body mounted inertial sensors. In M. Estivalet & P. Brisson (Hrsg.), *The Engineering of Sport 7*, (S. 447–456), Biarritz: Springer.
- Kurpiers, N., McAlpine, P. & Kersting, U. G. (2017). Predictors of falls in recreational snowboard jumping: An observational study. *Injury*, 48 (11), 2457–2460.
- Muñoz, J., García-Rubio, J., Ramos, D., León, K. & Collado-Mateo, D. (2018). Effects of Jump Difficulty on the Final Performance in Snowboard-Slopestyle-Winter Olympic Games, Sochi 2014. *Annals of Applied Sport Science*, 6 (2), 15–21.
- Trabert, N. & Ferger, K. (2019). Fliffis, Triffis, Rudy - Sprungerkennung im Trampolinturnen. In G. Thienes, D. Glage & K. Randl (Hrsg.), *Turnen trainieren und vermitteln* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 287, S. 61–66). Hamburg: Feldhaus, Czwalina.



Session Multimedia, e-Learning und Computerspiele, e-Sport

Qualitätskriterien für Serious Games am Beispiel Exergames

Katrin Hoffmann, Polona Caserman, Marcel Schaub, Katharina Strassburg, Philipp Niklas Müller, Josef Wiemeyer, Regina Bruder & Stefan Göbel - Technische Universität Darmstadt

E-Sport in Deutschland – Neue Erkenntnisse zu Gesundheit, Stress und Wohlbefinden

Konstantin Wechsler, Kevin Rudolf, Chuck Tholl, Peter Bickmann, Ingo Froböse & Christopher Grieben - Deutsche Sporthochschule Köln

Blickverhalten von professionellen und nicht-professionellen E-Sportlern in der Fußballsimulation FIFA 19

Peter Bickmann, Konstantin Wechsler, Kevin Rudolf, Chuck Tholl, Ingo Froböse & Christopher Grieben - Deutsche Sporthochschule Köln

Athletics@Home – der Einsatz von E-Learning & Co. in Sportartenseminaren während der Corona-Pandemie am Beispiel Leichtathletik

Uli Fehr - Universität Bayreuth

Qualitätskriterien für Serious Games am Beispiel Exergames

Katrin Hoffmann¹, Polona Caserman¹, Marcel Schaub¹, Katharina Straßburg¹, Philipp Niklas Müller¹, Josef Wiemeyer¹, Regina Bruder¹ & Stefan Göbel¹

¹Technische Universität Darmstadt

Abstract

Im Paper wird die Entwicklung von Qualitätsbereichen für hochqualitative Serious Games skizziert. Qualitätsdimensionen und relevant Qualitätsaspekte für die Kernelemente „Serious Part“, „Game Part“, „Passung“ und „Technologie“ werden am Beispiel von Exergames verdeutlicht.

Einleitung

Computerspiele, welche als „Serious Games“ gekennzeichnet sind, haben den Anspruch, neben einem motivierenden und unterhaltenden Spielerlebnis auch ein sogenanntes Characterizing Goal zu erfüllen (Dörner, Göbel, Effelsberg & Wiemeyer, 2016). Demnach sollen diese Spiele unter anderem die Anwendung von gelerntem Wissen unterstützen, die Akzeptanz und das Verständnis von medizinischen Behandlungen steigern oder die körperliche Aktivität erhöhen. Insbesondere Exergames haben in den letzten Jahren verstärkt an Aufmerksamkeit gewonnen. Eine sinnvolle Einbindung von Trainings- oder Bewegungswissenschaft in ein fesselndes Computerspiel ist allerdings sehr anspruchsvoll und gelingt nicht immer. Es mangelt an Richtlinien für die Entwicklung und Umsetzung von attraktiven und effektiven Exergames.

Ziel des Papers ist die Darstellung von entwickelten Qualitätskriterien für Exergames im Projekt „Wissens- und Technologietransfer Serious Games“ (WTT – Serious Games) der Technischen Universität Darmstadt.

Methoden

Das Projekt WTT – Serious Games will wissenschaftliche Expertise in die unternehmerische Praxis bringen und damit die Entwicklung qualitativ hochwertiger Serious Games fördern. In dem interdisziplinären Projekt arbeiten Fachexpert/innen aus den Bereichen Informatik, Sportwissenschaft, Mathematikdidaktik und Game Design eng zusammen.

Die Grundlage der Qualitätskriterien stellt das Serious Games Metadaten Format DIN SPEC 91380 dar (Göbel et al., 2018). Diese DIN Norm definiert die semantische Grundlage zur einheitlichen Beschreibung von Serious Games. Anschließend wurde im Projekt anhand von ausführlichen Literaturrecherchen, Diskussionen mit Fachexpert/innen aus den Bereichen Spieleentwicklung, Forschung und Lehre, IT-Dienstleister/innen, Anwender/innen und Konsument/innen sowie der Analyse von Best Practice Beispielen Qualitätskriterien entwickelt. Der Fokus der Entwicklung der Qualitätskriterien lag auf digitalen Serious Games.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden vier Qualitätsdimensionen definiert, die weiterhin in mehrere Qualitätskriterien unterteilt werden (siehe Abbildung 1). Diese Kriterien wurden entwickelt, um für jegliche Arten von Serious Games anwendbar zu sein. Im Folgenden werden diese Bereiche für Exergame genauer herausgearbeitet und spezifiziert.

Qualitätsbereich *Serious Part* – Trainingsinhalt

Das Exergame sollte ein klar definiertes Trainingsziel fokussieren. Dieses Ziel darf keine Fehlbewegungen oder -haltungen hervorrufen oder umgangen werden können. Eingesetzte Trainingsmethoden sollten zielgruppenorientiert umgesetzt und didaktisch strukturiert werden. Trainingseffekte sollten nachhaltig und effektiv sein. Feedback und Belohnung sollte angemessen eingesetzt werden.

Qualitätsbereich *Game Part*

Das Exergame sollte positive Spielerfahrung, z.B. Flow hervorrufen. Eine Bindung an das Spiel und das Training im Speziellen sollte erzeugt werden. Die individuellen Präferenzen der unterschiedlichen Spieler/innentypen sollten berücksichtigt oder zielgruppengerecht gestaltet werden. Eine adaptive Anpassung an das Spielniveau der Spielenden und variierendes Gameplay muss gewährleistet sein. Sound und Grafik sollten angemessen und zielgruppengerecht gewählt sein.

Qualitätsbereich *Balance* – Passung zwischen Trainingsinhalt und Game Design

Für die Passung müssen die Trainingsinhalte in das Spiel und in einzelne Spielelemente integriert werden. Die Spielelemente sollten demnach nicht losgelöst vom Training stattfinden sondern sinnvoll miteinander verbunden werden.

Qualitätsbereich *Interaction Technologie* – technologische Umsetzung

Die technologische Umsetzung sollte zielgruppengerecht erfolgen (z.B. den körperlichen oder mentalen Fähigkeiten der Spielenden entsprechen) und ein intuitives Gameplay ermöglichen. Der Trainingsprozess darf durch die technische Umsetzung nicht gestört oder verzögert werden. Die eingesetzte Technologie darf keine Beeinträchtigungen oder Gefährdungen der Spielenden hervorrufen. Weiterhin soll sichergestellt werden, dass die Bewegungen akkurat erfasst werden. Die Bewegungsausführung der Übungen müssen demnach korrekt erfolgen, wodurch ein Cheaten verhindert wird.

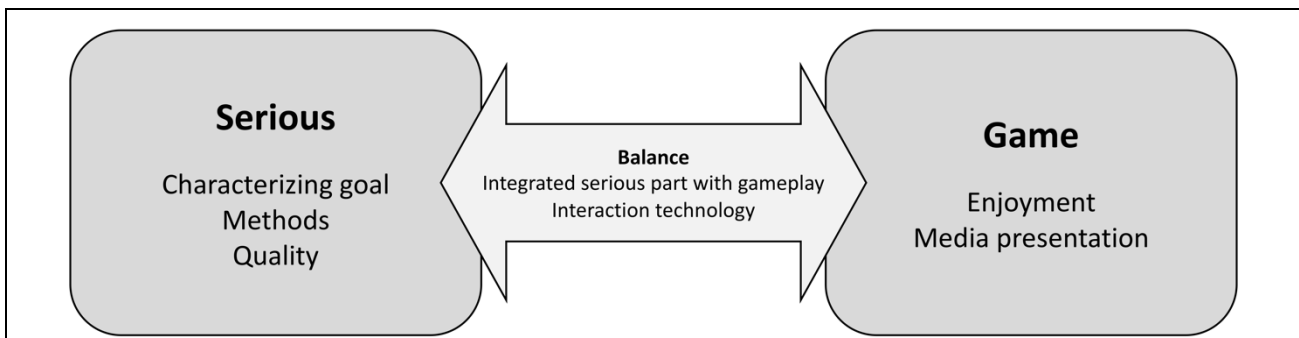


Abb.1. Qualitätsbereiche für Serious Games.

Ausblick

Die entwickelten Qualitätsbereiche sollen in weiteren Untersuchungen evaluiert werden. Weiterhin soll aufbauend auf diesen Bereichen ein Qualitätssiegel entwickelt werden.

Literatur

DIN SPEC 91380:2018-06, *Serious Games Metadata Format*. Berlin: Beuth.

Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W. & Wiemeyer, J. (2016). *Serious Games: Foundation, concepts and practice*. Springer International Publishing.

E-Sport in Deutschland – Neue Erkenntnisse zu Gesundheit, Stress und Wohlbefinden

Konstantin Wechsler¹, Kevin Rudolf¹, Chuck Tholl¹,
Peter Bickmann¹, Ingo Froböse¹ & Christopher Grieben¹

¹Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention
und Rehabilitation, Deutsche Sporthochschule Köln



Abstract

Die durchgeführte Onlinebefragung bei rund 1200 E-Sportlern/innen unterschiedlicher Leistungsstufen zeigt, dass besonders hoher Medienkonsum und lange Sitzzeiten Ansätze für Gesundheitsförderung bieten. Wohlbefinden und Stresslevel waren hingegen unauffällig.

Einleitung

Die Zahl der Videospieler/innen und kompetitiven E-Sportler/innen sowie der E-Sport-Zuschauer/innen in Deutschland steigt permanent. Aktuell ist wenig über das Gesundheits- und Schlafverhalten oder das Stressniveau der Zielgruppe bekannt. Das Ziel der 2019 zum zweiten Mal durchgeführten Befragung war es, wiederkehrende Parameter sowie neu erhobene Daten mit Werten aus der Literatur zu vergleichen.

Methoden

Zwischen April und September 2019 wurden 1214 in Deutschland lebende Personen auf E-Sportveranstaltungen oder in Internetforen und Plattformen mit E-Sportbezug via Onlinefragebogen befragt. Die Teilnehmer/innen konnten entweder vor Ort bereitgestellte Tablets nutzen, oder mittels ihres eigenen Endgerätes einen Link zur Umfrage abrufen. Inhalte des Fragebogens waren demographische Daten, Spiel-, Mediennutzungs- und Bewegungsverhalten sowie subjektive Gesundheit, Schlaf, Stressbelastung und Wohlbefinden. Die Daten wurden deskriptiv ausgewertet und mögliche Zusammenhänge mittels partieller Spearman-Korrelationen (da Daten nicht normalverteilt, Gesundheitswahrnehmung ordinal skaliert; alle kontrolliert für Alter, Geschlecht, Bildung) untersucht.

Ergebnisse

Die Stichprobe war vorwiegend männlich (88 %), gut gebildet (67,2 % mind. Abitur) und im Mittel 22,8 (SD: 5,3, Median: 22) Jahre alt. Die durchschnittlichen Werte lagen für den BMI bei 24,8 (SD: 5,0, Median: 23,9) kg/m² und für Videospieldauer bei 230,6 (SD: 164,9, Median: 180, linkssteile, rechtsschiefe Verteilung) Min/Tag. Andere Medien wurden ebenfalls ausgiebig und teils parallel genutzt, hier haben Streams und Videos mit Gamingbezug (MW: 104,9, SD: 108,6, Median: 60, Min/Tag, linkssteile rechtsschiefe Verteilung) und Messenger- bzw. Voicechat-Dienste (MW: 178,7, SD: 181,6, Median: 120, Min/Tag, linkssteile rechtsschiefe Verteilung) einen großen Anteil. Die mittlere Sitzzeit betrug 7,1 (SD: 3,5, Median: 7,0) Std/Tag. Die meisten Befragten gaben an, einen „sehr guten“ bis „exzellenten“ Gesundheitszustand zu haben (52,4 %), damit in Einklang gaben 80 % der Befragten ein Bewegungsverhalten an, das die Empfehlungen der WHO erfüllt. Dies ist deutlich mehr als in der Gesamtbevölkerung (42,6 % der Frauen und 48 % der Männer) und der Untergruppe der 18-29-Jährigen (45,2 % der Frauen und 56,7 % der Männer) (Finger, Mensink, Lange & Manz, 2017). Die Schlafdauer lag im Mittel bei 7,4 (SD: 1,7, Median 7,5) Stunden an Werktagen. Knapp die Hälfte der Befragten weist einen „moderaten“ (47,6 %) oder „hohen Stress-

level“ (2,2 %) auf. Beim psychischen Wohlbefinden wurde ein Mittel von 60 (SD: 16,7, Median: 60) aus 100 möglichen Punkten erreicht. Das ermittelte Wohlbefinden zeigte einen positiven Zusammenhang sowohl mit der online ($\rho = ,159$) als auch offline ($\rho = ,291$) mit Freunden verbrachten Zeit (beide $p < ,001$). Ein schwacher negativer Zusammenhang zeigte sich zwischen der individuellen Gesundheitswahrnehmung und der Zeit, die insgesamt mit Videospiele verbracht wird ($\rho = -,126$; $p < ,001$).

Diskussion

Der gute Gesundheitszustand sowie die hohe Zahl an Personen, welche die Bewegungsempfehlungen erfüllen, stehen der langen Sitzzeit einhergehend mit der hohen Mediennutzungs- und Videospieldzeit gegenüber. Auch die schlechtere Beurteilung der eigenen Gesundheit mit steigender Spielzeit offenbart Handlungsbedarf. Im Gegensatz dazu weisen die positiven Ergebnisse im Bereich Stress und Wohlbefinden auf weniger Probleme als erwartet hin.

Ausblick

Der Bedarf der Zielgruppe wird immer präziser bestimmt und bietet Chancen für die Entwicklungen von gesundheitsfördernden Maßnahmen. Insbesondere die bekannten negativen Effekte von Bildschirmzeit (Busch, Manders & Leeuw, 2013) und Sitzzeit (Dunstan, Howard, Healy & Owen, 2012) bieten hierfür erste Ansätze.

Literatur

- Busch, V., Manders, L. A. & Leeuw, J. R. J. de. (2013). Screen time associated with health behaviors and outcomes in adolescents. *American journal of health behavior*, 37 (6), 819-830. doi: 10.5993/AJHB.37.6.11
- Dunstan, D. W., Howard, B., Healy, G. N. & Owen, N. (2012). Too much sitting—a health hazard. *Diabetes research and clinical practice*, 97 (3), 368-376. doi: 10.1016/j.diabres.2012.05.020
- Finger J.D., Mensink G.B.M., Lange C. & Manz K. (2017). Gesundheitsfördernde körperliche Aktivität in der Freizeit bei Erwachsenen in Deutschland. *Journal of Health Monitoring*, 2, 37–44. doi: 10.17886/RKI-GBE-2017-027

Blickverhalten von professionellen und nicht-professionellen E-Sportlern in der Fußballsimulation FIFA 19

Peter Bickmann¹, Konstantin Wechsler¹, Kevin Rudolf¹,
Chuck Tholl¹, Ingo Froböse¹ & Christopher Grieben¹

¹Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation, Deutsche Sporthochschule Köln



Abstract

Das Blickverhalten (Fixationsanzahl, -dauer, -ort) von 21 E-Sportlern wurde mittels Eye-Tracking während des Spielens der Fußballsimulation FIFA 19 analysiert. In offensiven Situationen fixierten Profispieler das Radar häufiger und eigene Mitspieler kürzer als Amateurspieler.

Einleitung

Im traditionellen Sport beschäftigen sich zahlreiche Studien mit dem Blickverhalten von Sportlern unterschiedlichen Leistungsniveaus (Hüttermann, Noël & Memmert, 2018). Optimierte Blickstrategien ermöglichen Profisportlern Vorteile, wie eine bessere Antizipationsfähigkeit gegenüber Amateuren (Williams & Abernethy, 2012).

Forschungsstand

Der Forschungsbereich E-Sport ist in den letzten Jahren stark gewachsen (Reitman, Anderson-Coto, Wu, Lee & Steinkuehler, 2020). Allerdings gibt es kaum Erkenntnisse zu Fähigkeiten und Leistungsfaktoren im E-Sport (Pedraza-Ramirez, Musculus, Raab & Laborde, 2020). Es ist unklar, welche Fähigkeiten einen professionellen von einem nicht-professionellen E-Sportler unterscheiden. Ziel dieser Studie war es daher, das Blickverhalten als Leistungsfaktor von E-Sportlern unterschiedlichen Leistungsniveaus zu analysieren und zu vergleichen.

Methoden

Das Blickverhalten von Profispielern ($N = 11$) und Amateurspielern ($N = 10$) wurde über die Dauer eines gesamten Spiels in der Fußballsimulation FIFA 19 mittels Eye-Tracking aufgenommen. Die Ergebnisse wurden hinsichtlich Fixationsanzahl und -dauer statistisch zwischen den beiden Gruppen verglichen (T-Test für unabhängige Stichproben). Zusätzlich wurden neun Fixationsorte in offensiven Spielsituation manuell analysiert und ebenfalls verglichen. Diese eigens definierten Fixationsorte waren unter anderem der eigene gesteuerte Spieler, der direkt angespielte und alle weiteren Mitspieler, verschiedene Gegenspieler, der Ball oder das Radar. Bei dem Radar handelt es sich um eine kleine Übersichtskarte über das Spielfeld in der Mitte des unteren Bildschirmrandes. Die Karte zeigt alle 22 Spieler sowie den Ball. So kann der E-Sportler auch Teile des Spielfelds abseits des aktuellen Bildausschnitts überblicken.

Ergebnisse und Diskussion

Über die gesamte Spieldauer zeigen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich Fixationsanzahl und -dauer zwischen den beiden Untersuchungsgruppen. Profispielern hatten im Durchschnitt 168,92 ($SD: 24,01$) Fixationen pro Minute bei einer durchschnittlichen Länge von 306,99 ($SD: 62,13$) Millisekunden. Bei den Amateurspielern waren es im Durchschnitt 158,09 ($SD: 22,41$) Fixationen pro Minute bei einer Länge von 332,71 ($SD: 57,10$) Millisekunden. In offensiven Spielsituationen fixieren professionelle

Spieler das Radar signifikant häufiger als nicht professionelle Spieler ($t(17,23) = 2,92, p = 0,010, r = 0,58$) und nicht direkt angespielte Mitspieler signifikant kürzer ($t(19) = -2,72, p = 0,014, r = 0,53$). Darüber hinaus unterscheiden sich beide Gruppen hinsichtlich der untersuchten Parameter in offensiven Spielsituationen statistisch nicht weiter voneinander. Zur besseren Einordnung dieser Ergebnisse sollte allerdings erwähnt werden, dass insgesamt nur etwa 3,32 % aller Fixationen in offensiven Spielsituationen auf das Radar entfallen. Im Hinblick auf das Radar unterscheiden sich Profi- und Amateurspieler also bei einem Fixationsort, der nur selten fixiert wird. Auf die nicht direkt angespielten Mitspieler entfallen etwa 16,01 % der Fixationen. Diese werden deutlich häufiger fixiert. Ein statistischer Unterschied in der Fixationslänge scheint an diesem Fixationsort daher noch aussagekräftiger.

Ausblick

Nach diesen Ergebnissen kann sich das Blickverhalten von professionellen und nicht-professionellen Spielern im E-Sport unterscheiden. Da Unterschiede allerdings nur in zwei eigens definierten Fixationsorten in bestimmten Spielsituationen festgestellt werden konnten, sollte das Blickverhalten nicht primär zu den entscheidenden Leistungsfaktoren im E-Sport gezählt werden. Es ist weitere Forschung notwendig, um mögliche Leistungsfaktoren herauszustellen. Das Eye-Tracking eignet sich in der Zukunft eher als Analyse- und Trainingswerkzeug im Bereich E-Sport.

Literatur

- Hüttermann, S., Noël, B. & Memmert, D. (2018). Eye tracking in high-performance sports: Evaluation of its application in expert athletes. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17 (2), 182-203. doi:10.2478/ijcss-2018-0011
- Pedraza-Ramirez, I., Musculus, L., Raab, M. & Laborde, S. (2020). Setting the scientific stage for esports psychology: a systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6 (3), 1-34. doi:10.1080/1750984X.2020.1723122
- Reitman, J. G., Anderson-Coto, M. J., Wu, M., Lee, J. S. & Steinkuehler, C. (2020). *Esports Research: A Literature Review*. *Games and Culture*, 15 (1), 32-50. doi:10.1177/1555412019840892
- Williams, A. M. & Abernethy, B. (2012). Anticipation and Decision Making: Skills, Methods, and Measures. In G. Tenenbaum, R. C. Eklund & A. Kamata (Eds.), *Measurement in sport and exercise psychology* (S. 191-202). Champaign, IL: Human Kinetics.

Athletics@Home – der Einsatz von E-Learning & Co. in Sportartenseminaren während der Corona-Pandemie am Beispiel Leichtathletik

Uli Fehr¹

¹Universität Bayreuth



Abstract

Der Beitrag zeigt Möglichkeiten zur Durchführung einer universitären, sportpraktischen Lehrveranstaltung am Beispiel Leichtathletik ohne Präsenztermine mithilfe von E-Learning, Smartphones und Freewareprogrammen auf.

Einleitung und Ausgangssituation

Die Kontaktbeschränkungen durch die Corona-Pandemie führten an Universitäten zu einem weitgehend virtuellen Sommersemester, was für sportpraktische Veranstaltungen eine ungleich größere Herausforderung darstellte als für viele andere Veranstaltungsformate.

In Bayreuth standen in den Lehramtsstudiengängen zwei von vier Semesterwochenstunden der Leichtathletikausbildung aus, um den Kursabschluss zu ermöglichen. In Bayern waren Lehrveranstaltungen, die „besondere Labor- oder Arbeitsräume“ erfordern (Universität Bayern e.V., 2020) unter Auflagen grundsätzlich statthaft, dies wurde lokal jedoch unterschiedlich genutzt – in Bayreuth blieben die universitären Sportanlagen bis Ende Juni komplett geschlossen. Es galt daher unter Berücksichtigung sämtlicher Infektionsschutzregelungen und ohne Nachteile für die Studierenden, eine Prüfungsvorbereitung umzusetzen. Neben einer mündlichen Prüfung ist dies ein Wahldreikampf und eine bzw. zwei Technikdemonstrationen. Eine Abweichung von der bayernweit einheitlichen Staatsexamensprüfung war nicht möglich.

Voraussetzungen

Rund $\frac{2}{3}$ der Kursteilnehmenden gaben an, an ihrem Heimatort zu verbleiben und alle verfügten über mindestens ein digitales Endgerät mit Internetzugang. Zur Eigenrealisation bedurfte es allerdings entsprechender Sportstätten und Geräte. Die Studierenden sollten daher geeignete Freiflächen wie Wiesen, Felder u.ä. ausfindig machen sowie mit Hilfe von Videotutorials alternative Wurfgeräte herstellen. Zum Einsatz kamen hier z.B. Wurfstäbe aus gerolltem Papier mit Klebeband, Wurfringe aus sandgefülltem Gartenschlauch, Stofftaschen als Schleuderbälle bis hin zu selbst gebauten Speeren. Eigenschaften von Sportgeräten wie z.B. der Schwerpunkt des Speers rückten hier automatisch ins Blickfeld. Die Erfüllung der Aufgabe wurde mit dem Upload von entsprechenden Bildern belegt, die für Alle im Kurs sichtbar waren.

Umsetzung

E-Learning – Moodle

Zur Vermittlung theoretischer Inhalte wurde bereits mit der E-Learningplattform *Moodle* ein Blended Learning Konzept etabliert, welches den Studierenden eine aktivere Rolle im Lernprozess zuweist. Über automatisiert bewertete und mehrfach durchführbare Quizze soll ein Anreiz zur Beschäftigung mit den theoretischen Aspekten geschaffen werden („*Gamification*“). Daneben stehen herkömmliche Materialien wie Auszüge aus Lehrbüchern und Zeitschriften als PDF, eigene Texte/Darstellungen und Links auf die Trainingsrubrik der DLV-Webseite zur Verfügung.

Neu eingesetzt wurden angesichts der fehlenden Präsenzlehre mittels H5P (www.h5p.org) erstellte Onlineübungen wie das Markieren von „Hotspots“ auf Bildern oder die Sortierung

von Sequenzbildern sportlicher Bewegungen zur Unterstützung der kognitiven Bewegungsrepräsentation. In einem persönlichen Wiki wurde von den Studierenden eine Trainingsplanung nach Wahl vorgenommen, praktisch durchgeführt und im Wiki protokolliert. Ebenfalls fungierte Moodle mit verschiedenen Foren als Kommunikationszentrum der Kurse.

Vidcasts – Panopto

Als Ersatz für die übliche Darbietung zu didaktischen und methodischen Aspekten der Disziplinen wurden umfangreiche Vidcasts mit verschiedenen Kameraperspektiven erstellt. In die Videos wurden Zeitlupendarstellungen und Beobachtungsaufgaben integriert und auf der über Panopto (www.panopto.com) realisierte Multimediaplattform der Universität Bayreuth mit einer Navigation versehen. Panopto bietet die Möglichkeit, persönliche Kommentare zu speichern, die auch als Lesezeichen fungieren – so wird eine intensive Bearbeitung der Inhalte unterstützt. Bei der Aufnahme der Vidcasts kamen sowohl DSLR-Kameras mit Videomonitor als auch Smartphones zum Einsatz und die Aufnahmen erfolgten bewusst auf Wiesen und Feldern wo auch die Studierenden trainieren mussten. Das Audiosignal wurde separat per Headset, Funkstrecke und Fieldrecorder aufgezeichnet und in Adobe Premiere mit den Videosequenzen synchronisiert. Durch eine Schnittstelle können die Videos problemlos in Moodle integriert werden und in einen sogenannten Aufgabenordner können auch Studierende über den Panoptorecorder Videos mit mehreren Streams hochladen.

Peer-Feedback mit Supervision, digitale Lehrkompetenz

Durch ein „Partnerteaching“ mit Peer-Feedback anhand von Videoaufnahmen einer Bewegung per Smartphone erfolgte eine intensive Beschäftigung mit den leichtathletischen Techniken. Durch Supervision des Peer-Feedbacks und mehrerer Zyklen des Prozesses wurden sowohl Beobachtungs- als auch Feedbackkompetenz intensiver angesprochen als bisher. Zudem erfolgte ein Kompetenzerwerb für digitale Lehre durch die Auseinandersetzung mit der empfohlenen kostenfreien Software Kinovea (www.kinovea.org). Hiermit sind neben Zeitlupenwiedergabe auch Zeichnungen und Anmerkungen, synchronisierte Wiedergabe von zwei Videos, Overlay, einfache Messungen von z.B. Winkeln und das Verfolgen von Trajektorien möglich. Auch Apps mit zeitversetzter Wiedergabeschleife zur Beobachtung der eigenen Bewegung direkt nach Ausführung wurden eingesetzt. Ein Transfer in die spätere Berufspraxis stellte die Aufgabe der Erstellung einer Unterrichtseinheit im Kontext Leichtathletik für Schüler*innen im Homeschooling per Video dar.

Evaluation und Ausblick

Die Prüfung wurde nach fünf noch möglichen Präsenzterminen von zehn Lehramtsstudierenden mit einem (begrenzt aussagekräftigen) Notenschnitt von 2,6 abgeschlossen – seit 2015 lag der Wert zwischen 3,0 und 3,2. In der insgesamt besser ausgefallenen Veranstaltungsevaluation wurden insbesondere die Vidcasts positiv hervorgehoben. Die Studierenden hatten meinem Eindruck nach zu Beginn der Präsenzphase ein gravierend besseres Verständnis der Techniken und eine hohe Beobachtungs- und Feedbackkompetenz im Vergleich zum Ende der Kurse in den letzten Jahren. Beim parallel durchgeführten Kurs im Bachelorstudiengang Sportökonomie waren die positiven Effekte allerdings kaum beobachtbar und es erfolgte augenscheinlich eine starke Fokussierung auf die fünf Wochen Präsenzphase als direkte Prüfungsvorbereitung.

Literatur

Universität Bayern e.V. (2020). Richtlinien zum Vollzug der Zweiten Bayerischen Infektionsschutzmaßnahmenverordnung an den bayerischen Universitäten. Zugriff unter <http://www.unibayern.de/Aktuelles/COVID---19-Informationen-der-bayerischen-Universitaeten-1614/>



137 bpm



01:22:18

41.34 km



Session Wearables und intelligente Sportgeräte

Schlaf, Sport und Digitalisierung

Kristina Klier - Universität der Bundeswehr München

Einsatz eines sensorbasierten Systems zur Phaseneinteilung beim Hammerwurf

Stefan Tiedemann & Kerstin Witte - Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Fangdetektion im American Football mit Wearables und AI

Bernhard Hollaus, Sebastian Stabinger & Jan Eisenbraun - MCI, Innsbruck, Österreich, IAT, Leipzig, Deutschland

Schlaf, Sport und Digitalisierung

Kristina Klier¹

¹Universität der Bundeswehr München



Abstract

Das dreigliedrige Forschungsvorhaben befasst sich mit der Erkenntnisgewinnung im Themenfeld von Schlaf und (E-)Sport durch die Verknüpfung von gesundheitsbezogenen mit digitalen Aspekten.

Einleitung

Technologischer Fortschritt sowie ein wachsendes Gesundheitsbewusstsein vor dem Hintergrund der ebenfalls steigenden Anforderungen unserer Leistungsgesellschaft sind die Trends der aktuellen Zeit (Statistisches Bundesamt, 2019).

Im Verständnis von *Health Literacy* (Gesundheitskompetenz) bedeutet dies, sich individuell mit diesem Wechselspiel aus Belastung und Erholung auseinanderzusetzen, um sowohl relevante Informationen z. B. über die benötigte Erholungs- respektive Schlafdauer oder die Einflüsse auf das Maß deren Qualität zu erhalten, als auch diese einzuordnen und möglichst gesundheitsförderlich einzusetzen. Als Mittel der Gesundheitskompetenz werden vermehrt Wearables herangezogen (Peake, Kerr & Sullivan, 2018). Tragbare Sensoren, die es ermöglichen, Bewegungs- und Ruhephase in Verbindung mit einigen physiologischen Parametern aufzuzeichnen. Offene Punkte hierbei, die es durchaus kritisch zu betrachten gilt, sind zum einen die Messgenauigkeit der Devices und zum anderen die hohen Umgangsanforderungen, die die gesammelte Datenmasse mit sich bringen (ebd.).

Ein weiterer Punkt der Digitalisierung sind die veränderten Bildschirmnutzungszeiten. Einen wachsenden Anteil der Konsumzeit nimmt der sogenannte E-Sport ein. Dieses wettbewerbsmäßige Spielen digitaler Spiele wird seither kontrovers diskutiert. Denn erste Studien belegen bereits, dass der Rückgang von Bewegungszeit sowie das vermehrte Spielen im virtuellen Raum zwar als neuartiger Stressor betrachtet werden kann, aber nicht zwingend in einem negativen Zusammenhang zwischen Bildschirmnutzungs- und Bewegungszeit resümiert (Schmidt, 2020). Diese Befunde implizieren, genauso wie für den traditionellen Sport, den bestehenden Bedarf der Aufarbeitung der Schlafthematik. Nicht zuletzt verweisen Wendeborn, Wallner und Klier (2020) auf die digitale Perspektive des Übertrags eines selbstkritischen Umgangs erworbener (Gesundheits-)Kompetenzen aus der virtuellen in die reale Welt.

Forschungsstand

Schlaf und Sport

Empfohlen werden sieben bis acht Stunden Schlaf täglich (Erlacher, 2019). In diversen Studien wird jedoch bei Athleten/innen verschiedenster Sportarten und Altersklassen ein eher kompaktes, reduziertes Schlafverhalten belegt. Mangelnde Schlafhygiene bis hin zur Unkenntnis der leistungsfördernden Potentiale des Schlafs sind auffällig (ebd.).

Schlaf und E-Sport

Zwar liegen für den E-Sport noch kaum empirische Daten in Bezug auf das Trainings- und Schlafverhalten vor, doch können durch Beobachtungen verschiedener Spiele erste Aussagen getroffen werden. Wiederkehrende Schlafdeprivation aufgrund von Trainingseinheiten in

den Abendstunden oder Wettkämpfen in verschiedenen Zeitzonen seien hier beispielhaft genannt (Bányai et al., 2019).

Schlafinterventionen

Entspannungstechniken als kostengünstige und überall verfügbare Möglichkeit zur Schaffung einer Einschlafroutine rücken in den Fokus (Garland et al., 2016). Dabei wird eine größere Erholung durch schnelleres Abschalten und Einschlafen sowie tieferes und besseres Durchschlafen impliziert.

Methoden

Das geplante Forschungsvorhaben ist dreiteilig aufgebaut (vgl. Tab. 1). Während sich der erste Teil mit der Messgenauigkeit verschiedener Wearables (Smartwatches) verglichen mit dem schlafmedizinischen Goldstandard, der Polysomnographie, befasst, zielt das zweite Teilprojekt auf eine Abfrage der Bedeutung und Integration der Schlafthematik im Bereich E-Sport. Im dritten Teil sollen schließlich die Erkenntnisse aus den beiden vorangegangenen Untersuchungen im Sinne der Entwicklung und Etablierung einer Einschlafroutine mittels VR-Meditation bei E-Sportler/innen miteinander verknüpft werden.

Tab.1. Übersicht über die Teilprojekte des Forschungsvorhabens

Diagnostik	Entwicklung	Intervention
Vergleich verschiedener Wearables mit dem Goldstandard PSG	Ist-Zustand-Analyse via Online-Fragebogen	Explorative Entwicklung einer Einschlafroutine
<ul style="list-style-type: none"> - Messgenauigkeit? - Eignung für Praxis? (→ Modell-Ranking?) 	<ul style="list-style-type: none"> - Thematisierung Schlaf? - Bestehende Schlafgewohnheiten? (Schlafrythmus, -dauer, Bett/Liegezeiten, Einschlafroutine) 	<ul style="list-style-type: none"> - VR-Meditation vs. Kontrollgruppe ohne - Etablierung VR-Meditationen als Entspannungstool vor dem Einschlafen?

Ziel und Ausblick

Letztlich gilt es, die technischen Entwicklungen und die daraus entstehenden Möglichkeiten für den Sport im Allgemeinen - als Ausprägung dessen damit gleichfalls für den E-Sport - und das Thema Schlaf im Speziellen zu übertragen. Neben einer weiterführenden Auseinandersetzung in den Bereichen Monitoring bis hin zu digitalem (Schlaf-)Training sollte auch das Potential des E-Sports nicht vernachlässigt werden.

Literatur

Bányai, F., Griffiths, M. D., Király, O. & Demetrovics, Z. (2019). The Psychology of Esports: A Systematic Literature Review. *Journal of gambling studies*, 35 (2), 351-365. doi:10.1007/s10899-018-9763-1

Erlacher, D. (2019). *Sport und Schlaf*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Garland, S. N., Zhou, E. S., Gonzalez, B. D. & Rodriguez, N. (2016). The Quest for Mindful Sleep: A Critical Synthesis of the Impact of Mindfulness-Based Interventions for Insomnia. *Current sleep medicine reports*, 2 (3), 142-151. doi:10.1007/s40675-016-0050-3

Peake, J. M., Kerr, G. & Sullivan, J. P. (2018). A Critical Review of Consumer Wearables, Mobile Applications, and Equipment for Providing Biofeedback, Monitoring Stress, and Sleep in Physically Active Populations. *Frontiers in physiology*, 9, 743. doi:10.3389/fphys.2018.00743

Schmidt, S. (2020). Die Zusammenhänge zwischen Gaming und körperlicher Aktivität und Übergewicht. *Sportunterricht*, 69 (03), 113-118. doi:10.30426/SU-2020-03-3

Statistisches Bundesamt. (2019). *Statistisches Jahrbuch. Kapitel 6* unter https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahrbuch/jb-einkommenKonsumLeben.pdf?__blob=publicationFile

Wendeborn, T., Wallner, F. & Klier, K. (2020). *E-Sport und digitaler Kompetenzerwerb: Fakten, Mythen und Analysen*. In A.R. Hofmann (Hrsg.), *Sportwissenschaftliche Perspektiven auf den eSport* (S. 231-243). Aachen: Meyer & Meyer.

Einsatz eines sensorbasierten Systems zur Phaseneinteilung beim Hammerwurf

Stefan Tiedemann¹ & Kerstin Witte¹

¹Bereich Sportwissenschaft, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Abstract

Inertialsensoren bieten in der Sportpraxis eine Vielzahl an verschiedenen Anwendungen. Diese Arbeit untersucht, inwiefern sich solche Sensoren zur Phaseneinteilung beim Hammerwurf eignen. Die dabei gewonnen Erkenntnisse sollen dabei das spätere Training mittels objektiven Echtzeit-Feedbacks bereichern.

Einleitung

Wer sich das technische Leitbild von Hinz (1991) im Hammerwurf ansieht, kann sich vorstellen, dass dieser Sport zu den anspruchsvollsten und damit gleichzeitig komplexesten Disziplinen in der Leichtathletik zählt. Athlet/innen und Trainer/innen sind daher besonders an neuen Technologien zur Leistungsdiagnostik interessiert, die das Training unterstützen. In der Praxis werden bereits Apps in Verbindung mit der Kamera eines Smartphones genutzt, um den Bewegungsablauf noch einmal verlangsamt wiederzugeben. Ebenso haben sich Videoanalysensysteme für wissenschaftliche Untersuchungen etabliert (Edelmann-Nusser, Ganter und Witte, 2009).

Ziel dieser Arbeit ist die Einteilung des Hammerwurfs in Phasen mit Hilfe von Inertialsensoren und die Überprüfung der Ergebnisse mittels Kamera. Diese Phasenzeiten können die Zielgröße Wurfweite wesentlich determinieren. Für die Trainingspraxis sollte daraus ein entsprechendes Echtzeit-Feedbacksystem entwickelt werden, das den Athlet/innen und Trainer/innen unmittelbar nach einem Wurf wichtige Informationen mitteilt.

Forschungsstand

Der Hammerwurf ist eine äußerst schnelle und explosive Ganzkörperbewegung, bei der davon auszugehen ist, dass eine Vielzahl von Größen die Wurfleistung beeinflussen (Mizera und Horváth, 2002). Der häufigste Parameter, der in der Literatur genannt und untersucht wird, ist die Standzeit des umlaufenden Beines während der Drehungen (Rojas-Ruiz und Gutiérrez-Dávila, 2009). Dieser Parameter kann genutzt werden, um eine mögliche Phaseneinteilung durchzuführen. Zudem besteht auf dieser Grundlage das Potenzial, eine Ein-sensorlösung zu entwickeln, welche in der Praxis leicht eingesetzt werden kann.

Methoden

Zur Analyse standen zwei A-Kader Athlet/innen (1 w, 1 m) zur Verfügung. Für eine Ganzkörperanalyse und mögliche weitere Arbeiten wurde mit dem Moven-Suit von xSens gearbeitet, welcher aus 17 Sensoren (jeweils 9 Freiheitsgrade) besteht und 240 Mal pro Sekunde den Körper der Athlet/innen mittels eines hinterlegten biomechanischen Modells nachbildet. Um die Standzeiten des relevanten Beins zu überprüfen, wurden die Versuche zusätzlich mit einer Kamera (GoPro 6, 240 Hz) auf herkömmliche Art ausgewertet, um dann die Ergebnisse beider Systeme zu vergleichen. Bei der Auswertung der insgesamt zwölf Würfe wurde sich in dieser Arbeit nur auf den am Fuß des umlaufenden Beins befindlichen Sensor vom xSens Anzug fokussiert.

Für Athlet/innen und Trainer/innen sind die Phasenzeiten der Ein- und Zweibein-Standphase während der Turns relevant. Diese ergeben sich, wenn das umlaufende Bein den Boden

verlässt (Lift) bzw. wieder aufsetzt (Set). Da diese Ereignisse sich aufgrund ihrer spezifischen Charakteristik im Beschleunigungsverlauf zeigen, können diese Bewegungsevents automatisch identifiziert werden. Diese Aufgabe übernimmt eine Auswerteroutine in Matlab 2019b. Diese Ergebnisse werden anschließend mit den kamerabasierten Zeiten verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Der Vergleich der beiden Messmethoden (Sensor vs. Kamera) erfolgte über die berechneten Differenzen der Zeitpunkte ($t_{\text{Kamera}} - t_{\text{Sensor}}$) zu festgelegten Bewegungsevents. Danach wurden über alle analysierten Würfe ($N = 12$) die Mittelwerte gebildet. Als Bewegungsevent wurde einerseits das Set und andererseits der Lift des umlaufenden Beins für die einzelnen Turns betrachtet. Für die Zeitpunkte der Sets zeigt sich eine besonders gute Übereinstimmung beider Messmethoden. Für den Mittelwert der Differenz ergibt sich ein Wert von 0,003 s ($SD = 0.006$ s) (Abb. 1). Das entspricht für die gewählte Abtastrate der Kameras einer Differenz von zwei Videobildern. Für den Lift beträgt der Mittelwert der Differenz beider Messsysteme 0,011 s ($SD = 0,020$). Diese größere Differenz kann auf den weniger eindeutigen zeitlichen Beschleunigungsverlauf zurückgeführt werden. Im Vergleich mit der Literatur (Konz, 2006) ist dies jedoch ausreichend für mögliche Vergleiche.

Ausblick

Die Studie konnte zeigen, dass es möglich ist, mit dem Beschleunigungsverlauf eines einzigen Inertialsensors am umlaufenden Fuß die Stützphasen innerhalb der zweiten Hauptphase (Turn) zu bestimmen. Daraus lassen sich die SS- und DS-Zeiten hinreichend genau berechnen, um die Effizienz der Technik unmittelbar nach dem Wurf einschätzen zu können. Diese Methode würde zudem die Phasenzeiten objektiv bestimmen und somit das bisherige Training durch ein Echtzeitfeedback bereichern. Auf dieser Basis sollen zukünftige Untersuchungen zeigen, welche weiteren Technikdetails innerhalb dieser Teilphasen mittels Sensortechnik objektiv messbar sind.

Literatur

- Edelmann-Nusser, J., Ganter, N. & Witte, K. (2009). Biomechanische Leistungsdiagnostik von leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen unter Einsatz eines Inertialmesssystems zum Trainingsmonitoring. *BISp-Jahrbuch - Forschungsförderung 2009/10*, 179–182.
- Hinz, L. (1991). *Leichtathletik, Wurf und Stoss: Analysen und Empfehlungen für die Disziplinen Kugelstossen, Diskuswerfen, Speerwerfen und Hammerwerfen*. Berlin: SVB Sportverlag.
- Konz, S. M. (2006). *Technique and Performance Level Comparisons of Male and Female Hammer Throwers*. PhD Thesis, Brigham Young University, USA.
- Mizera, F. & Horváth, G. (2002). Influence of environmental factors on shot put and hammer throw range. *Journal of Biomechanics*, 35 (6), 785-796.
- Rojas-Ruiz, F. & Gutiérrez-Dávila, M. (2009). The relation between angular displacement of the hammer in the double support phase and its velocity in the hammer throw. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4 (3), 254-261.

Fangdetektion im American Football mit Wearables und AI

Bernhard Hollaus¹, Sebastian Stabinger¹ & Jan Eisenbraun²

¹Department Mechatronik am MCI, Innsbruck, Österreich, ²Fachbereich Nachwuchsleistungssport am IAT, Leipzig, Deutschland

Abstract

Diese Arbeit befasst sich mit der Anwendung von neuronalen Netzen auf Daten von Wearables beim Fangen im American Football. Das Ziel war es Fangversuche als gefangen oder nicht gefangen zu mindestens 95 % richtig zu klassifizieren. In einem Experiment mit 700 Pässen konnte die Machbarkeit nachgewiesen werden.

Einleitung

Im modernen professionellen Sport werden oft eine Fülle von Daten über Athleten/innen zu Kennzahlen zusammengefasst. Im American Football sind gute Beispiele das Quarterback-rating oder für Passempfänger die Catch Rate und DYAR (Defense-adjusted Yards Above Replacement). Diese Ratings sind aber nicht nur vom Passempfänger abhängig, sondern auch vom Trainer, Quarterback, etc.

Um möglichst objektiv ein Rating erstellen zu können, braucht es Daten, welche unter möglichst ähnlichen Bedingungen aufgenommen werden. Ein maschinengestütztes Fangtraining mit vollautomatischer Auswertung ist dafür notwendig.

Der Auswertung muss eine Messung zugrunde liegen, welche erkennt ob ein Pass gefangen wurde oder nicht. Zwei Wearables wurden zur Erfassung der Fangbewegung eingesetzt, wobei ein neuronales Netz die nachfolgende Auswertung der erfassten Daten übernimmt.

Forschungsstand

Wearables werden häufig zum Messen von Bewegungen eingesetzt und die Anwendung neuronaler Netze in Verbindung mit Bewegungsdaten ist heute Stand der Technik. Stetter, Ringhof, Krafft, Sell und Stein (2019) haben beispielsweise zum Schätzen der Momente im Knie bei unterschiedlichen Bewegungen Wearables in Verbindung mit künstlicher Intelligenz eingesetzt.

Oft werden Bewegungen aber auch klassifiziert, wie es Whiteside, Cant, Connelly und Reid (2017) für verschiedene Schläge im Tennis gemacht haben. Dieser Ansatz ist auch für die Klassifizierung der Fangversuche im American Football heranzuziehen.

Methoden

Ziel des Experiments war es nachzuweisen, dass auf Basis von Sensordaten eines Fangversuchs detektiert werden kann, ob der Fangversuch erfolgreich war oder nicht. Dabei wurde zuerst ein passendes Wearable entwickelt, welches in Abbildung 1 zu sehen ist. Zwei Wearables wurden während des Experiments durchgehend an je einem Handgelenk getragen. Jeder Pass lieferte einen Datensatz mit insgesamt 22 unterschiedlich abgetasteten Signalen, wobei Beschleunigungen, Drehraten und magnetische Flussdichten in bzw. um drei Achsen und zusätzlich auch noch Luftdruck und Ton gemessen wurden. Während des Experiments wurden 700 Pässe auf sechs verschiedene Fänger geworfen, wobei 500 gefangen wurden und 200 nicht. Der komplette Datensatz wurde in fünf kleinere Datensätze mit gleicher Verteilung von gefangenen und nicht gefangenen Pässen geteilt. Vier Datensätze wurde zum Trainieren des neuronalen Netzes verwendet, ein Datensatz zur Validierung. Dabei

wurde ein Netz mit mehreren convolutional, average, max pooling, dense, und dropout Layern verwendet, mit insgesamt 2.198.365 trainierbaren Parametern.



Abb.1. Wearables, welche für die Datenerhebung verwendet wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Das Netz erreicht beim aufgenommenen Datensatz eine durchschnittliche Genauigkeit bei der Klassifizierung von 96 %. Die Beschleunigungsdaten erwiesen sich als wichtigstes Signal zur richtigen Klassifizierung. In Abbildung 2 ist ein Auszug der Signale von einem Fangversuch zu sehen.

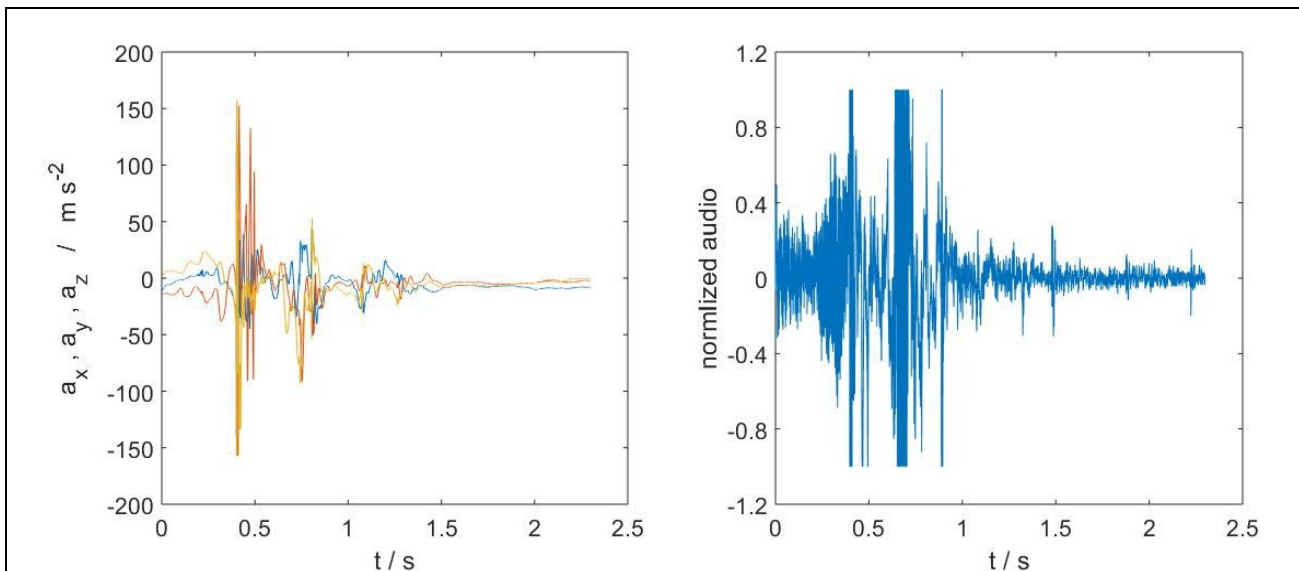


Abb.2. Die erhobenen Daten können nur als Auszug abgebildet werden. Hier wird die linke Hand bei einem Fangversuch in Form der Beschleunigungen in x-, y- und z-Richtung (links) und des Audio Signals (rechts) dargestellt. Die Beschleunigungen in x, y und z Richtung bei 0,4 s lassen das Auftreffen des Balles auf den Händen erahnen (links).

Ausblick

Die Eignung von Wearables zur Fangdetektion wurde nachgewiesen und das Ziel einer Klassifizierungsgenauigkeit von mindestens 95 % wurde erreicht. Als nächster Schritt soll der bestehende Datensatz mit neuen Daten von weiteren Athleten/innen erweitert werden um das Netz robuster zu machen.

Literatur

- Stetter, B.J., Ringhof, S., Krafft, F.C., Sell, S. & Stein, T. (2019). Estimation of Knee Joint Forces in Sport Movements Using Wearable Sensors and Machine Learning. *Sensors*, 19, 3690.
- Whiteside, D., Cant, O., Connelly, M. & Reid, M. (2017). Monitoring Hitting Load in Tennis Using Inertial Sensors and Machine Learning. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12 (9), 1212-1217.

spinfortec²⁰²⁰

Uli Fehr & Violet Werner (Hrsg.)

Zukunftsperspektiven von Sportinformatik & Sporttechnologie im Leistungs- und Breitensport

Tagungsband zum 13. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie am 25. & 26. September 2020 in Bayreuth



www.spinfortec.de



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

INSTITUT FÜR SPORTWISSENSCHAFT